



Tomo 06

Ingenierías

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
IEU113	Uso de Tecnología Wiegand en la educación	Ing. Gerardo Acevedo Vega Dra. Mónica Leticia Acosta Miranda M.C. Julio Pérez Machorro	Acevedo Vega	6.1
IEU094	Decoloración de Agua Contaminada con Colorante Rojo 83 Usando la Microalga <i>Pectinodesmus pectinatus</i>	Dora Ivette Aguilar Morales Arnulfo Rosales Quintero Rocío Meza Gordillo José Humberto Castañón González	Aguilar Morales	6.7
IEU069	Análisis y Selección de Plataformas de Drones para Investigación	Dr. Juan Anzurez Marín Dr. Carlos Alberto Ugalde Caballero M.I. Salvador Ramírez Zavala	Anzurez Marín	6.13
IEU097	Simulación Digital del Modelo en Espacio de Estado del Convertidor Reductor CD-CD utilizando Cálculo Simbólico Computacional	M. en C. José Antonio Aquino Robles Dra. Cecilia Fernández Nava Dr. Leonel G. Corona Ramírez	Aquino Robles	6.19
IEU067	Diseño de un Plan Estratégico en una Industria de Servicios Gráficos en Paraguay	Lia Araujo-Benitez Andres Silguero-Serratti Andrea Insfran-Rivarola	Araujo-Benitez	6.25
IEU099	Diferencias entre Manufactura Esbelta y Seis Sigmas	Ing. Melannie Anahí Ascacio Casas	Ascacio Casas	6.31

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
IEU045	Evaluación de las Condiciones Actuales del Uso y Distribución del Agua, para la Implementación de un Sistema de Monitoreo Automático en las Cisternas Instaladas en el ITSlerdo	Dra. Olga Lydia Avila López M.C. Luis Amado Gonzalez Vargas M.C. Noé Alvarado Tovar M.I.M. Eduardo Machado Diaz M.C. Silvia Adriana Vidaña Martínez M.I.M. Yesica Lizeth Rincón Gándara Ing. Luis Fernando Pérez Palomino Josué Iván Amaro Rangel	Avila López	6.37
IEU089	Cementos Ecológicos a Base de Escoria de Alto Horno Activados con Álcalis	Dr. Ulises Avila López Dr. José Iván Escalante García Dra. Marisol Gallardo Heredia Dra. Erika Martínez Sánchez Dr. Ricardo Xicoténcatl Magallanes Rivera	Avila López	6.44
IEU112	investigación y Análisis Bibliométrico para el Diseño y Construcción de un Potenciostato para la Caracterización Electroquímica de Superficies Metálicas Empleando Tarjeta de Adquisición de Datos con Conectividad Wifi	Ing. Eduardo Manuel Barreiro Ortiz Dr. Roy López Sesenes Dr. Zakaryaa Zarhri	Barreiro Ortiz	6.50
IEU027	Calidad del Pimiento Obtenido con la Aplicación de Endomicorizas y Dos Dosis de Fósforo en Invernadero	Ing. Flor Rocio Bartolon Morales Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal Dr. Valentin Robledo Torres Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente Dr. José Rafael Paredes Jácome	Bartolon Morales	6.56
IEU088	Mapeo de la Evolución en la Investigación de los Paneles Solares: Un Análisis Bibliométrico de los Resultados de la Investigación durante 1992-2023	MI. Francisco Javier Becerra Gonzalez Dr. Jose Gerardo Vera Dimas Dr. Luis Cisneros Villalobos Dr. Zakaryaa Zarhri	Becerra Gonzalez	6.60
IEU106	Observador de Luenberger Aplicado al Diagnóstico de Fallas en un Sistema de Suspensión en un Automóvil	Nazario Cano Chacu Dr Juan Anzures Marín M.I. Salvador Ramírez Zavala	Cano Chacu	6.66

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
IEU103	Prototipo de Telemetría en Sitio para el Monitoreo de Microclimas	Ing. José Esteban Castillo Reyes Dr. Ricardo Francisco Martínez González Dr. Luis Alberto Peralta Peláez MC. Francisco Javier Gómez González MC José Antonio Hernández Reyes	Castillo Reyes	6.72
IEU020	Caracterización de Prototipo para Generar Oxihidrógeno	MER. Juan Pedro Cervantes de la Rosa Dr. Fernando García Álvarez Dr. Jaime Luna Aguirre Dr. Jose Lorenzo Mata Lic. Ermilo Barrera Novelo	Cervantes de la Rosa	6.78
IEU107	Identificación de Riesgos de la Aplicación de la Inteligencia Artificial para Servicios que Usan Algoritmos de Procesamiento del Lenguaje Natural en las Instituciones Públicas	Mtro. Carlos Enríquez Gorgonio	Enríquez Gorgonio	6.91
IEU104	Investigación en Eficiencia Electromecánica: Una Bibliometría con Análisis de los Últimos 82 Años (1941 a 2023)	Ing. Pedro Flores Sánchez Dr. Luis Cisneros Villalobos Dr. Zakaryaa Zarhri	Flores Sánchez	6.97
IEU102	Sistema Experimental para la Cosecha de Energía Termoeléctrica, Aprovechando el Calor de Tuberías de un Calentador de Agua de Uso Residencial	Ing. Víctor Jair Gayosso Juárez M. en I. Andrés Alfonso Andrade Vallejo Dr. Miguel Ángel Olivares Robles	Gayosso Juárez	6.103
IEU080	Instalación y Control de un Arreglo Fotovoltaico de 2 kW para Alimentar un Inversor Monofásico de Nueve Niveles	Ing. Juan Carlos Hernández Coyoth Dr. Roberto Morales Caporal Dr. Rafael Ordoñez Flores Dra. Haydee Patricia Martínez Hernández Dr. Raúl Cortés Maldonado	Hernández Coyoth	6.108

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
IEU118	Reducción de Scrap en Área de Calidad para una Empresa de Giro Médico: Un Caso de Aplicación de A3	Ing. Fernanda Ibarra García Mtra. Claudia Alvarez Bernal Mtro. Francisco Javier Soto Valenzuela Mtra. Elisa Francelia López Gutiérrez Mtro. José Luis Quintero Hernández Mtro. Juan Luis Martínez Adame	Ibarra García	6.114
IEU101	Transferencia de Carga Ininterrumpida -como Implicación Material- entre Circuitos Eléctricos de Distribución de un Sistema Eléctrico: Un Análisis Bibliométrico	Ing. Luis Edgar Lira Toral Dr. Zakaryaa Zarhri Dr. Luis Cisneros Villalobos	Lira Toral	6.121
IEU117	Metodologías en la Gestión ambiental: Aplicación en un Centro de Investigación	Mtra. Zalluly Lona Miranda Dra. Maria del Carmen Torres Salazar Dra. Mariana Romero Aguilar Dra. Viridiana Aydeé León Hernández	Lona Miranda	6.127
IEU077	Importancia de la Industria 4.0 en las PyMEs Mexicanas	Dr. Sergio Raúl López Nieto	López Nieto	6.133
IEU035	Aplicación de Materiales Híbridos a Base de Fibras Naturales en la Industria Aeroespacial	Brenda López Reyes Dra. Miriam Siqueiros Hernández Dra. Virginia García Angel M.C. Ana María Castañeda Dr. Benjamín González Vizcarra	Brenda López Reyes	6.138
IEU082	Prototipo Robótico Automatizado para Costura e Inspección de Bolsas de Aire	Alfredo Olivas Mendoza Osslan Osiris Vergara Villegas Luis Carlos Méndez González	Olivas Mendoza	6.145

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
IEU034	Fabricación de un Adoquín Ecoeficiente Incorporando Residuos de Caucho Recuperado de Neumáticos	Ing. Adriana Karolina Ortega Medina Dr. Sergio Valle Cervantes Dr. César Alfonso Valdés Ramírez Dr. Roberto Valencia Vázquez Dr. Luis Armando de la Peña Arellano M.C. Rafael Lucho Chigo	Ortega Medina	6.150
IEU021	Elaboración de una Plataforma Institucional para Clases en Línea y el Área Administrativa	Juan Carlos Pérez Noriega Dr. Luis Carlos Méndez González Dr. Israel Ulises Ponce Monárrez	Pérez Noriega	6.156
IEU004	Implementación de Manual de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la Máquina Peletizadora Zheng Chang SZH678D	M.C. Manuel Pérez Villegas Ing. José Donato Rodríguez Zepeda Ing. José Sebastián Sánchez Bañuelos Ing. Jairo Vilchez Altamirano	Pérez Villegas	6.162
IEU091	Propuesta de Orientador de Flujo en un Intercambiador de Tipo Concéntrico	Dr. Juan José Piña Castillo MC Jesús Cirilo Trujillo Jiménez MC Renato González Bernal	Piña Castillo	6.169
IEU029	Unificación de Diseño de una Estructura-Soporte Multimodal para Transporte de un Instrumento Astronómico Criogénico por Vía Aérea, Marítima y Terrestre	Ing. Mayra Rivera Carmona Dr. Luis del Llano Vizcaya Mtr. Carlos Alberto Ortega Legorreta Mtra. Berenice Rodríguez Ángeles	Rivera Carmona	6.175
IEU105	Elevando el Éxito Empresarial con Ciencia de Datos y Machine Learning en Python	Lic. Samuel Rosales Sosa Lic. Tomás Sebastián Rosales Sosa Lic. Mauricio Arias Cristiani Lic. América Fonz Gallegos	Rosales Sosa	6.181

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
IEU050	Caracterización Morfológica de Fruto de Maracuyá (passiflora edulis sims)	M.C. Ana Luisa Sánchez Monteón Dra. Cecilia Rocío Juárez Rosete Dr.. Gelacio Alejo Santiago Dra. Circe Aidín Aburto González M.C. Moisés Ignacio Ortiz Vega	Sánchez Monteón	6.187
IEU041	Comparación de Dos Métodos de Extracción Tánica en Cinco Cortezas de Especies Maderables	M.C. Miriam Sedano Mendoza Andrea Guadalupe Silva Hernández	Sedano Mendoza	6.192
IEU063	Viabilidad del Uso de Cáscara de Naranja Calcinada como Agente Cementante en un Acero AISI/SAE 1018	Yaret Gabriela Torres Hernández Oliver Calderón Villegas M en C e I. Alejandro Altamirano Torres	Torres Hernández	6.199
IEU044	Estudio Técnico para la Instalación de un Sistema Híbrido para la Generación de Energía y Alimentación de Cargas Monofásicas en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo Tecnológico del ITSL	M.C. Silvia Adriana Vidaña Martínez M.C. Noé Alvarado Tovar Dra. Olga Lydia Ávila López M.C. Luis Amado González Vargas Yesica Lizeth Rincón Gándara M.C. Silvia Adriana Jáquez Cervantes Ing. Alejandro Ruiz Perches Erick Fernando Castellón Valenzuela Rocío Araceli Alvarado Tapia	Vidiana Martínez	6.204

Uso de Tecnología Wiegand en la Educación

Gerardo Acevedo Vega Ing.¹, Dra. Mónica Leticia Acosta Miranda²,
M.C. Julio Pérez Machorro³

Resumen—El presente trabajo se enfoca en aprovechar los diferentes recursos con los que cuenta el Instituto Tecnológico de Cuautla, como son: control de acceso a través de radio frecuencia de 125 KHz, registro de asistencia del personal mediante reconocimiento facial, registro y control de préstamo de libros y asistencia de estudiantes y docentes en el centro de información y el Sistema Integral de Información. Crear una aplicación que integre estos recursos en un sistema de base de datos, aprovecha cada una de sus ventajas como es el uso de la tecnología wiegand, para crear aplicaciones que el software no contiene tales como registro de asistencia frente a grupo, mayor número de registros para apertura y cierre de tornillos de acceso, registro de asistencia de estudiantes al centro de información y registro de asistencia docente aprovechando los horarios que se crean en el Sistema Integral de Información.(no más de 150 palabras en el resumen).

Palabras clave—RFID Identificación por Radio Frecuencia, Wiegand, Control de Acceso, Sistema de Base de Datos. proporcione cuatro o cinco palabras que servirán para identificar el tema de su artículo, separadas por comas.

Introducción

El presente trabajo integra diferentes tecnologías que son empleadas en el Tecnológico de Cuautla, para diferentes tareas tales como control de acceso, registros de asistencia del personal y etiquetado de libros. Cada tecnología utiliza su propio software, el presente trabajo hace uso de los dispositivos quienes utilizan la tecnología wiegand, en otros casos exporta la información almacenada en los sistemas y los integra en una propuesta de sistema de base de datos. Con la información obtenida se desarrollan aplicaciones que el software proporcionado por el proveedor no atiende como son: Registro de asistencia frente a grupos, registro y control de asistencia de un mayor número de usuarios, registro de participantes en eventos, registro de asistentes al centro de información para el control de acceso. En esta primera etapa se utiliza la tecnología wiegand para el control de acceso en una segunda etapa se pretende captar el código wiegand del reloj biométrico para tener el registro de asistencia actualizado

Metodología

La implementación de tecnología RFID puede mejorar los servicios administrativos de una Institución Educativa (IE) en varias áreas. Algunas formas en las que se puede utilizar RFID para mejorar los servicios de una institución son; Control de acceso: Al implementar un sistema de control de acceso basado en RFID puede mejorar la seguridad en la Institución Educativa al permitir el acceso solo a personas autorizadas. Los estudiantes y el personal pueden usar tarjetas RFID para ingresar a las instalaciones, como puertas de entrada, aulas, biblioteca u otras áreas restringidas. Esto ayuda a prevenir el acceso no autorizado y garantiza un entorno más seguro, Asistencia automatizada: Utilizar etiquetas o tarjetas RFID para rastrear la asistencia de los estudiantes puede automatizar el proceso de registro, los estudiantes pueden escanear sus tarjetas RFID al entrar o salir de la institución, lo que facilita el seguimiento de la asistencia. Esto también puede ayudar a identificar patrones de asistencia y abordar problemas de ausentismo. Gestión de biblioteca: La tecnología RFID se puede utilizar en la gestión de bibliotecas escolares. Cada libro puede estar equipado con una etiqueta RFID que contiene información sobre el título, autor, ubicación y otros detalles. Los lectores RFID ubicados en la biblioteca pueden escanear libros rápidamente, lo que permite un proceso de préstamo y devolución más eficiente. Además, puede ayudar a prevenir pérdidas o robos de libros al detectar etiquetas no desactivadas al salir de la biblioteca. Control de acceso a eventos: Si la institución educativa organiza eventos especiales, como conferencias o actividades deportivas, el uso de tarjetas RFID puede agilizar el proceso de entrada y mejorar la seguridad. Los asistentes pueden llevar consigo una tarjeta RFID que les permita acceder al evento de manera rápida y eficiente, eliminando la necesidad de boletos o listas de registros y reduciendo el riesgo de falsificación o demora. Registro de asistencia al personal: Integrar tecnología RFID en el sistema de registros de personal, puede ayudar al registro y control de asistencia al personal no solo de su asistencia en la llegada a la institución, también en el registro de asistencia frente a grupo que es una tarea que se realiza constantemente. Seguimiento de transporte escolar: Si la institución educativa proporciona transporte escolar, o el servicio público

¹ Gerardo Acevedo Vega Ing. es Estudiante de la Maestría en Ingeniería Administrativa en el Instituto Tecnológico de Cuautla, Morelos.
gerardo.av@cuautla.tecnm.mx

² La Dra. Mónica Leticia Acosta Miranda es Profesora de la Maestría en Ingeniería Administrativa en el Instituto Tecnológico de Cuautla, Morelos. monica.am@cuautla.tecnm.mx

³ El M.C. Julio Pérez Machorro es Profesor de la Maestría en Ingeniería Administrativa en el Instituto Tecnológico de Cuautla, Morelos.
julio.pm@cuautla.tecnm.mx

instala dispositivos para identificar que estudiante sube al transporte el uso de etiquetas RFID en las credenciales de los estudiantes puede ayudar a realizar un seguimiento y garantizar la seguridad en el transporte. Los lectores RFID instalados en los transportes pueden registrar la entrada y salida de los estudiantes, lo que permite tener un control más preciso sobre quiénes están en el transporte en todo momento.

Por otra parte, existe en el mercado una gran variedad de aplicaciones que utilizan la tecnología RFID, cada uno utiliza diferentes frecuencias que lo hacen eficiente en los procesos que realiza. La utilización de la frecuencia UHF (Ultra High Frequency) de 860 a 960 MHz en una biblioteca puede ser beneficioso por varias razones; Mayor alcance de lectura: La frecuencia UHF permite un mayor alcance de lectura en comparación con otras frecuencias RFID, como la HF (alta frecuencia). Esto significa que se pueden leer y rastrear libros y otros materiales de la biblioteca a una mayor distancia, lo que agiliza el proceso de inventario y facilita la gestión de los recursos. Mayor velocidad de lectura: La tecnología UHF permite una mayor velocidad de lectura en comparación con otras frecuencias. Esto significa que los libros y materiales etiquetados con etiquetas UHF se pueden escanear rápidamente, lo que agiliza el proceso de préstamo, devolución y gestión de la biblioteca. Etiquetas más pequeñas: Las etiquetas RFID UHF suelen ser más pequeñas en comparación con otras frecuencias, lo que las hace más adecuadas para su aplicación en libros y otros materiales de la biblioteca. Estas etiquetas compactas se pueden ocultar fácilmente dentro del material sin causar molestias a los usuarios o dañar los elementos de la colección. Mayor capacidad de almacenamiento de datos: Las etiquetas UHF tienen una mayor capacidad de almacenamiento de datos en comparación con otras frecuencias. Esto permite incluir información adicional en las etiquetas, como el título del libro, el autor, la ubicación, la fecha de publicación, entre otros datos relevantes para la gestión de la biblioteca. Esta información adicional la cual puede facilitar la organización y búsqueda de libros en la biblioteca. RFID a 125 kHz se refiere a una frecuencia específica utilizada en los sistemas de identificación por radiofrecuencia. Es una de las frecuencias más comunes en la tecnología RFID y se utiliza ampliamente en diversas aplicaciones, como control de acceso. La frecuencia de 125 kHz se encuentra dentro del rango de baja frecuencia (LF) para RFID y es conocida como LF RFID. Los sistemas de LF RFID utilizan antenas y etiquetas que funcionan en esta frecuencia para la comunicación inalámbrica. Las etiquetas RFID de 125 kHz suelen ser pasivas, lo que significa que no requieren una fuente de energía interna y obtienen energía del campo electromagnético generado por el lector RFID. Estas etiquetas están compuestas por un microchip y una antena, y cuando se colocan dentro del campo del lector, reciben energía y responden enviando su identificación al lector. La tecnología RFID de 125 kHz es conocida por ser económica y ampliamente utilizada en aplicaciones de baja complejidad. Sin embargo, también tiene algunas limitaciones. La principal es su corto alcance de lectura, generalmente de unos pocos centímetros a unos pocos metros, dependiendo de las condiciones del entorno y del equipo utilizado. Además, debido a su naturaleza de baja frecuencia, los sistemas de LF RFID pueden ser más susceptibles a interferencias electromagnéticas. RFID a 13.56 MHz se refiere a una frecuencia específica utilizada en los sistemas de identificación por radiofrecuencia. Es una de las frecuencias más comunes en la tecnología RFID y se utiliza ampliamente en aplicaciones como tarjetas de pago sin contacto y tarjetas de acceso. La frecuencia de 13.56 MHz se encuentra dentro del rango de alta frecuencia (HF) para RFID y es conocida como HF RFID. Los sistemas de HF RFID utilizan antenas y etiquetas que operan en esta frecuencia para la comunicación inalámbrica. Las etiquetas RFID de 13.56 MHz pueden ser pasivas o activas. Las etiquetas pasivas no requieren una fuente de energía interna y obtienen energía del campo electromagnético generado por el lector RFID. Por otro lado, las etiquetas activas tienen una fuente de energía interna y pueden tener un alcance de lectura más amplio y funciones adicionales. La tecnología RFID de 13.56 MHz es ampliamente utilizada debido a su capacidad de soportar altas velocidades de transferencia de datos y su compatibilidad con una variedad de aplicaciones. Los sistemas de HF RFID a 13.56 MHz ofrecen un alcance de lectura de varios centímetros a varios metros, dependiendo de las condiciones del entorno y del equipo utilizado. También tienen un buen rendimiento en términos de seguridad y se utilizan en tarjetas de acceso y pagos sin contacto debido a sus características criptográficas y de autenticación.

Existe otro tipo de sistemas que son implementados en las instituciones educativas y estos son utilizados en el registro y control de asistencia de los trabajadores, estos son relojes biométricos, dentro de los cuales se encuentra la tecnología por huella dactilar, reloj checador de mano y reloj checador facial. Un sistema biométrico por huella digital es una tecnología de identificación y verificación que utiliza las características únicas y distintivas de la huella dactilar de una persona para confirmar su identidad. La biometría se refiere al uso de características físicas o de comportamiento para identificar y autenticar a las personas de manera precisa. Consta de los siguientes elementos principales: Captura de huella dactilar, extracción y almacenamiento de características, comparación y verificación, autenticación y acceso. Un ejemplo se encuentra en el proyecto de Freddy Enrique Cali Rivera (2020), quien propone un proyecto para el control de asistencia de estudiantes mediante huella digital, busca un mejor control de asistencia, el autor utiliza un hardware comercial para el control. El presente proyecto propone un registro de asistencia al aula para estudiantes utilizando las tarjetas con las que cuenta un estudiante que son RFID de 125 KHz. Un reloj biométrico facial es un dispositivo de control de asistencia y acceso que utiliza la tecnología de reconocimiento facial para

identificar y autenticar a las personas. En lugar de usar huellas dactilares, este tipo de reloj biométrico se basa en características faciales únicas de los individuos para llevar a cabo la verificación de identidad. El funcionamiento básico de un reloj biométrico facial es el siguiente: Captura de imágenes faciales, extracción y almacenamiento de características faciales, comparación y verificación, autenticación y acceso. El uso de un reloj biométrico facial ofrece varias ventajas, como una mayor comodidad y facilidad de uso para los usuarios, ya que solo necesitan estar frente a la cámara para llevar a cabo la verificación. Además, el reconocimiento facial es menos invasivo que otras formas de autenticación.

Los sistemas de acceso a través de los dispositivos de hardware utilizan el protocolo de comunicación Wiegand, que es un estándar de comunicación utilizado en sistemas de control de acceso y sistemas de identificación que permite la transferencia de datos entre dispositivos, como lectores de tarjetas y controladores de acceso. Fue desarrollado por la empresa Wiegand Card Technology en la década de 1970 y se ha convertido en uno de los protocolos más utilizados en la industria. El protocolo Wiegand utiliza una interfaz de dos hilos, conocida como el cable Wiegand, para la transmisión de datos. Los datos se envían en forma de pulsos eléctricos que representan información específica, como el número de identificación de una tarjeta o la dirección de un lector. Estos pulsos se generan a través de cambios en la resistencia eléctrica del cable ver figura 1.

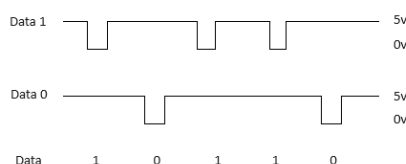


Figura 1. Secuencia Wiegand de bits 10110.

El protocolo Wiegand define dos señales principales: Señal Wiegand de datos: Esta señal se compone de dos cables, uno denominado "Data 0" (D0) y otro denominado "Data 1" (D1). Los pulsos eléctricos en estos cables representan bits de datos binarios. Por ejemplo, un pulso en el cable D0 puede representar un "0" binario, mientras que un pulso en el cable D1 puede representar un "1" binario. Señal Wiegand de reloj: Esta señal se transmite a través de un tercer cable llamado "Clock" (CLK). La señal de reloj sincroniza la transferencia de datos, asegurando que los pulsos eléctricos en los cables de datos sean interpretados correctamente. Cuando se presenta una tarjeta en un lector Wiegand, el lector convierte la información de la tarjeta en una secuencia de pulsos eléctricos Wiegand y la envía al controlador de acceso. El controlador de acceso interpreta los pulsos y toma decisiones en función de la información recibida, como permitir o denegar el acceso. El protocolo Wiegand se ha convertido en un estándar en la industria debido a su simplicidad y confiabilidad. Es compatible con una amplia variedad de dispositivos, lo que permite la integración de diferentes componentes de control de acceso de diferentes fabricantes.

El desarrollo de software evoluciona constantemente por tanto las aplicaciones web son hoy en día una herramienta necesaria para cualquier procesamiento de la información Viejo Cavero (2021) muestra la importancia del desarrollo web así como las herramientas que permiten este desarrollo, de los cuales surgen dos temas a considerar para la implementación del sistema por un lado el desarrollo de un sistema monolítico el cual se entiende como el desarrollo integrado en una sola aplicación y por otro lado la arquitectura de microservicios existen diferentes trabajos que nos hacen referencia a las ventajas y desventajas como lo describe Anabella Guimarey (2020). Para el presente proyecto se desarrolla un sistema monolítico, las herramientas para el desarrollo de la aplicación se encuentra en java 2EE. El sistema permite integrar información del Sistema Integral de Información, los registros de las tarjetas del control de acceso exportadas del software ivms 4200 y el registro de los docentes del reloj biométrico.

Resultados

Para este objeto de estudio el reloj checador biométrico con el que cuenta la institución y el software que tiene instalado puede exportar reportes de asistencia, los cuales alimentaran el sistema de base de datos creado, el cual contiene los registros de horarios del personal docente ver figura 2.

Fecha	Checkada	Observaciones	IdEstatus	Docente	Asignatura		
No se encontraron registros.							
Docente: SALAS BAUTISTA MIGUEL ANGEL							
Clave	Asignatura	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
cd6 1	MÁQUINAS ELÉCTRICAS	9:00-11:00 F-7		9:00-11:00 F-7		9:00-11:00 F-3	
cd6 2	MÁQUINAS ELÉCTRICAS	17:00-19:00 L-H		17:00-19:00 L-H		17:00-19:00 L-H	
pe3	TECNOLOGÍAS DE MANUFACTURA AVANZADA		13:00-15:00 CAD		13:00-15:00 CAD	13:00-15:00 E-4	

Figura 2. Horario docente Sistema de Base de Datos.

Contando con esta información el siguiente proceso es ingresar la información que se exporto del reloj biométrico, el registro de asistencia cargado en el sistema los pude observar cada docente como se ilustra en la figura 3, una de las ventajas de implementar esta opción en un nuevo software es que cada usuario (docente-administrativo) puede visualizar sus registros de asistencia, la exportación puede realizarse por día semana o quincena.

Registro de Asistencia Docente				
Fecha	Hora	Periodo	IdRfBiometrico	
05/26/2023	16:49	20231	GOCA71113A82	
05/26/2023	09:10	20231	GOCA71113A82	
05/25/2023	17:13	20231	GOCA71113A82	

Figura 3. Registros de asistencia.

Existen varias ventajas al visualizar los registros de asistencia docente en un nuevo Sistema de Base de Datos. Adaptación a tus necesidades específicas, Integración con otros sistemas y Ahorro a largo plazo, aunque el desarrollo de una aplicación de Base de Datos puede implicar una inversión inicial de tiempo y recursos, a largo plazo puede resultar en ahorros significativos. Se puede mantener y actualizar el sistema de acuerdo con nuestros propios recursos internos. Además, la eficiencia mejorada y la adaptación precisa a tus necesidades pueden conducir a una mayor productividad y reducir los tiempos que invierte el personal en dar seguimiento a los reportes.

El segundo recurso que se ha integrado a la aplicación de Base de Datos, es el control de acceso. Existen torniquetes tipo puente ver figura 4, que permite el control de acceso a las instalaciones. Los tornillos de acceso cuentan con lectores de tarjetas RFID así como una cámara para leer códigos QR, esta implementación es probada y utilizada por autores como Isidro Jorge Zertucha 2022, sin embargo se consideró que tiene algunas debilidades en este proyecto, al poder generar códigos QR en línea puede no ser muy seguro para el control de acceso, por lo que solo quedaran activos los lectores RFID.



Figura 4. Torniquete tipo puente

Junto con los torniquetes tipo puente existen paneles de control quienes almacenan los usuarios y los identificadores de que usuarios tienen acceso a las instalaciones. Cuando se adquiere el producto se indicó que tiene una capacidad de hasta 10,000 usuarios, pero lo que no se especifico es que la capacidad es de 2,000 usuarios y cada usuario puede almacenar hasta 5 tarjetas códigos RFID. En la institución la comunidad tecnológica es de 3,300 usuarios y para el año 2023 se pretende sea mayor a 3,500 usuarios. El software que se utiliza es amigable y cumple con muchas funciones, una de ellas, la exportación de los datos, con la que se puede importar la información al sistema de base de datos creado. Los torniquetes cuentan con un dispositivo lector RFID como se ilustra en la figura 5, estos dispositivos utilizan el protocolo wiegand para la lectura de tarjetas pasivas de 125 KHz. El funcionamiento para la apertura de los torniquetes es el siguiente; primero el dispositivo lector RFID lee la tarjeta, segundo manda el identificador leído a la tarjeta controladora, tercero se verifica si el usuario existe en los registros de la tarjeta controladora si tiene permiso de entrar, manda finalmente una señal que activa el dispositivo y hace la apertura del torniquete.



Figura 5. Lector RFID 125 KHz

El desarrollar una aplicación propia permite que no exista límite de usuarios que tengan acceso a las instalaciones, en la exportación se encuentran registrados estudiantes y docentes como se ilustra en la figura 6. Semestre a semestre se debe verificar y actualizar el sistema, debido a que existen estudiantes que egresan y otros que causaron baja del instituto, estos registros se deben comparar para dar de baja a los usuarios en el sistema. Pero si se cuenta con un sistema que indica que estudiantes se encuentran inscritos, este mismo debe indicar que estudiantes van a ingresar a las instalaciones, esto ahorra tiempo al estar cargando y descargando usuarios del software que provee el proveedor.

Data Output	Explain	Messages	Notifications
id_tarjeta [PK] character (18)	id_estado character (2)	id_rol character (2)	usuario character (13)
32 0001977107	ACT	EST	19680702
33 0001979488	ACT	EST	21680416
34 0001979517	ACT	EST	18680278
35 0001979525	ACT	EST	18680195
36 0002091291	ACT	EST	21680545
37 0002134675	ACT	EST	21680546
38 0002151230	ACT	EST	21680591

Figura 6.. Exportación de datos RFID.

Para la apertura de los torniquetes de acceso, el lector RFID está conectado a una placa arduino, quien recibe las lecturas, posteriormente hace una consulta a través de una conexión de red a un dispositivo que puede ser desde una raspberry hasta un servidor, en el Tecnológico de Cerro Azul se probó conectando a un servidor, en el Tecnológico de Cuautla se está implementando una placa de raspberry como servidor. Algunos autores como Miguel Guadalupe 2010 utilizan la tecnología RFID para el control de acceso vehicular realizan una prueba con diferentes dispositivos ninguno de ellos arduino. El presente proyecto utiliza una placa arduino y un servidor ubicado en las instalaciones del SITE. Para las pruebas se hace una consulta a través de la red, recibe un dato en la placa arduino, cuando consulta la base de datos la página web regresa un dato 1 si esta activa la tarjeta y 0 si no está activa, finalmente manda una señal de apertura a la pluma de acceso quien activa el mecanismo. Finalmente, si se cuenta con la base de datos de los usuarios, y el registro de su tarjeta RFID, se crean aplicaciones que apoyan a departamentos como el Centro de Información, este departamento requiere almacenar información sobre los estudiantes que hacen uso de las instalaciones, a qué carrera pertenecen semestre etc. Anteriormente cuando un estudiante quería ingresar al Centro de Información, debía registrarse en una computadora, lo que podía ocasionar un cuello de botella al ingreso a las instalaciones si un grupo de estudiantes mayor a 10 deseaban ingresar al mismo tiempo. Tomando en consideración esto se desarrolló una aplicación que permite hacer una lectura a través de un dispositivo RFID y aprovechar las tarjetas de los estudiantes que fueron migradas al nuevo sistema de base de datos, basta con que el estudiante deslice su tarjeta ver figura 7 para registrar sus datos en la base de datos y agilizar el proceso de acceso a las instalaciones.

Control	Carrera	ApellidoPaterno
19680189	INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES	MARTINEZ ROSAS LUETH
19680158	INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES	GONZALEZ SALAZAR DIEGO ANTONIO
19680188	INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES	MIRANDA SECURINO JOSE ANGEL
19680246	INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES	SALAZAR DIVIANA

Figura 7. Registro de asistencia al Centro de Información

Esta aplicación puede ayudarnos a llevar el registro y control de estudiantes que ingresan a eventos y que se debe contar con registros de asistencia a conferencias, talleres o actividades culturales y deportivas que requieren los organismos acreditadores como lo es el CACEI. El contar con un sistema y la información en el momento que se requiera es una gran ventaja para cualquier departamento o institución. Existen diferentes autores que desarrollan aplicaciones de control de acceso, por ejemplo; Pilatasig Chanaluisa (2021) quienes en su proyecto implementan un

sistema de acceso registro y control vehicular, en sus resultados presentados se observa que utilizan una aplicación comercial para el control de acceso, un software que cuenta con un respaldo para el registro y control de acceso, software ya creado, pero que se debe administrar para identificar a las personas que tendrán acceso a las instalaciones. El presente proyecto utiliza la tecnología existente como es el control de acceso a las instalaciones como se muestra en la figura 8, no utiliza software o hardware comercial para el control de acceso se implementa una aplicación que puedan ser aprovechadas por la institución en diferentes procesos.



Figura 8. Tornillos de Acceso Instituto Tecnológico de Cuautla

Conclusiones

La integración de diferentes sistemas en uno solo tiene beneficios en diferentes departamentos de la institución educativa en todos se buscan dos cosas hacer más eficiente y agilizar los procesos esto se está logrando integrando diferentes aplicaciones, si bien es cierto que existe software en el mercado con mucha experiencia y años de trabajo, también se debe observar que no todos realizan las actividades como se requieren en las instituciones, por eso la importancia de integrar, adaptar y aprovechar los recursos con los que ya cuenta el Tecnológico. Actualmente se está trabajando para que la lectura del reloj checador biométrico, quien hace una lectura a través del protocolo Wiegand quien transmite el id del trabajador. Este se encuentra en proceso para la integración del registro de asistencia docente y poder contar día a día con una actualización personalizada.

Referencias

Isidro Jorge Zertucha González, Adrián Rodríguez Ramos, Leandro Zambrano Méndez, Harol Picarin Pérez, Humberto Díaz Pando, Sistema de control de acceso mediante código QR. RENIA Vol. 3, N.. 36 2022.

Miguel Guadalupe Ramírez Fonseca Sistema de acceso distribuido remoto con entidades informáticas [Tesis de maestría] Universidad Autónoma Metropolitana 2010.

Pilatasig Chanaluisa, Maritza Gabriela Romero Toapanta, Tomas Andres Implementación de un sistema de acceso y registro vehicular en el parqueadero del Colegio Nacional Experimental "Salcedo" empleando la tecnología RFID, Universidad de las Fuerzas Armadas, 2021.

Pisco Gomez, Pascual Angel (2020) Control de asistencia de estudiantes mediante dispositivos biometricos rfid en la universidad estatal del sur de Manabí consultado por internet el 25 de junio del 2023 Dirección de internet: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2302>.

Viejo Cavero, R. P., Estudio de las aplicaciones web empresariales, desarrolladas en el lenguaje de programación java, en los frameworks hibernate y spring. [Tesis de licenciatura]. Universidad Técnica de Babahoyo 2021.

Anabella Guimarey (2020)-. Beneficios y riesgos de migrar una arquitectura monolítica a microservicios (en línea) consultado por internet el 30 de agosto del 2023, Dirección de internet: <https://www.researchgate.net/publication/348309479>

Notas Biográficas

El **Ing. Gerardo Acevedo Vega**. Este autor es estudiante del Instituto Tecnológico de Cuautla, en Cuautla, Morelos, México. Se encuentra estudiando la Maestría en Ingeniería Administrativa.

La **Dra. Mónica Leticia Acosta Miranda** es profesora en el Instituto Tecnológico de Cuautla. Su Doctorado en Ciencias Administrativas es de *Instituto de Estudios Universitarios A.C.*, Puebla, México.

El **M.C. Julio Pérez Machorro** es profesor del Instituto Tecnológico de Cuautla, El M.C. tiene maestría en ciencias por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Morelos, México.

Decoloración de Agua Contaminada con Colorante Rojo 83 Usando la Microalga *Pectinodesmus pectinatus*

Dora Ivette Aguilar-Morales¹, Arnulfo Rosales-Quintero², Rocío Meza-Gordillo³,
José Humberto Castañón-González⁴

Resumen— La industria textil es reconocida por su alto consumo de agua, por ello genera aguas residuales con diversas sustancias contaminantes, siendo los colorantes uno de los más predominantes. En el presente trabajo se evalúa el comportamiento de la microalga *Pectinodesmus pectinatus* al colorante Rojo 83 a nivel matraz y en fotobiorreactor (FBR) a dos diferentes concentraciones de colorante, *i.e.* 0.04 y 0.2 g/L. A nivel matraz se evaluó la cinética de crecimiento por 12 días, obteniéndose una velocidad de crecimiento mayor en la concentración de 0.2 g/L. Se escalo el crecimiento a 10 veces su volumen en un FBR de tanque agitado en agitación orbital, utilizando una concentración de 0.04 g/L en la cual se registra una velocidad de crecimiento de 0.015 días⁻¹ y una remoción del colorante del 38%.

Palabras clave— *Pectinodesmus pectinatus*, Colorante Rojo 83, Fotobiorreactor, Agitación orbital.

Introducción

Actualmente existe una gran preocupación por las descargas residuales en cuerpos de aguas sean domésticas o industriales, de estas últimas existen gran cantidad de empresas especializadas en determinados productos, por lo que sus descargas tienen concentraciones de los mismos contaminantes durante grandes periodos de tiempo. Dentro de este tipo de empresas las industrias textiles descargan diversos colorantes dependiendo de las demandas del mercado.

Existen diversas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, una alternativa a estas tecnologías son los cultivos de microalgas que se destacan por su enfoque en la protección del medio ambiente, ya que tienen la capacidad de reciclar de manera eficiente contaminantes presentes en cuerpos hídricos, esto debido a que son fotosintéticas y su metabolismo puede ser fotótrofo, autótrofo o mixótrofo.

Existen ciertas especies que se encuentran en aguas contaminadas y son utilizadas en procesos de tratamiento de aguas residuales debido a su alta capacidad de resistencia. En adición, muchas de estas también se emplean con propósitos comerciales específicos, los géneros *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Spirulina*, *Botryococcus* y *Ankistrodesmus* entre otros que han sido registrados en aguas residuales desde distintas procedencias. De este modo, las microalgas pueden ser utilizadas para eliminar contaminantes del agua, como compuestos orgánicos y metales pesados (Camacho y Sáenz, 2010; Maldonado Barraza, 2011).

Otros investigadores como Angulo-Mercado *et al.* (2012) usaron a *Chlorella sp.* y el colorante azul de metileno obteniendo remociones de hasta un 99% del colorante, atribuyendo esta eliminación a procesos de biosorción y biodegradación enzimática. En un estudio posterior con *Chlorella sp.* inmovilizada en un soporte Angulo-Mercado *et al.* (2017) realizaron remociones de colorantes industriales y de DBO y DQO, atribuyendo la remoción a una biosorción debida a la alta área superficial de las microalgas y a la afinidad de las microalgas a grupos hidroxilos, carboxilatos, aminas y fosfatos que se encuentran en la superficie de la pared celular son considerados los responsables mediante atracción electrostática y mecanismos de complejación. Vacca-Jimeno (2017) realizaron la biodegradación del efluente de un agua residual textil en un biorreactor de 2.5 litros con fertilizante y aireación logrando remociones de hasta un 97% del colorante presente en el agua residual.

De este modo, el objetivo de este proyecto es estudiar la remoción del colorante comercial Rojo 83 en nivel matraz y FBR de tanque agitado usando la microalga *Pectinodesmus pectinatus*, para esto primero se analizará la estructura molecular del colorante mediante espectrofotometría Infrarroja, se realizarán cinéticas de crecimiento de la microalga con colorante y sin colorante (testigo o blanco).

¹Dora Ivette Aguilar-Morales es egresada de la licenciatura en Ingeniería Bioquímica del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.

²Arnulfo Rosales-Quintero es Profesor Investigador del Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez, arquinte@tuxtla.tecnm.mx.

³Rocío Meza-Gordillo es Profesora Investigadora del Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.

⁴José Humberto Castañón-González es Profesor Investigador del Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez

Descripción del Método

Microalga

Se utilizó la microalga *Pectinodesmus pectinatus* aislada e identificada del lago “Bosque Azul” del Parque Nacional de Lagos de Montebello ubicado en el municipio de la Trinitaria, Chiapas (Olán-Jiménez *et al.*, 2018)

Para la reactivación de la microalga se tomaron 10 mL de la muestra almacenada y se inocularon en matraces 250 mL de capacidad con 240 mL de medio de cultivo, BBM (Bold’s Basal Medium). Los medios de cultivo, matraces y FBRs fueron esterilizados, los conteos y mediciones se hicieron por triplicado.

Espectrofotometría infrarroja (FT-IR)

Se utilizó el colorante comercial textil Rojo Granada de la marca “El Caballito” y debido a que se desconoce sobre la composición y los compuestos que contengan estos tipos de colorantes, se utilizó un espectrofotómetro IR Nicolet™ (Thermo Scientific, Massachussets, EE.UU) para estimar la composición química del colorante usado.

Cinética en matraz

Una vez reactivada la microalga *Pectinodesmus pectinatus*, se realizó en matraces de 250 mL cinéticas de crecimiento y se agregó colorante con una concentración de 0.04 mg/mL y 0.2 mg/mL, habiendo un tercer matraz sin colorante (testigo) que nos servirá como blanco para poder comparar los resultados.

Los matraces se mantuvieron en una agitadora orbital a una velocidad de 100 RPM a un fotoperiodo (12:12 h), se emplearon lámparas LED de 18 watts, con una temperatura controlada de $25\pm 3^{\circ}\text{C}$. Para el crecimiento se utilizó una cámara de Neubauer y un microscopio con aumento de 40X (AMSCOPE, AST36OB3M), durante 12 días.

Cinética en PBR

En un fotobiorreactor cilíndrico de capacidad de 5 L, se esterilizo 2.4 L del medio de cultivo BBM, al cual se le adicionó 0.1 gr del colorante a estudiar para obtener la concentración de 0.04 gr/L. Una vez estéril se inoculo 100 mL de la microalga *Pectinodesmus pectinatus*, y se mantuvo en las mismas condiciones en referencia a nivel matraz, durante 20 días.

Espectroscopia Ultravioleta Visible (UV-VIS)

Se tomaron 5 ml de cada una de las muestras y se leyó por triplicado a 500nm en un espectrofotómetro UV-VIS modelo DR 500 marca HACH.

Peso seco

Para determinar el peso seco del cultivo se tomó 10 mL de nuestra muestra; inmediatamente se colocó en un papel filtro a peso constante, para filtrarlo al vacío, tras retirar el sobrenadante, se reubico el papel húmedo en un cestillo metálico y se secaron en la mufla a 105°C durante 24 h. Pasado ese tiempo se pesó, hasta tener peso constante, la biomasa entonces se calculó por diferencia de peso.

Clorofila

Para clorofila a y b se tomó 5 mL de cultivo, se sometió a una centrifugación a 3600 rpm durante 15 minutos, después se mezcló con 5 mL de metanol sin diluir y se calentó en un baño de agua durante 10 minutos a una temperatura de 60°C . Pasado el tiempo se refrigeraron durante un período de 24 horas. Posteriormente se empleó un espectrofotómetro UV-VIS para determinar la cantidad de pigmentos de clorofila mediante el método colorimétrico, utilizando longitudes de onda de 653 y 666 nm. Para calcular la cantidad de pigmentos presentes, se emplearon las fórmulas siguientes (Arredondo-Vega y Voltolina, 2017):

$$Ca(\mu\text{g/mL})= 15.65*A(666\text{nm}) - 7.34*A(653)$$

(1)

$$Cb(\mu\text{g/mL})= 27.05*A(653) - 11.21*A(666)$$

(2)

Donde: Ca es Clorofila a y Cb es Clorofila b, A es absorbancia medida a 666 nanómetros y 653 nanómetros respectivamente.

Remoción del colorante

El porcentaje de remoción del colorante Rojo 83 se obtuvo mediante la diferencia entre la absorbancia inicial (A_i) y final (A_f):

$$\%Remoción = \frac{A_i - A_f}{A_i}$$

Resultados y discusión

Espectrofotometría FT-IR.

En el caso del espectrofotómetro IR se pretende identificar los grupos funcionales que se encuentran en los colorantes de interés. Respecto al colorante Rojo Granada, el empaque únicamente nos indica que contiene rojo 83 en 25%, amarillo 44 en 25%, y azul 200 en 23%. De acuerdo con lo indicado, se toma como parte de estudio la estructura química del Rojo 83 y como comparativa la estructura química del Rojo 40 (Figura 1), que es uno de los colorantes más utilizados en la industria textil.

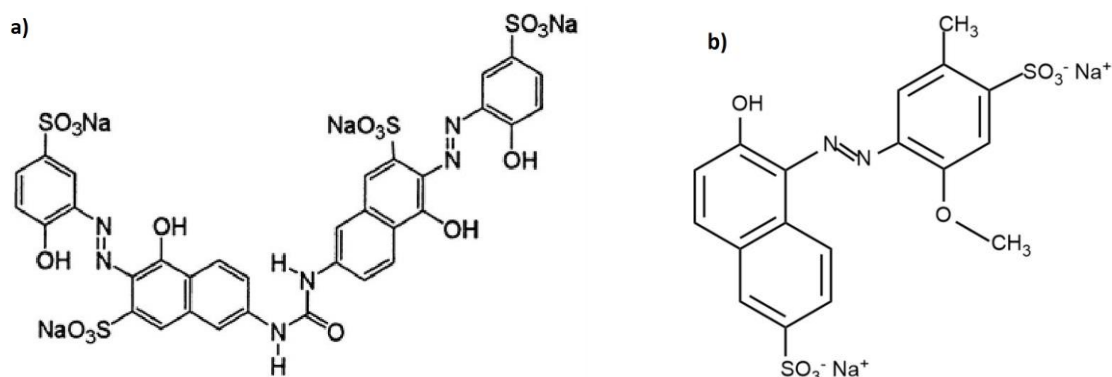


Figura 1. Estructuras moleculares de a) Rojo 83, b) Rojo 40.

Como se puede notar, las estructuras químicas de ambos colorantes son distintas, sin embargo, en su composición de grupos funcionales son similares i.e. aromáticos, sulfóxido entre otros. El conocer las estructuras es para poder tener una idea de los grupos funcionales y enlaces que esperamos encontrar en la lectura del espectrofotómetro IR.

Para llevar a cabo la lectura de las muestras de los colorantes se optó por no realizar una dilución ya que el equipo puede realizar la lectura de forma líquida o sólida, y se decidió colocar directamente el colorante en polvo, las lecturas se realizaron por triplicado.

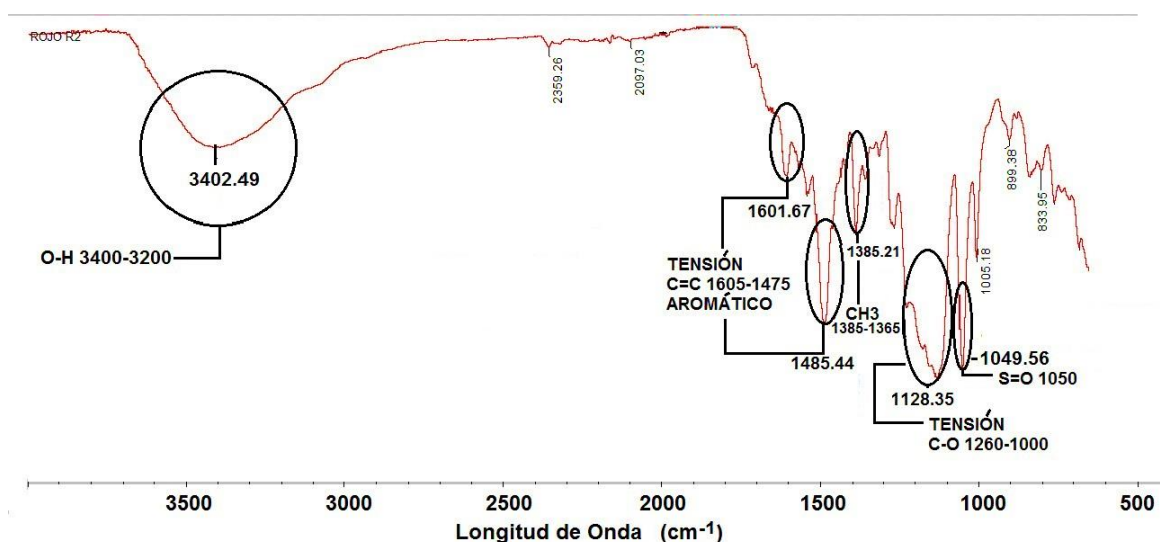


Figura 2. Espectro IR del colorante Rojo Granada.

Después de la obtención de los espectros viene la identificación que cada una de las bandas o picos de acuerdo al desplazamiento en el que se encuentra. En la Figura 2 se aprecia el espectro con sus desplazamientos y se encierran únicamente los picos más pronunciados del espectro IR para su identificación.

Realizando una inspección de dichos espectros se muestran 6 señales destacables, una señal a 1049.56 cm^{-1} correspondiente a S=O (vibración de tensión, sulfóxido), otra señal a 1128.35 cm^{-1} se puede atribuir al enlace C-O del grupo carboxílico, en 1385.21 cm^{-1} se observa una señal propia del grupo C-CH₃ (metilo), en un rango de $1605\text{ a }1475\text{ cm}^{-1}$ se identifican 2 señales en las cuales según la literatura cuando se encuentra las 2 señales puede tratarse de enlaces C=C pero con respecto a aromáticos, en un rango de $3300\text{ cm}^{-1} - 3300\text{ cm}^{-1}$ se muestra una banda ancha de absorción que corresponde a las vibraciones de estiramiento de los grupos hidroxilo y en 1450 cm^{-1} dichos grupos funcionales son característicos del colorante. Evidencia del grupo azo N=N(trans-azo, simétricos) se presenta con una señal de vibración alrededor de 1537 cm^{-1} , de acuerdo a la literatura existente puede ser tipo puente.

Debido a que el colorante es una mezcla de compuestos similares a los de la Figura 2, se corrobora en el espectro IR que hay grupos sulfóxidos, aromáticos y azoicos que corresponden a las moléculas de colorantes de la Familia del Rojo 83.

Cinéticas en matraz.

Se llevó a cabo la cinética en matraz (Figura 3a), el crecimiento de la microalga en términos de concentración celular fue similar en las 2 concentraciones de colorante y en el testigo. En el caso de la absorbancia UV-Vis, que está relacionada con la concentración de colorante (Figura 3b), si hay una disminución, esto es debido a que el colorante se va eliminando y el medio de cultivo va perdiendo el color rojo intenso inicial, esto es de particular importancia, dado que lo que se busca es: 1) que la microalga se adapte a las concentraciones de colorante y 2) que exista una decoloración o descontaminación del agua adicionada con colorante.

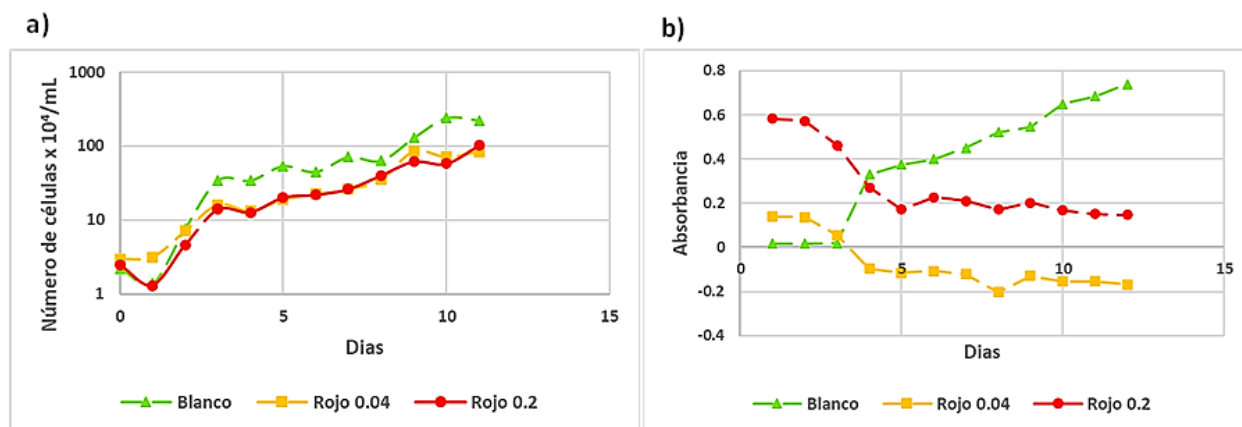


Figura 3. Cinética en matraz de a) crecimiento, b) absorbancia UVVIS.

Con respecto al peso seco se aprecia (Cuadro 1) que existe diferencia entre las dos muestras comparadas con el blanco, y de igual manera sucede con la clorofila. En la Figura 4 se compara como se veían las muestras al inicio del cultivo y como a mitad del experimento, y hay una gran diferencia de color, que es justo lo que se comprueba con los resultados de clorofila y peso seco.

Cuadro 1. Resultados al final del cultivo en matraces

Muestra	Peso seco (mg)	Ca ($\mu\text{g/mL}$)	Cb ($\mu\text{g/mL}$)
Testigo sin colorante	0.0165	0.08117	0.02612
Rojo 0.04 (mg/mL)	0.0119	0.08631	0.01093
Rojo 0.2 (mg/mL)	0.0079	0.03781	0.03103

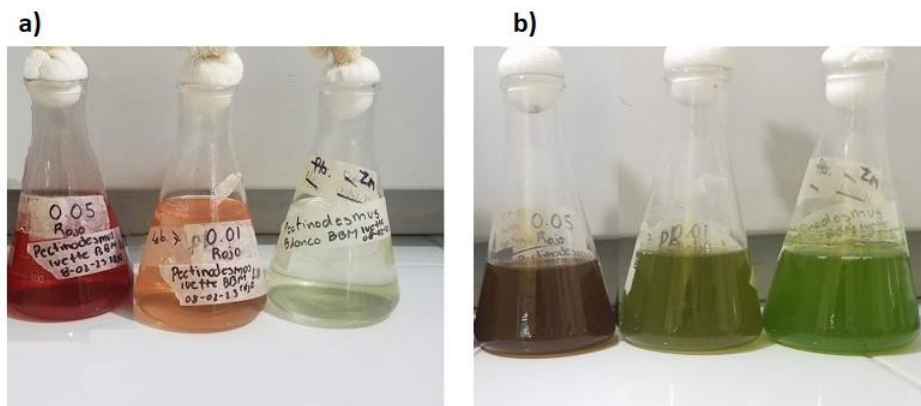


Figura 4. Matraces a) Al inicio del cultivo en el día 1 y b) en el día 6.

Cinética en fotobiorreactor

En la cinética de crecimiento (Figura 5a) se observa una diferencia entre el blanco y la muestra con colorante, incluso se alcanza a ver que en el segundo punto de la gráfica hay una disminución de la microalga, pero esto es debido que normalmente todo tipo de microorganismo sufre una fase de adaptación al medio hasta regularizarse. De forma similar el crecimiento de la microalga del testigo y del colorante rojo es comparable, sin embargo, en la decoloración del medio de cultivo es evidente una disminución con respecto al tiempo, dado por la absorbancia UV-VIS, que también se puede observar en el cambio de color del cultivo en el FBR (Figura 6).

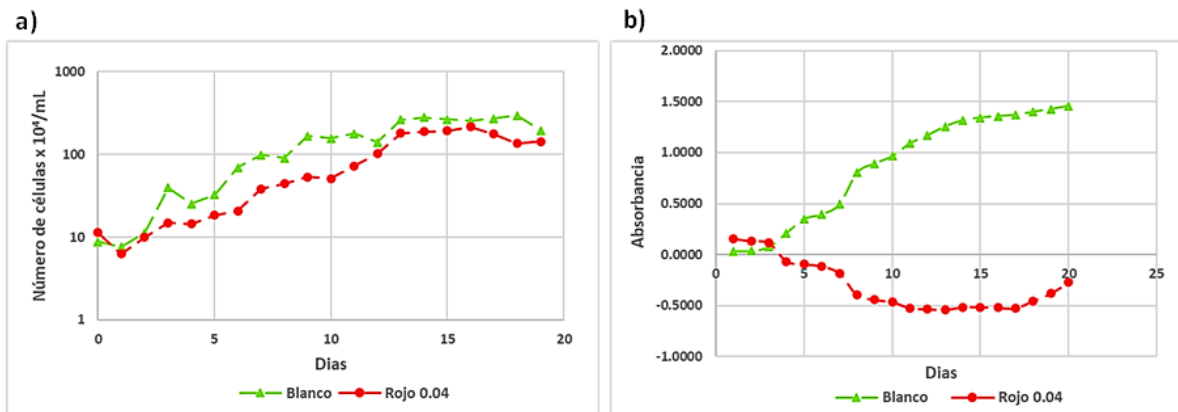


Figura 5. Cinética en FBR con concentración de 0.04 gr/L de colorante. a) Crecimiento y b) Absorbancia UV-VIS.

Cuadro 2. Resultados al final del cultivo en FBR.

Muestra	Peso seco (mg)	Ca ($\mu\text{g/mL}$)	Cb ($\mu\text{g/mL}$)
Testigo sin colorante	0.0108	0.08850	0.04557
Rojo (mg/mL)	0.0085	0.99044	0.54724

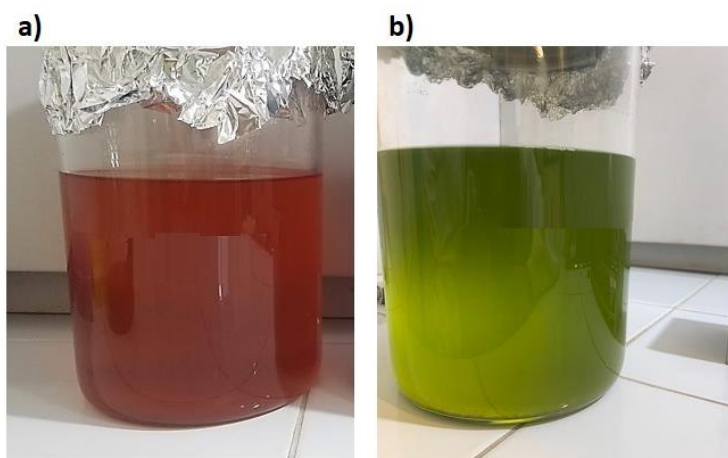


Figura 6. Fotobiorreactor a) al inicio del cultivo en el día 1 y b) al final en el día 20.

Conclusiones

Las microalgas son organismos fotosintéticos capaces de adaptarse a diversos tipos de metabolismo, en este trabajo se mostro que pueden ser utilizadas como una alternativa para la decoloración de aguas residuales de la industria textil. Se logro llevar a cabo el cultivo de la microalga *Pectinodesmus pectinatus* a diferentes condiciones de cultivo y diferentes concentraciones de colorante rojo granada. Así mismo, se identificaron los grupos funcionales del colorante rojo granada mediante espectrofotometría IR y se determinó que los grupos funcionales presentes son similares al colorante Rojo 40 y Rojo 83. Se evaluaron las cinéticas de crecimiento de la microalga *Pectinodesmus pectinatus* a dos diferentes concentraciones de rojo granada en FBR y en matraz y se puede concluir que pueden: 1) Tolerar concentraciones del colorante rojo granada, 2) Reducir la concentración de colorante en el medio de cultivo y 3) Mediante un metabolismo autótrofo metabolizar los compuestos presentes en los colorantes.

Se obtuvo una degradación del colorante debido al uso de la microalga, sin alterar su crecimiento, todo dependiendo de la concentración que tenga del colorante, entre menor sea la cantidad más fácil será para la adaptación, sin embargo, también será necesario verificar cual es el límite de concentración que inhibe o impide su crecimiento.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento del TecNM a través del proyecto “Estudio de la tolerancia de microalgas aisladas de una laguna de lixiviados de un relleno sanitario a diversos metales” con Clave: 17238.23-P.

Referencias

- Arredondo-Vega, B. O. A. y D. Voltolina. “Métodos y herramientas analíticas en la evaluación de la biomasa microalgal”. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. eBooks. 2017
- Angulo-Mercado, Castellar Ortega, Morales Avendaño, Barrios Solano. Remoción de azul de metileno por la microalga *Chlorella* sp. *Viva, respect.* Vol. 10, No. 1, Enero - Junio de 2012, págs. 53-60.
- Angulo-Mercado et al. “Decoloración de aguas residuales de una industria de pinturas por la microalga *Chlorella* sp” *Rev. MVZ Córdoba*, Vol. 22, No. 1, Pag. 5706-5717, 2017. DOI: dx.doi.org/10.21897/rmvz.930
- Camacho, L., & Sáenz, R. (2010). Implementación de diferentes técnicas analíticas para la determinación de biomasa bacteriana de cepas *Pseudomonas putida* biodegradadoras de fenol. *Revista Ion*, 23(1), 41-46.
- Hernández-Pérez, A. y Labbé, J. I. “Microalgas, cultivo y beneficios. *Biología Marina y Oceanográfica*”, Vol. 49, No. 2, 157-173, 2014.
- Maldonado Barraza, C. R. “Inducción lipídica por limitación de nutrientes en las microalgas *Scenedesmus dimorphus* y *Chlorella sorokiniana*”. Tesis de maestría. Centro de investigación en materiales avanzados, 2011
- Olán-Jiménez, K., Rosales-Quintero, A.; Novelo, E.; Álvarez-Gutiérrez, P.E.; Castañón-González, J.H.; Enciso-Saenz, S. 2018, Microalgas del lago Bosque Azul, primer reporte de *Limnothrix planctonica* en Montebello, Chiapas, México, *Agroproductividad*: Vol. 11, Núm. 12, diciembre. 2018. pp: 27-31. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i12.1303>
- Vacca-Jimeno V.A., Puentes Ballesteros, DM, Torres Yépez, j.g. y ME. Plaza Vega “Uso de la microalga *Chlorella* sp. viva en suspensión en la decoloración del agua residual de una empresa textil”. *Prospect.* Vol. 15, No. 1, Pags. 93-99, 2017.
- Vera, J. B., Fuentes-Ramírez, R., Hernández, V. A., Camacho, I. R. R., y Manríquez, J. (2018). Respuesta energética del colorante azoico rojo disperso mezclado con grafeno reducido y óxido de grafeno en celdas solares sensibilizadas. *Acta Universitaria*.

Análisis y Selección de Plataformas de Drones para Investigación

Dr. Juan Anzures Marín¹, Dr. Carlos Alberto Ugalde Caballero², M.I. Salvador Ramírez Zavala³,

Resumen—En este trabajo se presenta una revisión documental de características y opciones disponibles para drones orientados a proyectos de investigación, los cuales requieren hardware y software que se adecue al trabajo experimental y a criterios particulares de cada proyecto. Seleccionar una plataforma idónea puede ser difícil si no se cuenta con información de las diferentes opciones disponibles. Se describen los componentes esenciales de drones y los factores clave para su selección. Se propone una matriz de decisión flexible que se puede adecuar a las necesidades de cada investigador, considerando factores diversos tales como técnicos, presupuestales, nivel de prioridad, etc. Se presenta también un ejemplo de la matriz de decisión que permitió elegir una plataforma flexible, donde es posible imprimir partes en 3D como refacciones en caso de colisión. Se espera que este trabajo facilite a otros investigadores la comparación y selección de componentes para la investigación con drones.

Palabras clave—Drone, FPV, Autopilot, firmware, Impresión 3D.

Introducción

La traducción al español de la palabra “drone” significa “zángano” o abeja macho y comenzó a utilizarse de manera popular debido a que el sonido de los insectos es muy parecido al que generan estos vehículos voladores. Otros nombres más adecuados, son: UAV (Unmanned Aerial Vehicle) o en español “VANTS” (Vehículo Aéreo No Tripulado), UAS (Unmanned Aerial System) ó RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) y el significado es el mismo. Principales características: son no tripulados, reutilizables y pueden mantener un vuelo controlado, ya sea directamente por un usuario humano o por un programa automático de vuelo. Se pueden distinguir dos tipos principales de UAVs: a) *De ala fija*, que requieren un impulso inicial para despegar y dependen de la aerodinámica para sostener el vuelo y desplazarse en una dirección definida y b) *Multirrotores*, que como su nombre lo indica, son impulsados por varios motores y son capaces de despegar al instante del punto de partida e incluso mantenerse estables flotando en un punto fijo, así como desplazarse en cualquier dirección e incluso realizar movimientos acrobáticos. Debido a estas características es que son los más utilizados.

Actualmente existe una gran diversidad de modelos y precios de drones comerciales disponibles en el mercado; sin embargo, estos cuentan con funciones preestablecidas por el fabricante y por lo general, no es posible realizar modificaciones o agregar funciones al ser de arquitectura cerrada, por lo que no son adecuados para proyectos de investigación, donde ésta puede enfocarse a objetivos tan variados como establecer rutas automáticamente, modificar los parámetros de control de los motores, probar sistemas anticolidión, etc. El análisis documental muestra que, aunque no existe una plataforma estandarizada para este objetivo, hay varias opciones bajo el concepto open source para construir vehículos personalizados a partir de componentes individuales que se pueden adquirir por separado y posteriormente deben integrarse. Para realizar este proceso, es necesario conocer las diferentes partes que conforman a un drone y sus características, ya que existe una gran gama de opciones disponibles, tanto de hardware como de software.

Motores: A menos que se desee mover una carga útil (payload) muy grande, los motores típicamente son eléctricos y sin escobillas (Brushless DC motors ó BLDC). Estos motores deben ser ligeros, para no agregar peso a la estructura, de tamaño pequeño y alta velocidad y potencia. Debido a que las piezas polares se encuentran en el rotor y la armadura permanece fija, ofrecen un torque muy alto, necesario para elevar el vehículo y por lo tanto, requieren de una gran cantidad de corriente. Se especifican por una constante llamada KV, que indica la velocidad en vacío en Revoluciones Por Minuto que alcanza el motor por cada Volt aplicado a sus terminales. Para vehículos extremadamente pequeños, se utilizan motorreductores con escobillas de alta velocidad y bajo costo y voltaje.

ESC: (Electronic Speed Controller): es un dispositivo electrónico que toma señales de baja potencia de un controlador de vuelo y mediante una interfaz y dispositivos de potencia de salida, regula la velocidad y dirección de giro de los motores, así como otras funciones como el frenado dinámico a través de las 3 bobinas del estator del motor. El control se realiza mediante señales PWM (Pulse Width Modulation). La selección del ESC dependerá de la

¹ El Dr. Juan Anzures Marín es investigador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en la Ciudad de Morelia, Michoacán, México. juan.anzures@umich.mx

² El Dr. Carlos Alberto Ugalde Caballero es Profesor Titular en el departamento de Ingeniería Robótica de la Universidad Politécnica de Guanajuato, en la Ciudad de Cortazar, Guanajuato, México. cugalde@upgto.edu.mx

³ El M.I. Salvador Ramírez Zavala es investigador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en la Ciudad de Morelia, Michoacán, México. salvador.ramirez@umich.mx

cantidad de voltaje y corriente que se pretenda manejar en los motores y en su caso, de las funciones especiales que posea.

Propelas o hélices: Proporcionan la fuerza de empuje (*thrust*) a partir del movimiento rotativo del motor. Se especifican por dos parámetros geométricos: el diámetro o longitud (al girar trazará un círculo de radio igual; a mayor diámetro, mayor empuje) y el tamaño de paso (*pitch*) o distancia teórica lineal que la hélice avanza por cada revolución. Otro parámetro a considerar es el material del que están fabricadas y la dirección de giro, ya que su diseño es diferente.

Batería: Constituyen la parte más esencial para los UAVs. Usualmente se utilizan baterías de Litio-Polímero (*LiPo*), estas son baterías recargables de tecnología Li-ion con un polímero como electrolito. Son de peso reducido, pequeño tamaño y alta energía, necesaria para los altos requerimientos de los motores, aunque, además, debe proporcionar energía al resto de los componentes. El voltaje de celda básica es de 3.7V, a la que se le denomina como *1S*. Una batería *2S* significa que contiene dos celdas conectadas en serie, sumando 7.4V y de igual manera, pueden ser *3S* ó hasta *6S* (22.2V). Se considera un voltaje mínimo de descarga por celda de 3.0 V, (*cut-off voltage*) por debajo del cual la batería puede sufrir daño parcial o total. De manera similar, existe un voltaje máximo de 4.2 V por celda al cual puede recargarse y por encima del cual, existe riesgo de incendio o daño. Es fácil ver entonces que los ciclos de carga y descarga deben ser cuidadosamente controlados. Por otro lado, la capacidad de la batería está dada en mAh, esta indica la corriente que puede extraerse teóricamente de la batería durante una hora antes de que se descargue al voltaje de cut-off. Esta capacidad está muy relacionada con el factor de descarga ó *C Rating* (Discharge Rate), que es la corriente máxima que se puede extraer de la batería. La corriente máxima estaría dada por el producto: *capacidad de la batería x C*. Este parámetro será importante al impulsar los motores a su máxima potencia. La elección de la batería dependerá del voltaje de los motores, la corriente máxima que estos demandan y el tiempo de vuelo deseado. Adicionalmente, existen diferentes conectores dependiendo de la capacidad de corriente que soporten, es importante entonces que la batería elegida sea adecuada al conector de energía del resto del sistema. Elegir la batería adecuada por lo regular significa equilibrar espacio y peso vs. tiempo de vuelo dada la potencia de los motores, que son los mayores consumidores.

Transmisor-receptor: Constituye el enlace de control a distancia o radio control (*RC*) entre el usuario y el UAV. Consta de un transmisor en tierra y un receptor de radio frecuencia a bordo del drone. Típicamente operan a una frecuencia de 2.4GHZ, aunque puede utilizarse otras como: 27 MHz, 72 MHz, etc. Físicamente, estos controles son los mismos que se utilizan en aeromodelismo y contienen una gran cantidad de funciones. En vehículos pequeños, se suele utilizar un enlace Wi-Fi de corto alcance a 2.4 MHz, de manera que se puede usar un dispositivo móvil como control remoto. En cualquier caso, el transmisor envía comandos desde tierra al controlador de vuelo para que este envíe señales al *ESC* y otros actuadores para que se realicen los movimientos deseados y en algunos casos, el enlace es bidireccional. Este componente es altamente importante, ya que en caso de que se pierda el enlace, el vehículo puede volar sin control y perderse o colisionar.

Telemetría: Son enlaces de radio adicionales, cuya función no es crítica, aunque sí importante, ya que permite al receptor a bordo enviar información útil de regreso a un transmisor y por lo tanto al usuario, tal como voltaje de la batería, corriente consumida, indicador de potencia de la señal de radio *RSSI* (Radio Signal Strength Indicator), temperatura, etc.

Armazón (Frame): Es el soporte para todos los componentes: receptor, motores, etc. e incluye los elementos para aterrizaje, protección de propelas, espacio para carga útil y otras funciones mecánicas. Constituye también el fuselaje del vehículo y le proporciona su desempeño aerodinámico. Debe poseer la fuerza suficiente para soportar vuelos repetidos de manera confiable y al mismo tiempo, ser ligero para maximizar el tiempo de vuelo. Existen algunas plataformas estandarizadas, como la F450, que puede obtenerse de diferentes proveedores y materiales de fabricación; también es posible encontrar una gran variedad de archivos para impresión 3D en internet, aunque debe tenerse cuidado de que exista espacio disponible para todos los componentes y que los motores puedan fijarse correctamente al armazón; esta información típicamente no está incluida y queda a la habilidad del integrador.

Controlador de vuelo (Flight Controller): Constituye el “cerebro” del vehículo y es hardware basado en microcomputadoras de gran velocidad de procesamiento y poder computacional, que contiene en su programa algoritmos de control, así como sensores internos que proporcionan información de la posición de la nave (Unidad de Medición Inercial o *IMU*). Su función general es leer la información de estos sensores y calcular señales de control hacia los *ESC* para que estos a su vez modifiquen la operación de los motores para, por ejemplo, mantener el rumbo, corregir la inclinación de la nave, avanzar en la dirección y velocidad establecidas, etc. Adicionalmente, puede tener interfaces para otros sensores y actuadores como *GPS* o servomotores. Es importante distinguir entre

dos tipos de controladores de vuelo: **FPV** (First Person View): para drones diseñados para que el piloto humano tenga una sensación de inmersión, recibiendo imágenes de la navegación desde una cámara como si estuviera montado dentro del dron; estos controladores se especializan en procesar video y llevar a cabo acciones rápidas y acrobáticas, siguiendo los movimientos del usuario. **Autopilot** o navegación autónoma: Son más apropiados para vuelos sin supervisión directa del usuario, donde éste programa una ruta de principio a fin, con posibles puntos intermedios (waypoints), y realizar acciones como captura de video, muestreo de información desde sensores y otras. En este caso, el controlador de vuelo es el responsable del despegue, seguimiento automático de rutas y tareas preprogramadas y finalmente, aterrizar, usualmente de regreso en el punto de partida. Existen varias opciones de hardware, incluyendo la plataforma arduino o incluso Raspberry Pi; sin embargo, para un control estable y confiable, es preferible emplear hardware diseñado específicamente para control de vuelo, debido a que incluyen funciones como redundancia en sensores y sistema de navegación e interfaces específicas para comunicaciones e integración de sensores, tales como: Pixhawk, CUAV V5, Cubepilot, Pixracer para autopilot ó CC3D, F7 y otros para FPV.

Firmware. Existen controladores de vuelo cuyo hardware soporta ambos tipos de controladores (**FPV** ó **Autopilot**); en este caso, deberá elegirse y descargarse un *firmware* adecuado. Para **FPV**, se utiliza *firmware* como: Betaflight, Cleanflight, dRonin, ó KISS. Para **Autopilot**, existen opciones como: Ardupilot (tal vez el más utilizado), PX4, libre pilot, iNAV ó Paparazzi; cada uno de ellos con sus ventajas o desventajas, siendo mayormente de uso libre. Existen también controladores de vuelo que solo aceptan un tipo de firmware, por lo que es sumamente importante conocer estas características antes de adquirirlo. De igual manera, algunos son más adecuados para UAVs de ala fija y otros serán más apropiados para multirrotores, pero es importante resaltar que independientemente de ello, siempre deben analizarse muy bien el hardware y el firmware del controlador de vuelo, para que sean adecuados a la aplicación deseada.

Como se puede ver, seleccionar componentes para el armado de un dron, significa considerar varios parámetros y características que se adapten al objetivo que se pretende con la investigación. En este sentido, existe una gran oferta de opciones, lo que lo hace aún más difícil la elección en la parte técnica; sin embargo, existen otros factores a considerar, como por ejemplo el costo, tiempos de entrega, restricciones a la importación e incluso algunas limitantes normativas; por ejemplo, en México, la Norma Oficial Mexicana NOM-107-SCT3-2019 establece límites para el peso, restricciones al vuelo por encima de personas y altura y alcance máximos de vuelo de un RPAS.

Metodología

Para la selección del dron apropiado a las necesidades particulares del trabajo de investigación, se propone el uso de una matriz de decisión. Esta es una herramienta que ayuda a elegir una de entre varias opciones y factores a considerar. Preferentemente, esta selección debe realizarse entre características comparables o similares, mediante la reducción de las opciones hasta lograr una sola decisión final, asignando un puntaje de acuerdo a la relevancia. La ventaja es que la decisión se toma a partir de un análisis lógico en lugar de ser intuitivo o subjetivo y el resultado se presenta visualmente en forma de tabla.

Los pasos que se tomaron para diseñar la matriz de decisión fueron los siguientes:

1. Identificar las opciones disponibles, viables para cumplir el objetivo y colocarlas como filas de la tabla.
2. Definir los criterios comunes a todas las opciones; como por ejemplo: costo, facilidad de adquisición, tiempo de entrega, etc. y colocarlos en columnas. Es importante señalar que, aunque no hay un límite, lo mejor es reducir al mínimo los criterios para evitar la complejidad innecesaria.
3. Establecer un peso ponderado de acuerdo a la relevancia que tenga cada criterio a considerar. El rango puede ser cualquiera, por ejemplo 1 = no relevante, 2 = medianamente relevante y 3 = Muy relevante. Estos pesos se determinan a partir de los recursos con los que se cuenta o con los objetivos de la investigación; por ejemplo, el costo puede ser lo más importante si se cuenta con un presupuesto reducido y tendrá el mayor peso o bien, si el presupuesto no está limitado pero los tiempos de entrega sí lo están, éstos serán los más relevantes y se les asignará el mayor peso (3 en este ejemplo).
4. Asignar una calificación al criterio de cada una de las opciones, por ejemplo, en escala de 1 a 5, donde 1 cumple poco con el criterio y 5 cumple completamente con el mismo.
5. Multiplicar cada calificación por el peso correspondiente y sumar el puntaje por fila (es decir, por cada opción). El cuadro 1 muestra un ejemplo:

Opciones	Costo (peso = 3, muy relevante)	Cumple con estándares (peso = 1, poco relevante)	Tiempo de entrega (Peso = 2, medianamente relevante)	PUNTUACIÓN
Opción 1	5	5	1	$(5*3)+(5*1)+(1*2) = 22$
Opción 2	2	5	5	$(2*3)+(5*1)+(5*2) = 21$

Cuadro 1. Matriz de decisión de ejemplo.

En este caso, la matriz se puede interpretar de la siguiente manera: la opción 1 es la mejor en costo y cumple con estándares necesarios, aunque el tiempo de entrega tiene la puntuación más baja posible, mientras que la opción 2 cumple medianamente con el factor de costo y cumple muy bien con estándares y tiempo de entrega; sin embargo, se observa en la puntuación que la opción 1 tuvo el puntaje más alto debido a que el factor costo es el de mayor peso para este caso en particular.

Se aplicó este método a la selección de componentes individuales tales como controladores de vuelo, motores, ESC, etc., debido a que, como ya se ha mencionado, las opciones deben poseer características comparables a fin de hacer una única selección final. Los criterios iniciales que se tomaron fueron que el drone tuviera un peso no mayor a 2 Kg para cumplir con la NOM-107-SCT3-2019 en cuanto la especificación del tamaño micro y que se pudiera interfazar con el software MATLAB y otros lenguajes de programación, además de que, en general, tuviera el menor costo posible, debido a restricciones presupuestales. También se buscó que en caso de colisión, se pudiera contar con un stock de refacciones o bien, que fuera posible imprimir las partes dañadas mediante una impresora 3D, lo anterior debido a que normalmente los drones colisionan inevitablemente por una u otra razón y esto puede ser más frecuente durante el trabajo de investigación, donde se deben realizar pruebas experimentales donde el resultado puede no ser el deseado o no se conoce totalmente. Finalmente, se decidió también que los componentes se pudieran conseguir en el mercado nacional para poder realizar la facturación y se contara con soporte y/o garantía.

Resultados

Para cada elemento, se utilizaron las matrices de decisión en una hoja de Excel, puntuando de acuerdo a las características. El diseño permite modificar los pesos o incluso las opciones en caso de ser necesario. El cuadro 2 muestra una de las matrices de decisión donde se eligió el tipo de drone a implementar, indicando los pesos para cada característica y la calificación por característica para cada opción. Puede verse que en este caso, se decidió utilizar una arquitectura multirrotor, dadas sus ventajas sobre el ala fija.

TIPO DE DRONE							
Pesos	3	3	2	2	3	2	
	Tamaño compacto	Costo bajo de fabricación	Maniobra bilidad	capacidad de carga	Facilidad para fabricarlo	Disponibilidad de materiales	PUNTAJE
Multirrotor	5	3	4	5	5	5	67
Ala fija	2	2	2	3	2	5	38

Cuadro 2. Matriz de decisión de tipo de drone

Finalmente, toda la información se compactó en una segunda hoja de Excel que toma automáticamente la información de la primera hoja y permite apreciar, de un solo vistazo, el resumen de la evaluación de las opciones y rápidamente encontrar la puntuación más alta. Es posible modificar los criterios y la puntuación en la primera hoja y toda la información se actualiza en esta vista general; esto permitió agregar o quitar criterios y/o opciones sin necesidad de reescribir o redimensionar la tabla. En la Figura 1 se muestra una parte de esta vista resumida, donde hay espacio para hasta 7 criterios diferentes (de la A a la G) y se agregó una columna para resumir con texto cómo se tomó la decisión para la puntuación más alta.

Criterios	Puntuación							Breve justificación de la puntuación
	Opción A	Opción B	Opción C	Opción D	Opción E	Opción F	Opción G	
MATERIAL DE IMPRESIÓN.	ABS	FLEXIBLE	FIBRA DE CARBONO	PLA	PETG	TPU	Nylon	El ABS es mas pesado, el flexible es d conseguir, la fibra es la mas resistente
	52	38	31	63	48	39	42	
TIPO DE DRONE	Multirrotor	Ala fija						El drone de ala fija es costoso y mas com; construir; se requiere mayor conocimient aerodinámica; el drone multirrotor e económico, facil de contruir y existi información sobre como realizar el di configuracion de los componentes electron
	67.00	38.00						
CONTROLADOR DE VUELO	CC3D	Arduino	Raspberry Pi	Cube Pilot	Pixhawk			El controlador de vuelo especializado es l opción, debido a que contiene ya sensores de control redundantes, así como fi adecuado.
	23.00	32.00	34.00	33.00	39.00			

Figura 1. Tabla resumen

En cuanto al armazón, en la información documental se encontró referencia a un drone que actualmente, al igual que su fabricante original, ya no se encuentra en el mercado. Este es el drone Iris de la desaparecida 3D robotics, el cual se diseñó con componentes que en la actualidad se pueden conseguir comercialmente, incluyendo el controlador pixhawk elegido en este trabajo, pues estaba orientado a un diseño open Source. La ventaja adicional de este drone es que la empresa liberó en 2014 de manera abierta y gratuita los archivos STL y parámetros para imprimir sus partes en una impresora 3D, además de que las impresiones han sido probadas y validadas, resultando 50% más ligeras que el diseño original. Esto permite modificar y personalizar el armazón de acuerdo a los requerimientos particulares así como utilizar diferentes componentes con la limitante de que puedan alojarse en el espacio disponible, es por ello que se imprimieron como prueba las partes en una impresora 3D Ender 3 Pro. En caso de colisión, será posible reemplazar la pieza o piezas dañadas. La Figura 2 muestra las partes impresas y el drone original, que pudo conseguirse para fines de comparación.



Figura 2. Armazón impreso en 3D comparado con el drone Iris original

Conclusiones

Los resultados descritos muestran que la matriz de decisión fué una herramienta apropiada para la selección de componentes y configuraciones de drones para investigación. Al utilizar componentes abiertos y controladores de

vuelo open source, así como una plataforma que puede imprimirse a partir de restricciones y objetivos particulares, se espera que sea posible realizar diferentes experimentos y pruebas y en caso de falla, de igual manera, será posible continuar con el trabajo simplemente reemplazando partes y componentes dañados en su caso, lo cual no sería posible con drones comerciales de alto costo y de arquitectura cerrada, donde un fallo de este tipo regularmente significa que el vehículo ya no puede utilizarse y por lo tanto, se detendría el trabajo de investigación. Así mismo, al describir los principales puntos a considerar en los componentes de un drone, se espera contribuir a facilitar su selección, en especial a quienes no poseen suficiente información o experiencia especializada en este campo. En cuanto a las limitaciones del proyecto, las principales que se presentaron son presupuestales, puesto que aunque ya se han identificado los componentes necesarios a un costo bajo o razonable, aún faltan por adquirir algunos componentes debido a la falta de presupuesto; sin embargo, se espera contar con ellos en el corto plazo para iniciar las primeras pruebas. También se recomienda considerar, además de las características técnicas, no perder de vista otros puntos relevantes como la disponibilidad en el mercado de componentes, tiempos de entrega y retrasos en la importación (si es el caso).

Referencias

- Del Caso, D. "Diseño, cálculo y fabricación con impresora 3D de un cuadricoptero Modular". Trabajo de fin de grado. 2016. Universidad de Zaragoza. Recuperado de internet: <https://zaguan.unizar.es/record/61117/files/TAZ-TFG-2016-4279.pdf>
- Grunewald, S. "3DRobotics Releases 3D Printable IRIS+ Drone Free on MyMiniFactory" Marzo 16, 2016. Recuperado de internet el 23 de septiembre de 2023. Dirección de internet: <https://3dprint.com/124508/3drobotics-iris-drone-mmf/>
- Omar, S. "Building Smart Drones with ESP8266 and Arduino Build exciting drones by leveraging the capabilities of Arduino and ESP8266". Recuperado de internet el 18 de septiembre de 2023. Packt Publishing, 2018. Recuperado de internet el 21 de septiembre de 2023. ISBN 978-1-78847-751-2.
- Quan, Q., Xunhua, D. y Shuai, W. "Multicopter Design and Control Practice. A Series Experiments based on MATLAB and Pixhawk". Springer, 2020. ISBN 978-981-15-3137-8 ISBN 978-981-15-3138-5 (eBook) <https://doi.org/10.1007/978-981-15-3138-5>.
- The Editors of Make. "Make: DIY Drone and Quadcopter Projects Maker Media, Inc. 2016.

Simulación Digital del Modelo en Espacio de Estado del Convertidor Reductor CD-CD utilizando Cálculo Simbólico Computacional

José Antonio Aquino Robles¹, Dra. Cecilia Fernández Nava²,
Dr. Leonel Germán Corona Ramírez³

Resumen—En este trabajo, se presenta el modelo matemático en su formato en variables de estado, del convertidor reductor de corriente directa a corriente directa, utilizando algebra simbólica computacional. Sí bien es cierto existe dentro de la literatura técnica una muy buena cantidad de trabajos relacionados al respecto. La gran mayoría de artículos relacionados hace dicho modelado y simulación utilizando paquetes computacionales basados en cálculo numérico computacional, sí consideramos que este concepto del cálculo numérico ha ido dejando su lugar a otro concepto de modelado y simulación, al ahora conocido como cálculo simbólico computacional o también llamado álgebra simbólica computacional, con las consabidas ventajas, de aprenderse mucho más rápido y teniendo éste último concepto menos partes ocultas, las cuales pueden ser más fácilmente entendibles con mucho menos programación y con ello dando más tiempo para el análisis y la comprensión en los estudiantes. Por tales hechos, este trabajo propone la utilización del algebra simbólica computacional, para su uso masivo en asignaturas como en este caso, la Electrónica de potencia o también en el modelado y simulación de sistemas o procesos y en la Ingeniería de control moderna. Finalmente se realiza la simulación del convertidor en cuestión con sus filtros tanto inductivo como capacitivo, cuyo transistor es accionado por medio de la técnica conocida como Modulación del ancho de pulso (MAP) con diferentes frecuencias y diferentes valores de ciclos de trabajo.

Palabras clave—Convertidor reductor, álgebra simbólica computacional, ciclo de trabajo, simulación digital, espacio de estado, fuente conmutada.

Introducción

Los convertidores actuales del tipo corriente directa (CD) a corriente directa (CD), son en su gran mayoría del tipo fuente conmutada o convertidores de modo switch como también se les llama y convierten una señal de entrada no regulada en una salida regulada. se utilizan muy ampliamente en la actualidad en todos y cada uno de los cargadores de teléfonos móviles, y demás aparatos que requieren alimentación en CD regulada y de baja tensión y que además recarguen baterías para su funcionamiento.

Además de ser usadas a nivel industrial en sistemas de comunicación, satélites, equipos de carga de baterías, inversores para sistemas interrumpibles de energía, alimentación para equipos de tracción, vehículos eléctricos infantiles, patines de tracción eléctrica, trenes, autos, industria aeroespacial, equipos de laboratorios clínicos, equipo médico etc.

Sí bien es cierto que nos limitaremos al análisis del convertidor reductor (buck), conviene mencionar que existen otros más que realizan otras funciones de conversión, como el convertidor elevador (boost), el convertidor reductor/elevador (buck-boost) y el convertidor puente.

Dado que la naturaleza de esta investigación es de carácter educativo, más que orden tecnológico o incluso científico. Consideraremos para efectos del modelado y simulación en álgebra computacional, asumir que los componentes son ideales (circuito sin pérdidas) y que su operación puede ser tanto en conducción continua, como discontinua, de acuerdo con Rashid (2004)

Por otro lado, y de acuerdo con, la utilidad práctica que se requiera del modelo, éste puede ser un modelo en espacio de estado del tipo no lineal, como también puede ser un modelo promedio o un modelo lineal, con la misma herramienta que también es conocida como variables de estado.

En el pasado cercano, se buscaba por todos los medios tener modelos lineales, para poder analizarlos con las herramientas tradicionales que se heredaron de la ingeniería de control clásica, como lo son las transformadas de Laplace y las gráficas de Bode, además de posibilitar su solución con los incipientes lenguajes computacionales de finales del siglo XX, donde obviamente había que tener conocimientos medianamente amplios en cuanto a programación.

Sin embargo, con el advenimiento de la ingeniería de control moderna, con sus bastas herramientas de síntesis y análisis, se pudo abordar el asunto de tratar con sistemas no lineales, sin tanto problema, salvo porque las soluciones

¹ José Antonio Aquino Robles alumno de posgrado de la Universitat Oberta de Catalunya. Docente de Ingeniería en Energía de la UPIITA IPN, Ciudad de México. jaquinor@uoc.edu y jaquinor@ipn.mx

² Dra. Cecilia Fernández Nava Profesora de Ingeniería Mecatrónica en la UPIITA IPN, Ciudad de México cfernandez_n@ipn.mx

³ Dr. Leonel Corona R. Profesor de Ingeniería Mecatrónica en la UPIITA IPN, Ciudad de México lcoronaramirez@hotmail.com

requerían por fuerza de un lenguaje computacional para modelar los sistemas y para obtener la simulación digital correspondiente. Por tal motivo en este trabajo se recurre al modelado en variables de estado para obtener el modelo no lineal del convertidor, considerando que con los otros dos modelos (el modelo promedio y el lineal) se obtienen precisiones menores a las de este, de acuerdo con Shaffer (2007).

Partiendo también con otras consideraciones, las fuentes conmutadas, que hoy son los modernos convertidores CD-CD, son dispositivos que tienen como misión principal, convertir la energía de entrada en CD en energía de salida, también en CD, aunque en otro nivel de tensión diferente al de la entrada y además, con la consigna de consumir lo mínimo en energía, para realizar su operación principal, esto muy contrastante a los antiguos convertidores de CD a CD conocidos como fuentes lineales, mismos que tenían una eficiencia bastante baja, (alrededor del 40 al 60%) comparadas con las actuales fuentes conmutadas que logran eficiencias del orden del 94 al 98%.

El valor medio de la tensión de salida se controla a un nivel fijo a pesar de que el voltaje de entrada o la carga de salida sean fluctuantes, para esto, el control ajusta la duración de los estados en encendido (on) y apagado (off), del interruptor de alta velocidad. (t_{on} y t_{off}).

Una forma de controlar la tensión de salida es empleando una frecuencia de conmutación constante (periodo constante $T_s = t_{on} + t_{off}$) y ajustando la duración de los instantes de encendido y apagado. este método se conoce como modulación del ancho del pulso, (PWM), de acuerdo con Sanhueza et al (2014)

Marco Teórico

Se ha optado, como se ha dicho por el modelado en espacio de estado, debido a las limitaciones que implica el modelado y la simulación con las herramientas del control clásico, ya que el tratamiento en el dominio de la frecuencia o de Laplace es propio para sistemas lineales e invariantes en el tiempo y con una sola entrada y una sola salida(SISO). Y aunque en nuestro caso, el de modelar el convertidor reductor CD-CD, tiene una sola entrada y una sola salida, la conmutación en el proceso de reducción de la tensión nos lleva a considerarlo un sistema no lineal. Así mismo, es necesario observar con el análisis de la simulación del modelo en espacio de estado; la respuesta tanto permanente como también la transitoria, y aunque las condiciones iniciales en nuestro caso pasan desapercibidas, en otros convertidores si deben tomarse en cuenta. Por lo que el análisis considerando el formato en espacio de estado es obligatorio en estos casos. de acuerdo con Aquino et al (2023a) Resumiendo, en la siguiente lista, las ventajas de modelar y simular en espacio de estado:

- Aplicable a sistemas lineales y no lineales
- Permite analizar sistemas de más de una entrada y más de una salida
- Pueden ser sistemas variantes o invariantes en el tiempo
- Las condiciones iniciales pueden ser diferentes de cero.
- Proporciona información de lo que pasa en el sistema.
- Resultados sencillos y elegantes.

Por tanto, el modelo en espacio de estado es un modelo matemático que representa el comportamiento dinámico de un sistema, en el cual se incluye la evolución de las variables.

En el caso específico del convertidor reductor, cuyo diagrama o circuito equivalente se muestra en la figura 1. Nos ayudamos con la dinámica de operación que rige el funcionamiento del convertidor.

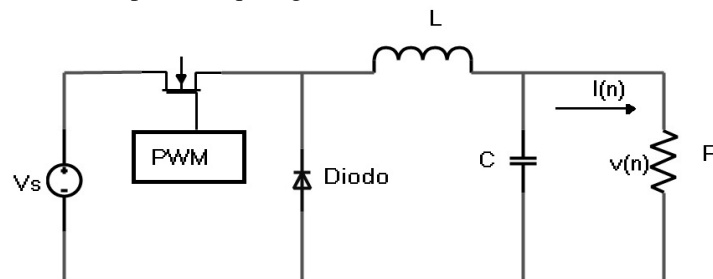


Figura 1 Circuito equivalente del convertidor reductor (Buck)

Modo 1. De acuerdo con Aquino et al (2023b), las variables de estado serán, la corriente en la inductancia (L) y la tensión en la capacitancia (C), por lo que la primera ecuación se desprende el modo 1, en donde el circuito se encuentra en estado de conducción, es decir, cuando el transistor permite la transferencia de voltaje de la fuente a la carga (t_{on}). Obsérvese que en este instante el diodo no interviene en la dinámica del proceso de transferencia, ver figura 2.

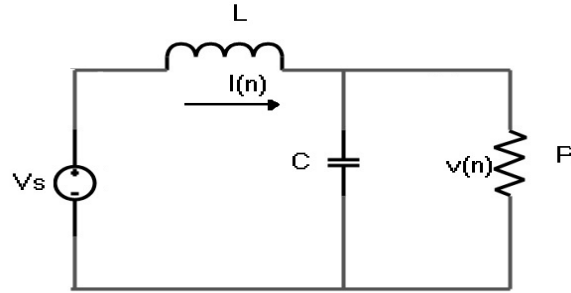


Figura 2. Circuito equivalente para el modo 1

Para este circuito equivalente corresponden la ecuación (1) para la corriente en la inductancia (L) y la ecuación (2) para la tensión en el capacitor.

$$V_s = L * \frac{di_L}{dt} + V_c \dots \dots \dots (1)$$

$$i = C * \frac{dV_c}{dt} + \frac{V_c}{R} \dots \dots \dots (2)$$

Modo 2. En el tiempo en el que el interruptor queda abierto por el control PWM, el circuito equivalente cambia al de la figura 3. En este instante la inductancia queda desconectada de la fuente y la energía que almaceno la disipa en la capacitancia, por lo que la ecuación (1) cambia y queda descrita por la ecuación (3)

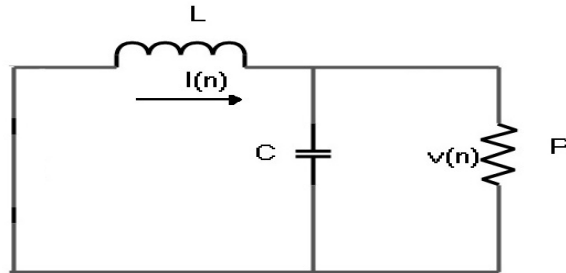


Figura 3. Circuito equivalente para el modo 2.

$$0 = L * \frac{di_L}{dt} + V_c \dots \dots \dots (3)$$

Mientras la ecuación (2) permanece sin cambios, las ecuaciones (1) y (3) se combinan por la definición del control binario del PWM con la tensión de entrada, mediante la siguiente expresión

$$u = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq t_{on} \\ 0, & t_{on} \leq t \leq T \end{cases} \dots \dots \dots (4)$$

Con la ecuación anterior. Las ecuaciones (1) y (3) pueden combinarse así:

$$u * V_s = L * \frac{di_L}{dt} + V_c \dots \dots \dots (5)$$

Dejando las ecuaciones en función de las derivadas y siendo estas las variables de estado, las ecuaciones que rigen la dinámica del convertidor son:

$$\frac{di_L}{dt} = -\frac{V_c}{L} + \frac{V_s}{L} * u \dots \dots \dots (6)$$

$$\frac{dV_c}{dt} = \frac{1}{C} * i - \frac{1}{R * C} * V_c \dots \dots \dots (7)$$

Finalmente, las ecuaciones (6) y (7) nos dan la estructura de las ecuaciones en espacio de estado, mismas que pueden ser representadas de forma matricial en la ecuación (8)

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_L \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} i_L \\ V_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{V_s}{L} \\ 0 \end{bmatrix} * u \dots \dots \dots (8)$$

Algo sí es necesario aclarar oportunamente, plasmar el formato en lenguaje matricial no implica necesariamente tener resultados de la posible programación de dicho modelo. Es necesario conocer a cerca de la dinámica del funcionamiento del convertidor o sistema a controlar y con ello, es posible lograr una representación más cercana a la realidad, Aquino et al (2019)

El modelo es programado para su simulación digital en Mathcad prime express. Con los siguientes datos que de acuerdo con la figura 1, tenemos que la tensión de entrada $V_s= 9$ volts, la inductancia $L= 15$ mH, la Capacitancia $C=200 \mu$ F, la resistencia de carga $R= 12 \Omega$, el ciclo de trabajo $D=0.5$.

La teoría nos dice que el porcentaje de tiempo de encendido del transistor accionado por el PWM, nos dará un nivel de tensión proporcional al ciclo de trabajo. Así que en el caso anterior la tensión de salida es de 4.5 volts. Pero el modelado y la simulación nos da no solo esa información, nos descubre el periodo transitorio que puede provocar la energía almacenada en la inductancia. El cual debe tomarse en cuenta al alimentar cargas que no soporten sobretensiones como las que se apreciarán más adelante en la sección de resultados, Aquino et al (2020)

La señal diente de sierra, misma que es necesaria para llevar a cabo la conmutación en la caja con el nombre PWM y la forma como se programa puede verse en la figura 4.

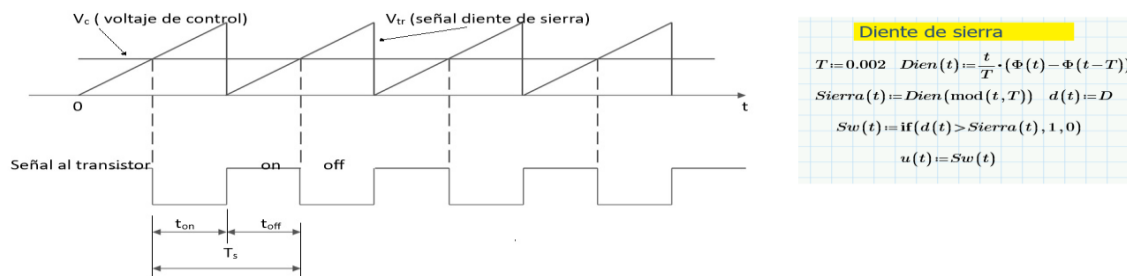


Figura 4. Señal diente de sierra y su programación

Posteriormente a ello se definen los tiempos y los intervalos que definen la precisión del modelo a resolver y posteriormente se crea el modelo de forma matricial, con sus condiciones iniciales igual a cero, aunque podrían ser diferentes a cero. y finalmente para obtener las salidas, definimos que la primera corresponde a la corriente en la inductancia y la otra a la tensión de salida o del capacitor, que al estar en paralelo con la resistencia de carga, nos da la tensión en esta última. ver figura 5

$$\begin{aligned}
 &nf:=2000 \quad n:=0..nf \quad tf:=0.1 \\
 &t:=0, \frac{tf}{nf}..tf \\
 &P(t,x)=\begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & -1 \\ C & R \cdot C \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_0 \\ x_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Vs \\ L \\ 0 \end{bmatrix} \cdot u(t) \quad CI:=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad Z:=\text{rkfixed}(CI,0,tf,nf,P) \quad I(n):=Z_{n,1} \quad v(n):=Z_{n,2}
 \end{aligned}$$

Figura 5, Modelo programado y sus condiciones para su trazado posterior.

Resultados

Finalmente, y una vez programado el modelo y realizadas las simulaciones correspondientes, tenemos como resultado la tensión de salida graficada, la cual puede verse en la figura 6. En dicha figura puede notarse que al inicio la tensión tiene un máximo sobre impulso que lleva a la señal a alcanzar los 6 volts y aunque posteriormente se estabiliza en aproximadamente 4.5 volts, el graficado de la tensión nos permite ver su comportamiento respecto al tiempo desde el inicio del proceso, cosa que el modelado con función de transferencia con transformada de Laplace, no es capaz de darnos.

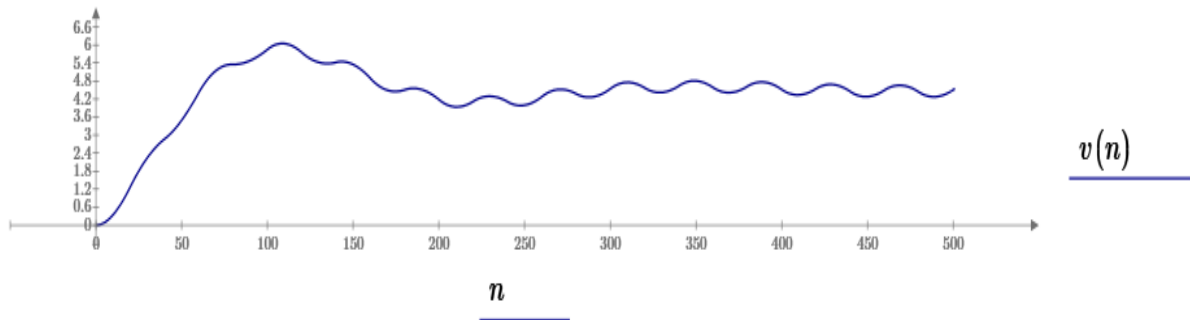


Figura 6. Tensión de salida graficada respecto al tiempo.

Por otro lado, tenemos también la gráfica de la intensidad que transita por la inductancia que es la otra variable de estado, la cual se comporta de una forma similar a la de la tensión, pero con una oscilación un tanto más rígida, ver figura 7.

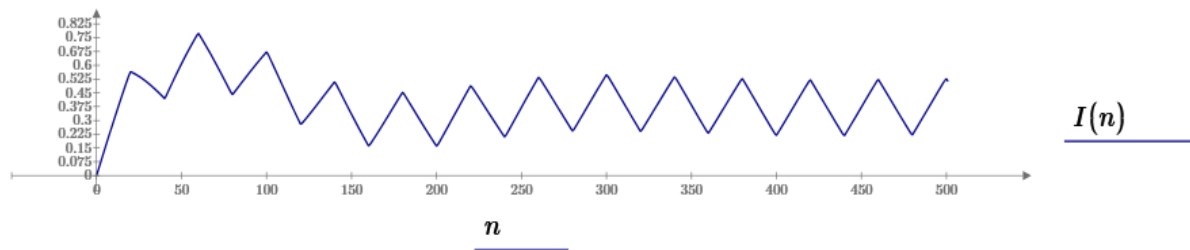


Figura 7. Intensidad en la inductancia

Comentarios Finales

En este trabajo se enfatiza la ventaja competitiva que tiene el modelado y la simulación utilizando el formato de Variables de Estado o también conocido como Espacio de Estado. Si bien es cierto se sigue enseñando y tiene su lugar propio la transformada de Laplace y los sistemas en el dominio complejo y sus herramientas útiles. En casos como el que describimos en este trabajo, requiere del uso de las variables de estado. No solo porque es un sistema que tiene no linealidades, sino porque se requiere también ver la respuesta en el tiempo y no solo en estado permanente.

Por lo que al ver graficadas tanto la tensión como la intensidad. Podemos notar lo ventajoso de tener esta herramienta de la matemática computacional.

Y con respecto a esto último, en las gráficas de la figura 6, podemos notar un máximo sobre impulso al inicio de la gráfica, el cual, de haber tenido una carga o resistencia que no pudiera soportar esa sobretensión terminaría dañada, por tal motivo conviene mucho conocer la dinámica del sistema con un modelo completo, como el que tenemos en este artículo que resulta mucho más ventajoso que los modelos promedio o el modelo lineal, los cuales no grafican esas oscilaciones que podemos notar tanto en la figura 6, como en la figura 7. Por tanto, es mucho mejor tener los modelos más precisos, aunque sean los más complejos para tener mejores resultados.

Referencias

Aquino R. J. A., Fernández N. C. Corona R. L.G. (2023a) Simulación digital del desempeño en velocidad del motor serie con cambio súbito de carga. Congreso Academia Journals Sede Instituto Tecnológico Nacional de México sede Tláhuac. Septiembre 2023.

Aquino R. J. A., Fernández N. C. Corona R. L.G. (2023b) Un tema poco abordado en la docencia de circuitos eléctricos – el análisis en variables de estado- Congreso Academia Journals Sede Instituto Tecnológico Nacional de México sede Tláhuac. Septiembre 2023.

Aquino R. J. A., Fernández N. C. Corona R. L.G. (2019) Modelado y simulación de la operación del motor serie con diferentes tensiones de alimentación. Revista Pistas Educativas ISSN: 2448-847X. Publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México, dependiente de la SEP, a través del Instituto Tecnológico de Celaya

Aquino R. J. A., Fernández N. C. Corona R. L.G. (2020) “Simulación de la maquina en excitación independiente con diferentes tensiones de alimentación, del tipo industrial” Revista Pistas Educativas ISSN: 2448-847X. Publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México, dependiente de la SEP, a través del Instituto Tecnológico de Celaya.

Rashid M. (2004) Electrónica de potencia, Circuitos dispositivos y aplicaciones México 3ª edición Prentice Hall.

Sanhueza H.R. Guirriman C.R. (2014) Electrónica de potencia. Libro de Texto de la Escuela Universitaria de Ingeniería Eléctrica-Electrónica. Universidad de Tarapacá. Arica -República Chilena.

Shaffer R. (2007) Fundamentals of power electronics with Matlab libro, ISBN 1-58450-852-3 editorial Charles River Media. Thomson and Learning, Boston Massachusetts Estados Unidos.

Diseño de un Plan Estratégico en una Industria de Servicios Gráficos en Paraguay

Lia Araujo-Benitez¹, Andres Silguero-Serratti², Javier García³, Andrea Insfran-Rivarola⁴

Resumen—Según datos oficiales del Ministerio de Industria y Comercio de Paraguay, las pequeñas y medianas empresas representan 60% de la fuerza laboral del país. No obstante, estas organizaciones cuentan con varias dificultades, entre ellas, la falta de planificación estratégica en las empresas. De esta manera, el plan propuesto se basa en un análisis exhaustivo del entorno interno y externo a la empresa basado en el resultado de entrevistas y aplicación de encuestas a miembros de un equipo multidisciplinario. Asimismo, se proponen diversas estrategias como: alianzas con emprendedores, desarrollo de productos sustitutos al plástico y formación en servicios gráficos personalizados. Se recomienda realizar un análisis de factibilidad para la implementación de nuevas tecnologías, así como el establecimiento de KPIs. Finalmente, el plan estratégico propuesto busca fortalecer la posición competitiva de la empresa, mejorar la eficiencia y calidad de los servicios, promover la sostenibilidad y establecer relaciones sólidas con proveedores y clientes.

Palabras clave—planificación estratégica, servicios gráficos, mejora continua.

Introducción

Hoy en día, las organizaciones de diferentes sectores se encuentran en un entorno de constantes cambios. Es por eso que surge la premisa de elaborar una planificación estratégica que pueda ayudar a la organización a alcanzar sus objetivos mediante la maximización de sus propios recursos humanos y materiales, así como proveer a la misma una orientación acerca del camino que deben seguir en el futuro en respuesta a los cambios y requerimientos impuestos por la visión de la organización (La industria de la impresión se enfrenta a cambios profundos a raíz de la pandemia, 2021), (Mintzberg, 2007), (Robbins, 2009).

Por su parte, las imprentas están experimentando transformaciones significativas a nivel global, impulsadas por factores externos como la creciente importancia de la digitalización en la oferta de servicios y productos (La adaptación al cambio será clave para la industria de la impresión, 2020). Esto está generando la necesidad de administrar los recursos y las actividades de manera más eficiente para mantenerse relevantes en el mercado mediante enfoques innovadores (López y Guerra, 2016). Sin una estrategia clara y bien definida que oriente su rumbo, eventualmente quedarán expuestas las debilidades en la gestión de la organización (David, 2013). De esta manera, el presente trabajo tiene como objetivo diseñar y proponer un plan estratégico para una industria paraguaya del rubro de servicios gráficos, de origen familiar, que esté orientado en la elaboración de productos para cumplir las expectativas del cliente.

Metodología

Para la elaboración de este trabajo, se realizó una revisión bibliográfica acerca de conceptos claves relacionados a la planificación estratégica. Luego, se realizó un análisis exhaustivo del entorno interno y externo a la empresa basado en el resultado de entrevistas y aplicación de encuestas a miembros de un equipo multidisciplinario de la industria gráfica. Esto incluyó la reestructuración a nivel organizacional mediante un nuevo organigrama y una propuesta de implementación de la estrategia alineada con los nuevos objetivos de la organización, no así la implementación del plan estratégico propuesto. Así, se elaboraron la visión, misión y valores de la empresa, se realizó el análisis de los factores mediante el análisis FODA y con base en ello se elaboraron las estrategias. También se realizaron las matrices EFE y EFI, así como la matriz de riesgos y oportunidades. Finalmente, se realizó el análisis de la industria de Michael Porter. Por último, se presentaron los resultados, conclusiones y se realizaron las recomendaciones correspondientes.

¹ Lia Araujo-Benitez es egresada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay. laraujo@funa.edu.py

² Andres Silguero-Serratti es egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay. andysserratti@funa.edu.py

³ Javier García es Docente del Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay. javiergarcia@funa.edu.py

⁴ Andrea Insfran-Rivarola es Docente Investigadora del Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay. andrea.insfran@ing.una.py (autor correspondiente)

Resultados

La reestructuración de la organización se plasmó el organigrama actual y la propuesta, que se observa en la Figura 1. Por consiguiente, durante el proceso de recolección de datos en la organización, se observó que la estructura de la misma se encontraba dividida en gerencias y áreas específicas de trabajo. En algunos sectores, las actividades y procesos estaban claramente definidos, mientras que, en otras áreas, el trabajo era multidisciplinario, involucrando a diversos colaboradores en tareas compartidas. Por tanto, se buscó un organigrama más funcional, en donde quede explícita la división y asignación adecuada de funciones y responsabilidades.

Por su parte, con el objetivo de analizar, las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, se elaboró la matriz FODA, que se representa en la Figura 2. Asimismo, se elaboraron las matrices EFE/EFI y en el análisis de los factores externos se denotó ciertos factores que no son contemplados o aprovechados en la organización y que podrían formar parte de una estrategia crucial para la el desarrollo de la misma, Primeramente, se tiene la oportunidad “Posibilidad de migración a insumos y materia prima eco amigables de origen nacional”, en segundo lugar “Red de Mipymes” y, por último, “Facilidad de obtención de créditos gracias a la ley 4457/18 para Mipymes”, según la calificación obtenida según metodología aplicada.

Asimismo, en el análisis de respuesta ante las amenazas, se evidenció que la organización cuenta con una respuesta deficiente ante “Altos costos de materia prima importada”, “Riesgo de obsolescencia en las máquinas de producción” y “Regulación de requisitos sanitarios” debido a que no se contemplan en ningún plan gestiones relacionadas a estas amenazas.

En relación a los factores externos, la organización se destaca en diversos aspectos. Se identifican oportunidades como “la amplia demanda de emprendedores”, donde la organización ha sabido aprovechar de manera superior a la media un factor importante en la industria. Además, “El auge de la reducción del plástico” y “La disponibilidad de una gran cantidad de mano de obra joven en el mercado” representan oportunidades que la organización ha reconocido y está aprovechando. Sin embargo, es necesario destacar que no se han desarrollado estrategias altamente eficientes para abordar las amenazas presentes en el entorno. Por tanto, es fundamental evaluar y desarrollar estrategias efectivas que permitan enfrentar de manera más sólida los desafíos externos y maximizar el aprovechamiento de las oportunidades identificadas.

En la asignación de calificaciones para los factores internos en la matriz EFI, se clasificaron a las fortalezas en menores o mayores de acuerdo al nivel de madurez en que se encuentran integradas en la gestión de la organización por medio de las estrategias actualmente implementadas.

Como resultado del análisis, las fortalezas de mayor impacto y que cuentan con un mayor peso tanto para la organización como para la industria de servicios gráficos son: “Atención personalizada” y “Entrega en puerta”. Mismo así durante la calificación de los factores internos en relación a las debilidades a las cuales presenta la organización se tiene que la “Alta rotación de personal en áreas de diseño gráfico y comercial” y la “Alta generación de reprocesos”, son las debilidades importantes debido a que los mismos repercuten dentro de los costos de producción, y otros costos asociados a la línea.

Para los resultados obtenidos en el análisis de los factores internos y externos en las matrices presentadas, se tuvo como resultado de la matriz EFE un valor de 2.05 frente al resultado de la matriz EFI con valor de 2.7, donde teniendo en cuenta el valor promedio para el estudio de 2.5, tenemos que la respuesta de la organización ante los factores externos es deficiente en relación a los internos. No obstante, la elección de trabajar con los factores internos para la elaboración de las estrategias podría generar mayor valor agregado, sin descuidar los factores externos. Por esta razón, estos factores deberían de ser incluidos en el proceso de análisis y planteamiento estratégico de la organización.

Conforme con la matriz de riesgos y oportunidades elaborada, se tiene como resultado que los riesgos a ser mitigados se encuentran dentro del 45.7%. De la misma manera, se tiene que los riesgos a ser evitados en lo posible abarcan el 34,3% del total de los factores estudiados. Puesto que de los riesgos clasificados como de alto impacto deberán ser contemplados en el análisis estratégico, totalizando la cantidad de 12 factores. En la Figura 3 se puede observar la distribución de los factores de acuerdo al impacto de los riesgos, así como se encuentran los riesgos en alto grado de impacto.

En este sentido, existe una mayor participación de los factores externos en lo que respecta a la estructura de los riesgos de alto impacto, a pesar de los resultados de la matriz de riesgos y oportunidades, por tanto, es crucial prestar especial atención a las fortalezas F2, F3, F6 y a la oportunidad O7, ya que han sido calificadas de manera crítica y tienen un impacto significativo.

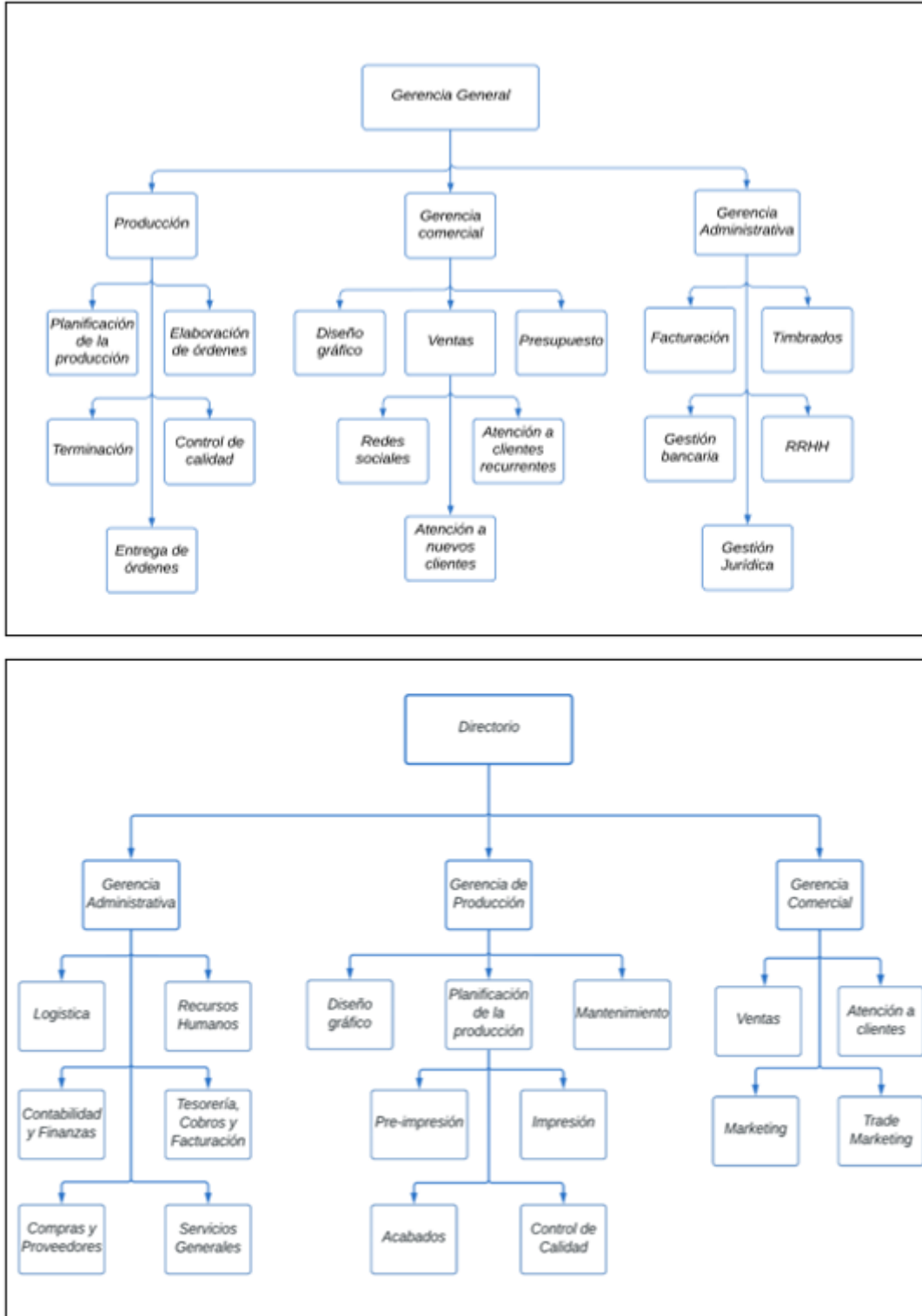


Figura 1. Organigrama actual vs organigrama propuesto. Elaboración propia

<p>Matriz de Factores y Estrategias FODA</p>	<p>Fortalezas: F1: Experiencia en el rubro, Avanzado 5 años de experiencia F2: Atención personalizada F3: Elaboración de productos personalizados con calidad F4: Promueven la inclusión laboral y fuente de primer empleo F5: Sistema de entrenamientos robusto F6: Presencia de la marca en redes sociales F7: Estructura de departamentalización bien definida F8: Trabajos realizados con base a una planificación F9: Confianza en el servicio prestado F10: Entrega en puerta</p>	<p>Debilidades: D1: Alta rotación de personal en áreas de diseño gráfico y comercial D2: Salarios poco competitivos D3: Alta generación de reprocesos D4: Página web desactualizada D5: Necesidad de nuevas tecnologías (maquinarias) D6: Retrasos en tiempos de entregas D7: Carencia de un canal de servicio postventa D8: Falta de sistematización y generación de conocimiento a consecuencia de la transición de la segunda generación D9: Bajo desarrollo de nuevos proveedores D10: Carencia de un sistema de BPH</p>
<p>Oportunidades: O1: Auge de la reducción del plástico O2: Ley 5414/2015 reducción de uso de plásticos en comercios. O3: Cambio climático. O4: Gran cantidad de mano de obra joven en el mercado O5: Amplia demanda de emprendedores. O6: Posibilidad de migración a insumos y materia prima eco amigables de origen nacional O7: Alto desarrollo de promoción vía redes sociales O8: Red de Mipymes O9: Facilidad de obtención de créditos gracias a la ley 4457/18 para Mipymes</p>	<p>Estrategias Ofensivas: F1O5: Impulsar convenios con emprendedores, por medio de asesoramientos y utilidades (Packaging branding) F3O6: Desarrollar productos personalizados utilizando nuevos tipos de insumos y materia prima eco amigables F4O4: Promocionar programas de empleo en el área gráfica, mediante publicaciones en la SNPP. F5F2O4: Desarrollar un sistema de formación en servicios gráficos personalizados con foco al primer empleo F3O1: Ofrecer una cartera productos sustitutos al plástico como el packaging F6O7O8: Generar un plan de posicionamiento de marca como público objetivo la MiPymes y emprendedores F6O5: Diseñar nuevos productos con precios accesibles para el mercado de emprendedores F6O2: Elaborar un producto sustituto enfocado a la ley 5414/2015</p>	<p>Estrategias Adaptativas: D9O6: Desarrollar una red de nuevos proveedores de materia prima eco amigables nacionales. D7O7: Desarrollo del servicio de postventa D5O9: Aplicar a los beneficios en el sistema bancario para la inversión en nuevas tecnologías (FOGAPY) D3O8: Emplear la red MiPymes para acceder a un programa de consultoría de mejora de procesos. D4O7: Actualizar la página web y enlazar con las redes sociales</p>
<p>Amenazas: A1: Baja disponibilidad de materia prima nacional, la materia prima utilizada es importada A2: Altos costos de materia prima importada A3: Globalización y digitalización del mercado (bajo consumo de impresiones) A4: Guerra de precios por parte de la competencia A5: Riesgo de obsolescencia en las máquinas de producción. A6: Regulación de requisitos sanitarios</p>	<p>Estrategias Defensivas: F1F5A5: Capitalizar los conocimientos y experiencias de manera a adecuar los procedimientos con las nuevas tendencias de servicios gráficos. F3F10A4: Asegurar la fidelidad del cliente con el cumplimiento de sus expectativas F6A1A2: Desarrollar proveedores de materia prima nacional F1A3: Elaborar nuevas líneas de productos para otros mercados. F9A6: Regularizar los requisitos de la INAN para los productos existentes</p>	<p>Estrategias de Supervivencia: D9A1: Implementación de I+D para reemplazo de materia prima importada D5A5: Análisis de factibilidad para la renovación de máquinas y la implementación de nuevas tecnologías D10A6: Generar un sistema de inocuidad alimentaria robusta para la elaboración de productos de la línea alimentaria D9A2: Generar una red nuevos proveedores locales teniendo en cuenta I+D</p>

Figura 2. Matriz FODA. Elaboración propia



Figura 3. Riesgos y oportunidades por grado de impacto y Riesgos de alto impacto según fuente.
Elaboración propia

En cuanto al análisis de las cinco fuerzas de Porter, el resultado sugirió que la industria de la impresión gráfica en Paraguay es altamente competitiva, con una presión significativa de la amenaza de nuevos competidores y la competencia entre empresas ya establecidas. Sin embargo, la imprenta cuenta con algunas ventajas; como la lealtad de los clientes existentes, una base sólida de conocimientos especializados en el sector y una posición geográfica estratégica.

Para mantener su posición competitiva, la imprenta deberá centrarse en la mejora continua de sus productos y servicios, la personalización y adaptación a las necesidades del cliente, la inversión en tecnología avanzada y sostenible además de la comunicación cercana con los clientes para garantizar su satisfacción a largo plazo.

En cuanto a la Misión de la organización, se sugiere el siguiente enunciado: “Somos el servicio gráfico personalizado, ágil y confiable que brinda soluciones mediante un equipo capacitado y comprometido, fortaleciendo los lazos de colaboración con nuestros clientes y proveedores”. Por su parte, con relación a la Visión se propone: “Ser la empresa de servicios gráficos de referencia en el mercado local, reconocidos por la calidad, la innovación, la profesionalidad y la pasión en nuestros productos”. En cuanto a los valores de la propuesta, se citan a continuación:

Calidad: Estamos comprometidos en ofrecer siempre soluciones gráficas de alta calidad que superen las expectativas de nuestros clientes.

Compromiso: Somos una empresa dedicada a nuestros clientes, trabajando en estrecha colaboración para comprender sus necesidades y brindar soluciones personalizadas.

Innovación: Generamos nuevas soluciones para el cliente, buscando producir más con menos recursos.

Orientación al resultado: Nos enfocamos en cumplir nuestros compromisos y en ofrecer soluciones.

Finalmente, de los resultados obtenidos en la utilización de las distintas herramientas de gestión, se mencionan los factores que presentaron una recurrencia dentro de las distintas matrices. A partir de estos factores, se determinaron las bases para las estrategias a ser diseñadas en acompañamiento de la Matriz FODA y fueron complementadas con los resultados de las cinco fuerzas de Porter para una futura implementación. Así, la Estrategia 1 se basó en establecer convenios con emprendedores, brindando servicios de asesoramiento y branding para diseño de packaging personalizado. Las acciones clave incluyeron ofrecer asesoramiento experto, diseño de branding, producción de packaging, alianzas estratégicas y promoción en medios digitales. Esta estrategia consideró aprovechar la creciente tendencia de emprendimientos, proporcionando soluciones completas y de calidad.

La Estrategia 2 se basó en desarrollar productos sustitutos al plástico, como el packaging biodegradable y compostable. Las acciones clave incluyeron ofrecer variedad de opciones sostenibles, brindar asesoramiento y diseño personalizado, establecer alianzas estratégicas con proveedores y fabricantes, y promocionar en medios digitales y eventos. Esta estrategia buscó aprovechar la conciencia ambiental y la demanda por alternativas sostenibles al plástico. Su implementación permitiría diferenciarse, fortalecer la imagen como empresa sostenible y atraer a consumidores preocupados por el medio ambiente. Además, contribuiría a la reducción del uso de plásticos y fomentaría prácticas más sostenibles en la industria del packaging.

La Estrategia 3 se enfocó en desarrollar un sistema de formación en servicios gráficos con enfoque en el primer empleo. Las acciones clave incluyeron establecer colaboraciones con instituciones educativas, diseñar un programa de formación integral, promover la oportunidad de primer empleo y fomentar el desarrollo de habilidades y oportunidades. Esta estrategia se basó en proporcionar capacitación y experiencia práctica a jóvenes interesados en la industria de los servicios gráficos, mejorando la calidad de los servicios de la empresa y posicionándose como socialmente responsable.

La Estrategia 4 se basó en realizar un análisis de factibilidad para la renovación de máquinas e implementación de nuevas tecnologías en la empresa de servicios gráficos. Las acciones clave incluyeron evaluar las

máquinas y tecnologías actuales, desarrollar un plan de acción, acceder a financiamiento, y ofrecer capacitación y formación a los empleados. Esto permitiría ofrecer soluciones más avanzadas y de mayor calidad, generando mayor satisfacción y retención de clientes, así como ahorros de costos a largo plazo mediante una mayor eficiencia operativa.

La Estrategia 5 consistió en impulsar el desarrollo de proveedores de materia prima nacional en la empresa de servicios gráficos. Las acciones clave incluyeron evaluar la oferta de materias primas nacionales, establecer relaciones comerciales a largo plazo, promover la calidad y origen de los materiales, y beneficiarse de la trazabilidad y responsabilidad compartida. El objetivo fue fortalecer el vínculo con los proveedores locales, reducir costos y limitaciones en la adquisición de materiales, y mejorar la calidad de los productos finales.

Conclusiones

El desarrollo de esta tesis ha permitido el diseño de un plan estratégico sólido para la empresa nacional de servicios gráficos. A través del análisis de las cinco fuerzas de Porter, se identificaron los desafíos y oportunidades presentes en la industria de la impresión gráfica en Paraguay. A pesar de la alta competitividad, la organización cuenta con ventajas competitivas como la lealtad de los clientes existentes y su posición geográfica estratégica.

Para mantener su posición competitiva, se propusieron estrategias como impulsar convenios con emprendedores para ofrecer asesoramientos y utilidades en packaging y branding, desarrollar una cartera de productos sustitutos al plástico en el packaging y establecer un sistema de formación en servicios gráficos personalizados con enfoque en el primer empleo.

Además, se recomendó realizar un análisis de factibilidad para la renovación de máquinas y la implementación de nuevas tecnologías, aprovechando la posibilidad de acceder a créditos blandos a través de la red MYPIMES. Esto permitirá mejorar la eficiencia y calidad de los servicios, mantenerse actualizado con las últimas tendencias tecnológicas y garantizar una posición competitiva en el mercado.

Con una visión clara y el compromiso de implementar las estrategias propuestas, la empresa estará preparada para enfrentar los desafíos futuros y lograr un éxito sostenible en el mercado de servicios gráficos.

Limitaciones

En este trabajo, se tuvo limitaciones de tiempo y la implementación quedó a cargo de la empresa en una fase posterior. Sin embargo, el análisis acerca de la planificación estratégica fue clave para el desarrollo de estrategias acorde a la necesidad de la empresa.

Recomendaciones

Es recomendable implementar un enfoque sistemático y continuo de seguimiento y evaluación de las estrategias propuestas. Para garantizar el éxito y la efectividad de las estrategias desarrolladas en el plan estratégico, es fundamental establecer un proceso de seguimiento y evaluación regular. Esto permitiría monitorear el progreso, identificar posibles desviaciones o ajustes necesarios, y realizar las correcciones pertinentes para mantener el rumbo hacia los objetivos establecidos.

Asimismo, se sugiere establecer indicadores clave de desempeño (KPIs) que reflejen los resultados esperados de cada estrategia. Estos KPIs deben ser medibles, realistas y relevantes para evaluar el impacto y el éxito de la implementación de cada estrategia. Con una monitorización adecuada, la empresa podría identificar rápidamente cualquier desviación y tomar las acciones correctivas necesarias para maximizar los beneficios obtenidos.

Además, mediante la recopilación de datos, la evaluación de resultados y la retroalimentación de los stakeholders internos y externos, la empresa podría identificar áreas de mejora, ajustar las estrategias y fortalecer su posición competitiva.

Referencias

- David, F. (2013). Conceptos de administración estratégica.
- Deming, W. E. (1989). Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis. Ediciones Díaz de Santos.
- Harvard Business Review (2008). Las cinco fuerzas competitivas.
- Henry Mintzberg (2007). Planificación estratégica.
- Juan Bravo Carrasco (2011). Gestión de Procesos.
- Krtalic, S. (1998). Pensamiento y práctica económica.
- "La industria de la impresión se enfrenta a cambios profundos a raíz de la pandemia" (2021, Abril). *Impresión Digital IT User*. Recuperado de: <https://impresiondigital.ituser.es/noticias-y-actualidad/2021/04/la-industria-de-la-impresion-se-enfrenta-a-cambios-profundos-a-raiz-de-la-pandemia>
- "La adaptación al cambio será clave para la industria de la impresión" (2020, Julio). *Impresión Digital IT User*. Recuperado de: <https://impresiondigital.ituser.es/noticias-y-actualidad/2020/07/la-adaptacion-al-cambio-sera-clave-para-la-industria-de-la-impresion>
- Navas López, & Guerra Martín, L. A. (2016). Fundamentos de dirección estratégica de la empresa.
- Norma ISO 9000:2015. Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabularios.
- R. Castellanos Cruz. (2007). Pensamiento, Herramientas y Acción.
- Stephen P. Robbins (2009). Comportamiento Organizacional.

Diferencias entre Manufactura Esbelta y Seis Sigmas

Ing. Melannie Anahí Ascacio Casas¹

Resumen—El objetivo de artículo es realizar un análisis sobre las diferencias entre manufactura esbelta y seis sigmas. Dicha búsqueda se ha llevado a cabo con base a revisiones teóricas de las diferencias que suelen surgir entre las distintas metodologías. La discusión sobre la diferencia entre ellas buscará ratificar que la metodología manufactura esbelta está más centrada en una estabilidad logística mientras que seis sigmas busca presentar datos precisos para mostrar y obtener una mejoría en los procesos.

Palabras clave—manufactura esbelta, seis sigmas, poka yoke, kaizen, metodologías.

Introducción

Actualmente las empresas requieren tener una mejor organización en base a distintos métodos sistemáticos. Una investigación como la presente demostrará con base a una metodología documental, las diferencias precisas entre manufactura esbelta y seis sigmas. Se busca lograr la diferenciación de una de la otra, para que sea factible el aplicarlas, dependiendo de la situación o problemática que presente la organización. Para llegar a la conclusión de esta propuesta se ha trasado el objetivo de: Analizar sobre las diferencias entre manufactura esbelta y seis sigmas.

Definición operativa de la metodología manufactura esbelta

La metodología manufactura esbelta se basa en distintas técnicas que desarrolló la empresa Toyota para poder mejorar y a la vez optimizar todos los procesos de las compañías buscando reducir los desperdicios. Si bien dicha metodología busca “mejorar rápidamente el sistema productivo, eliminando sistemáticamente los desperdicios existentes en la organización” (Torrubiano Galante 2007, p. 13). La metodología de manufactura esbelta consta de distintas técnicas las cuales fueron desarrolladas por Shingeo Shingo (1940) de Toyota.

Técnicas de la manufactura esbelta

Justo a tiempo (JIT): Mejor conocido como justo a tiempo en donde solo se debe de fabricar el producto necesario en las cantidades necesarias tendiendo sus inventarios al mínimo. A su vez el sistema tiene que ser basado en que el personal pueda poner en acción sus capacidades con una participación mejorando sus actividades. (Sugimori et al., 1977). Se enfoca en la reducción de desperdicios, abarca desde los inventarios hasta los tiempos, el almacenaje, los productos, etc.

Kaizen: Se concentra en la calidad para poder satisfacer a los clientes. La misión organizacional de kaizen se enfoca en la mejora continua de los productos o servicios que puedan satisfacer las necesidades de dichos clientes generando un retorno de las inversiones de los accionistas (Yenque D, García P y Ruez G 2002, pp. 62-65).

5's: La metodología de las 5's se orienta a procesos enfocados en la limpieza, la estandarización del área de trabajo y la organización, donde se pretende involucrar al personal para que se genere un cambio cultural laboral.

Poka yoke: La técnica fue implementada por Shingeo Shingo en Toyota, la cual se basa en prevenir la mayor cantidad posible de errores y defectos desde el origen de los procesos de manera que los defectos sean igual a cero, donde el objetivo es eliminar el error humano para que además de controlar, se pueda mejorar al instante. Si bien los poka yoke pueden ahorrar tiempo por medio del razonamiento dividido en dos líneas de actividades como la predicción del error estando en método de alerta y el eliminar o corregir los errores en el punto origen activando el método de control (Ochsenius Robinson 2016, pp. 85-86).

Kanban: Este término fue utilizado por Taichi Ohno, refiriéndose como un sistema visual utilizado en los procesos de producción donde se busca coordinar la cadena para entregar a tiempo cada material o producto cuando se necesite y donde se necesite, de manera que se evite el almacenamiento no necesario y la sobre producción, usando técnicas visuales para ejecutar las distintas actividades. (Sugimori et al., 1977).

A continuación, en la figura 1 se desglosarán las bases de las estructuras en que está basada la casa esbelta.

¹ Melannie Anahi Ascacio Casas Ing. es estudiante de maestría en la Universidad Autónoma de Nuevo León, anahi.ascacio@uanl.edu.mx

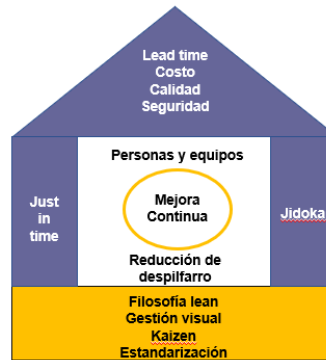


Figura 1. Casa manufactura esbelta. Elaboración propia.

La casa esbelta es una práctica para hacer visible las distintas técnicas que conlleva dicha metodología, en sus bases y cimientos se expresan el desarrollo y las estrategias. Los pilares se componen por las metodologías que sostendrán el sistema de la producción. En la parte del tejado se colocan conceptos de coste mínimo, calidad máxima y lead time. Mientras que en el corazón se coloca la mejora continua la cual es el motivo principal de la manufactura esbelta.

Definición operativa de la metodología seis sigmas

La metodología seis sigmas se utiliza meramente para gestionar la calidad en conjunto con herramientas de estadística buscando incrementar el desempeño de los procesos; este método es conocido por DMAMC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), el cual consta de seguir el ciclo PDCA (planear, hacer, comprobar y actuar) de calidad quien fue propuesto por Deming (Herrera Acosta y Fontalvo Herrera 2000, p. 4).

Enseguida en la siguiente figura se mostrará el ciclo de Deming.

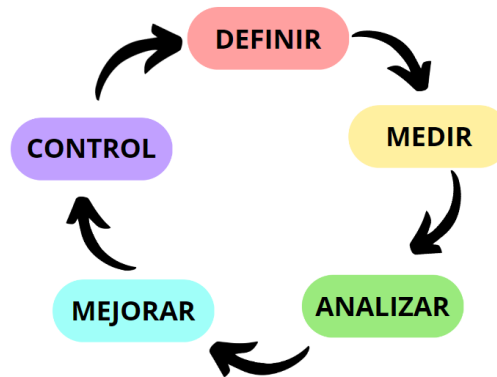


Figura 2. Ciclo de Deming. Elaboración propia.

Como podemos observar en la figura 2 este consta de diferentes etapas tales como:

1. Definición de dicho proyecto
2. Medir la información del proceso y de los clientes.
3. Analizar la información donde se utilizan herramientas estadísticas
4. Proponer soluciones para los problemas planteados
5. Dar seguimiento a las variables de los procesos generando un control establecido.

A continuación, podemos visualizar el ciclo PDCA.

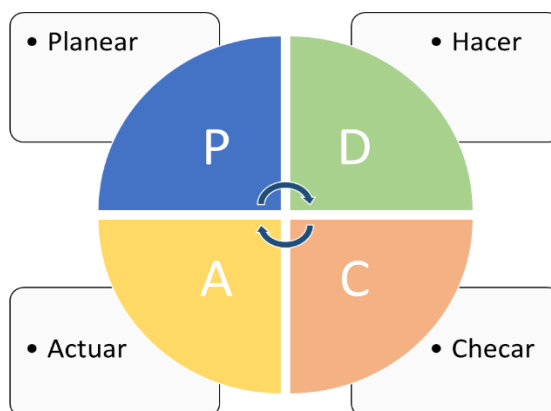


Figura 3. Ciclo PDCA. Elaboración propia.

El ciclo PDCA se compone de cuatro fases distintas:

1. Planificar (Plan): Se identifican las actividades para poder fijar los objetivos involucrando al personal.
2. Hacer (Do): El equipo actúa con pruebas piloto ejecutando los cambios planeados para revisar el funcionamiento de dicho plan.
3. Verificar (Check): Se realiza una verificación en un determinado periodo de prueba revisando que si funcionen correctamente.
4. Actuar (Act): En esta fase se revisan los resultados, si estos son correctos y cumplen con los objetivos previstos se implementarán de forma permanente y dentro de todos los sectores de la organización. En caso de que no tendrán que evaluarse nuevamente.

Las principales caracterizaciones con las que cuenta el método de seis sigmas:

1. La dirección que sigue la organización puesto que se centra en motivar y en establecer una estructura organizacional y abarca los entrenamientos de los pertenecientes a la misma empresa.
2. Cada resultado que se obtenga de dicha organización deberá de representarse en un lenguaje métrico para poder comprender dichos procesos.
3. Además de implementar estructuras DMAMC deberán de contar en la organización con profesionales expertos en áreas como el AMEF, el control de calidad, la función de la calidad y por supuesto en el DOE y los diseños experimentales (Herrera Acosta y Fontalvo Herrera 2000, p. 6)

Metodología

Procedimiento

Esta investigación está basada en una metodología cualitativa de forma documental, en donde se revisaron diversas fuentes bibliográficas que ayudarán a definir las características esenciales entre una y otra para poder presentar los resultados.

- 1.- Se indagaron artículos académicos con las palabras seis sigma y manufactura esbelta
2. Se leyeron los artículos para la confirmación del tema
- 3.- Se realizo un análisis exhaustivo sobre las distintas metodologías aplicadas.
- 4.- Se definió con base a la revisión de los artículos las distintas ventajas de dichas metodologías y las características abordadas de cada uno.

Resultados

Resultados

A pesar de que ambas metodologías proporcionan mejoras para las organizaciones tanto de mejora como de ahorro y reducción de desperdicios y que su coexistencia en las organizaciones es esencial se toma en cuenta que surgen con diferencias relevantes.

Si bien la metodología de manufactura esbelta impulsa a tener mejoras continuas en todos los empleados de dicha organización. Donde se toma un plazo de 1 hasta 3 meses para poder visualizar los beneficios. Esta tecnología se basa en procedimientos sencillos para aplicarse por cualquier integrante de la organización.

La metodología seis sigmas se enfoca principalmente en estadísticas y en indicadores claves de rendimiento. A diferencia de la metodología manufactura esbelta esta necesita de especialistas en el tema, tanto en calidad, como estadística, entre otras ciencias. Sus resultados suelen mostrarse en plazos de 2 hasta 6 meses dependiendo del proyecto a implementar.

Análisis

A continuación, se muestra la tabla 1 donde se visualizan los diferentes artículos relacionados para este trabajo y los temas que abordan.

Tabla 1. Revisión de literatura. Elaboración propia.

Título	Autores	Objetivo	Metodología	Características abordadas
Manufactura esbelta en una empresa de servicios	Urbina et al., 2021.	Elaboración de un manual de aplicación de las herramientas de calidad y productividad para la realización de los procesos internos para la prestación del servicio. Aplicando el uso de técnicas para estandarizar procesos.	Manufactura esbelta.	Mejora continua, cultura sustentada en el trabajo en equipo, contribución de los empleados-
Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?	Vargas et al., 2016.	Generar una mayor competitividad en las empresas mediante la mejora continua de un sistema de producción, optimizando la calidad, a través de la implementación de Lean Manufacturing.	Manufactura esbelta.	Calidad en los procesos de la organización, cultura sustentada en el trabajo en equipo.
Aplicación de manufactura esbelta para mejora del servicio al cliente	Fuentes et al., 2015.	Mejoramiento tradicional hacia mejoramiento esbelto, primer paso a lograr. Eliminación de desperdicios en términos de documentación llevada por los técnicos de tejido	Manufactura esbelta.	Reducción de desperdicios, mejora continua, contribución por parte de los empleados.
Metodología seis sigmas en la mejora de resultados de los proyectos de construcción	Yepes V. y Pellicer E, 2005.	Reducir significativamente el coste y el número de fallos de calidad en el diseño de los proyectos de construcción.	Seis sigmas.	Reducción de defectos, métricas de rendimiento en procesos.
Aplicación de la metodología six sigma para solucionar problemas de calidad en una empresa metalmeccánica	Pablo Zuluaga Arcila, 2016.	Diagnóstico de los problemas de calidad más representativos de la compañía metalmeccánica hasta la ejecución del plan de acción y posterior evaluación de resultados	Seis sigmas.	Métricas de rendimiento de la calidad, implementación de procesos robustos, reducción de defectos.
Aplicación de un programa seis sigmas para la mejora de calidad en una empresa de confecciones	Néstor Caicedo Solano, 2011.	Reducir la cantidad de producto defectuoso de Morral de Campaña, Frazada Térmica y Porta cantimplora en una empresa manufacturera Industrial y Comercial lo que se traduce en un aumento de capacidad de los procesos y en una reducción de los costos de no calidad	Seis sigmas.	Reducción de defectos, metas alcanzables, métricas de rendimientos en los procesos y la calidad de los procesos.

En la tabla 2 se visualizan las ventajas de la manufactura esbelta y las seis sigmas.

Tabla 2. Ventajas de las metodologías de la manufactura esbelta y seis sigmas. Elaboración propia.

Manufactura esbelta	<ul style="list-style-type: none">• Reducción de desperdicios.• Calidad en los procesos de la organización.• Suscita la mejora continua.• Agrandar las ganancias anuales de la organización.• Contribución y responsabilidad por parte de los empleados.• Ocurrencia de una cultura sustentada en el trabajo en equipo.
Seis sigmas	<ul style="list-style-type: none">• Métricas de medición de rendimientos en los procesos.• Métricas de medición de rendimientos de la calidad de la organización.• Aumentar la satisfacción de los clientes.• Reducción de tiempos de ciclo• Metas alcanzables a corto plazo.• Implementación de procesos robustos.• Reducción de defectos (3 defectos por millón de oportunidades).

Conclusiones

Analizar sobre las diferencias entre manufactura esbelta y seis sigmas resume que ambas son de vital importancia en una organización para alcanzar la mejora continua y la reducción de todo tipo de desperdicios, sin embargo, sus usos son distintos. Si bien la metodología en manufactura esbelta busca mejorar rápidamente el sistema productivo, las seis sigmas buscan gestionar la calidad en temas estadísticos manteniendo métricos en la organización; pero ambas con el mismo objetivo, aumentar la mejora continua en las organizaciones en base al trabajo en equipo

Referencias

Torrubiano Galante, J. "Lean Manufacturing". Madrid: CYAN Editores, 2007.

Herrera Acosta, R. J. y T.J. Fontalvo Herrera. "Seis Sigma Métodos Estadísticos y Sus Aplicaciones". B EUMED, 2000.

Yenque D, J., P, M. García y G. L. Ruez "Kaizen la mejora continua," *Revista Industrial Data*. Vol. 5 No.1, pág. 62–65, 2002.

Ochsenius Robinson, I. "Herramienta de control y mejora: aplicación de poka yoke al proceso de contratación pública." *Revista Auditoría Pública*. Vol. 68, pág. 83–94, 2016.

Y. Sugimori, K. Kusunoki, F. Cho and S. Uchikawa. "Toyota production system and Kanban system materialization of just-in time and respect-for-human system". *The International Journal of Production Research*. Vol. 15 Issue 6, pp. 553-564. 1977.

Urbina Morales, R. E., Galván Rodríguez, D. G., Guzman Prince, I., & Medina Alvarez, M. A. (2021). Manufactura esbelta en una empresa de servicios. *Revista Interdisciplinaria De Ingeniería Sustentable Y Desarrollo Social*, 1
Las cuatro etapas para la mejora continua en la organización | Conexión ESAN. (s. f.). <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/las-cuatro-etapas-para-la-mejora-continua-en-la-organizacion>

Rivero, N., & Luna Cardozo, M. (2008). PLAN ESTRATÉGICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE UN PRODUCTO DE UNA EMPRESA DE BEBIDAS. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 12(48). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212008000300009&lang=es

Zuluaga Arcila, P. (2016). APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE CALIDAD EN UNA EMPRESA METALMECANICA [Tesis de maestría]. Universidad de Medellín.

Yepes, V., Correa, C. L., & Pellicer, E. (2007). Factores determinantes y propuestas para la gestión de la innovación en las empresas constructoras. *Revista ingeniería de construcción*. Recuperado 11 de agosto de 2023, de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732007000100001&script=sci_abstract

Vargas Hernandez, J. G., Muratalla Bautista, G., & Jimenez Castillo, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias., 17, 153-174.

Notas Biográficas

La **Ing. Melannie Anahí Ascacio Casas** es ingeniera en una compañía metalmecánica ubicada en México en el área de manufactura. Tiene una técnica en manufactura y termino sus estudios de ingeniería mecánico administrador en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. La Ing. Se encuentra cursando su ultimo tetramestre en la maestría de logística y cadena de suministro, en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Evaluación de las Condiciones Actuales del Uso y Distribución del Agua, para la Implementación de un Sistema de Monitoreo Automático en las Cisternas Instaladas en el ITS Lerdo

Dra. Olga Lydia Avila López¹, M.C. Luis Amado Gonzalez Vargas², M.C. Noé Alvarado Tovar³, M.I.M. Eduardo Machado Diaz⁴, M.C. Silvia Adriana Vidaña Martínez⁵, M.I.M. Yesica Lizeth Rincón Gándara⁶, Ing. Luis Fernando Pérez Palomino⁷, Josué Iván Amaro Rangel⁸

Resumen— El agua es un recurso vital y no renovable, es por eso que es importante tener un control del consumo de la misma, manteniendo monitoreado en tiempo real el nivel de agua en las cisternas, se evitarán daños en los equipos de bombeo por cuestiones de escasez del líquido y se evita el desperdicio de energía eléctrica al quedarse trabajando las bombas en vacío.

Se realiza un análisis de ubicación, capacidad y condiciones de las cisternas del ITS de Lerdo, también se analiza la distribución de agua entre cisternas y hacia los edificios, se realiza un diagnóstico de estado de conexiones de equipo de bombeo, en donde se buscará implementar los paneles solares al sistema de alimentación y diseñar un diagrama para incorporar un microcontrolador que reciba la señal de un sensor del nivel de agua, se realizará una interfaz de usuario diseñada para monitorear el nivel de agua.

Palabras clave—cisternas, microcontroladores, paneles solares, equipo de bombeo, agua.

Introducción

Abastecimiento de agua en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Una de las problemáticas que se presentan en las instituciones educativas como lo es el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo es la falta de abastecimiento de agua, esto debido a la zona semi desértica en la que se encuentra en donde la distribución se realiza desde las presas que se encuentran en la región y que están ubicadas en zonas lejanas de la región. Estas presas también realizan la distribución de agua hacia las zonas de riego y actualmente de acuerdo a los estudios de CONAGUA de julio de 2023 tenían aproximadamente un 50% de capacidad. Esta deficiencia crea la problemática de un sistema de almacenaje confiable para tener un monitoreo y control del agua que se utiliza en la institución, ya que actualmente se tiene un sistema manual que no permite atender de forma rápida y oportuna la falta de líquido. Por ello, se plantea un sistema automático de monitoreo y control de cisternas con la finalidad de mejorar el rendimiento del sistema hidráulico del plantel educativo.

Importancia del abastecimiento de agua en zonas urbanas

El abastecimiento del agua en México actualmente afronta diferentes problemáticas debido a la sobre explotación de los mantos acuíferos, los problemas en los sistemas de distribución y almacenamiento de agua, así como la contaminación que se genera, sobre todo, en zonas urbanas.

De acuerdo a la CONAGUA, en las zonas urbanas se pierde cerca del 40% del agua potable disponible debido a las fugas y el escaso control en las redes de distribución, lo que desemboca en falta de agua en diferentes zonas. Sin embargo, si bien la mayor parte de la distribución de los recursos hídricos es responsabilidad del gobierno y las empresas destinadas para este fin, es responsabilidad de todos los ciudadanos velar por mejorar el aprovechamiento del agua. Por ejemplo, es responsabilidad de las industrias reutilizar el agua que pudiese quedar contaminada aplicando procesos químicos para limpiarla y reutilizarla. De igual forma, las instituciones públicas, como lo son las dependencias de gobierno y las instituciones educativas, deben responsabilizarse por mejorar el uso del agua, aplicando técnicas que

¹ Dra. Olga Lydia Avila Lopez, actualmente es docente investigador de la carrera de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. olga.al@itslerdo.edu.mx (autor corresponsal)

² M.C. Luis Amado González Vargas. Actualmente es profesor investigador en el área de posgrado en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo luis.av@itslerdo.edu.mx

³ M.C. Noé Alvarado Tovar. Actualmente es profesor investigador en la carrera de electrónica y en el área de posgrado en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo noe.at@itslerdo.edu.mx

⁴ M.I.M. Eduardo Machado Díaz es profesor investigador en la División de Ingeniería en Sistemas Automotrices dentro en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo eduardo.md@itslerdo.edu.mx

⁵ M.C. Silvia Adriana Vidaña Martínez es profesora investigadora en la carrera de Ingeniería Ambiental, en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo silvia.av@itslerdo.edu.mx

⁶ M.I.M. Yesica Lizeth Rincón Gándara es profesora investigadora en la carrera de Ssistemas Automotrices, en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo yesica.rg@itslerdo.edu.mx

⁷ Ing. Fernando Pérez Palomino es Ingeniero Electrónico, actualmente es estudiante de la Maestría en Ingeniería Mecatrónica en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo mm2320022@itslerdo.edu.mx

⁸ Josué Iván Amaro Rangel es Ingeniero Electromecánico, egresado del Actualmente se desempeña en áreas de mantenimiento e instalaciones eléctricas en distintas empresas. Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo 182310608@itslerdo.edu.mx

han funcionado a nivel industrial, siendo una de ellas el monitoreo y control de variables en los sistemas de distribución de los recursos hídricos (CONAGUA, 2019).

La automatización de cisternas es una solución tecnológica que puede tener un impacto significativo en la gestión del agua en las instituciones. Al monitorear constantemente los niveles de almacenamiento, se puede ajustar la cantidad que se utiliza, evitando el desperdicio y asegurando que haya suficiente agua disponible para las necesidades diarias, pues se puede detectar y prevenir cualquier problema potencial con el suministro, incluyendo fugas, contaminación y otros problemas de calidad del agua.

Así mismo, puede ser una herramienta valiosa para la educación ambiental. Al monitorear y controlar el uso del agua, los estudiantes pueden aprender sobre la importancia de la gestión sostenible de los recursos y cómo la tecnología puede ayudar a preservar el medio ambiente. Por ello, se han realizado diferentes proyectos de monitoreo en escuelas, con la finalidad de gestionar el uso del agua y la disminución de su contaminación.

Sistemas de Captación de agua

Las construcciones de captación y almacenamiento son aquellas que permiten reunir el agua que pueda ser aprovechada de fuentes como ríos, manantiales y depósitos en el subsuelo; también se incluyen actividades como la construcción de presas y diferentes métodos de captación.

La conducción incluye los canales y acueductos, en donde se tienen también las instalaciones de bombeo para el transporte desde la fuente hasta el centro de distribución.

Para el tratamiento, se tienen una serie de procesos que le dan al agua la calidad necesaria para que sea apta para el consumo humano o las tareas cotidianas de la población en general. Finalmente, la distribución es dotar el agua potable al usuario para su consumo.

Se puede definir entonces a una red de distribución de agua como el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde las estructuras de almacenamiento hasta el lugar final de consumo, con la finalidad de proporcionarla para el consumo doméstico, público, comercial industrial y social. La distribución debe de ser continua y en cantidad suficiente para cubrir la demanda (CONAGUA, 2021).

Sistemas automáticos e instrumentación virtual

La automatización es el proceso de controlar y regular el funcionamiento de un sistema de manera completamente mecánica o electrónica, utilizando dispositivos automáticos como interruptores, sensores y controladores. El objetivo es reducir la necesidad de intervención humana y mejorar la precisión, la eficiencia y la velocidad de las tareas realizadas por el sistema. La automatización se aplica en una amplia gama de industrias y sectores, incluyendo la fabricación, la construcción, la logística, la energía y muchos otros (Cortés, 2015).

Los procesos que requieren ser automatizados exigen que se tenga un control de diversas variables y magnitudes como lo son la presión, el flujo, el nivel, la temperatura, etc. Para ello es necesario utilizar instrumentos de medición y control que permitan que se tenga una regulación de las variables y mantenerlas en condiciones idóneas.

La instrumentación trata los sistemas que tienen como objetivo medir las magnitudes físicas en el entorno, recabar información sobre ellas y presentarlas de manera visual para un operador (Pérez M. , 2014). Los sistemas que permiten realizar estas tareas se conocen comúnmente como sistemas de medida. Para esto, se requiere una interfaz que permita tener contacto con el usuario Para que los instrumentos virtuales cumplan su función deben de realizar las tareas de adquisición, almacenaje, análisis, visualización y comunicación de los datos. Así mismo deben de ser capaces de realizar acciones al proceso de acuerdo a las necesidades que sean colocadas por el usuario. Los instrumentos virtuales no deben considerarse una simulación de un sistema, el término virtual se refiere a que el instrumento está creado en un software que tiene una apariencia virtual de un instrumento real (Quiñones, 2011).

La instrumentación virtual está basada en la creación de interfaces gráficas de usuario *graphical user interface* o GUIs. La interacción entre el hardware y el software se realiza mediante lenguajes de programación que permiten realizar las funciones que deben cumplir los instrumentos.

Actualmente, los sistemas de monitorización y control de los procesos tienen en su mayoría instrumentos virtuales para su correcto funcionamiento, esto gracias al avance tecnológico de la informática y la electrónica. Las ventajas de utilizar instrumentos virtuales vienen de la mano con las ventajas de utilizar sistemas informáticos: incrementar la velocidad de procesamiento, comunicación entre diferentes plataformas de hardware, altas velocidades, toma de acciones en función de las tareas que se han programado y sistemas de alarma (Arrieta, 2014).

Metodología

En este proyecto se realizará una serie de actividades como se observan en la figura 1, para contribuir con el cuidado y manejo responsable del agua, así como implementar energías renovables y limpias para disminuir costos dentro del instituto.



Figura 1. Pasos de la metodología

- En primer lugar, se recabará y analizará la información relacionada al estado actual de las cisternas, es decir, ubicación y capacidades de cada una de ellas, para continuar con un análisis de dicha información para así realizar una propuesta de diseño de monitoreo y control.
- Se analizará y verificará la conexión en los tableros y entre los mismos componentes, las condiciones de estado en que se encuentren los elementos y el funcionamiento de los mismos.
- Después de recabar y analizar la información se realizará la propuesta de diseño para monitorear y controlar las cisternas, de manera que se pueda tener información en tiempo real y estar bajo supervisión en todo momento.
- Después de tener el diseño, se buscará el material y los componentes adecuados, como un microcontrolador o microchip que sea capaz de realizar la medición como se desea, al igual que sensores para medir el nivel, entre otros componentes.

Análisis de las condiciones actuales de las cisternas en el instituto

Se realizó un análisis de la ubicación, condiciones y capacidad de cada una de las ocho cisternas con las que se cuentan en el instituto, en la figura 2, se puede apreciar el trabajo de campo realizado en ellas.



Figura 2. Determinación de capacidades de las cisternas

Análisis de las condiciones actuales de las bombas y equipo eléctrico de cada cisterna



Figura 3. Bomba y gabinete de Cisterna C



Figura 4. Bomba y gabinete de Cisterna F



Figura 5. Bomba y gabinete de Cisterna E



Figura 6. Bomba y gabinete de Cisterna L



Figura 7. Bomba y gabinete de Cisterna H



Figura 8. Bomba y gabinete de Cisterna D



Figura 9. Bomba y gabinete de Cisterna CI
(centro de información)



Figura 10. Bomba y gabinete CAF- cafetería

En las figuras de la 3 a la 10, se pueden observar las condiciones actuales de las bombas y los gabinetes de los diferentes edificios del instituto, en donde se puede identificar que la mayoría de los gabinetes eléctricos, no tienen puertas, ni candados, están expuestos a la intemperie, algunos equipos eléctricos, no tienen gabinetes, al igual que las bombas el cableado de las mismas, está expuesto sin protecciones.

Resultados

Con la recopilación de los datos del estado de las cisternas, se pudo obtener capacidad, condiciones y distribución de las mismas, al igual que observar como se encontraba el estado actual, de cada uno de los elementos.

En la figura 11, se muestra el método tradicional para medir el nivel del agua (con una regla metálica, sumergida en las cisternas), el cual se pretende cambiar cuando se ponga en marcha el proyecto, para que de forma automática se tengan las mediciones de las mismas en tiempo real.



Figura 11. Método tradicional manual para medición de nivel

Con las mediciones tomadas, se pudo determinar y/o corroborar la capacidad de cada una de las ocho cisternas, determinando una capacidad de almacenamiento en cisternas de 205,884 metros cúbicos en el instituto, como se aprecia en el cuadro 1.

Cisterna	Capacidad en metros cúbicos
Cisterna C	24,230
Cisterna F	27,275
Cisterna E	49,988
Cisterna H	26,670
Cisterna L	20,482
Cisterna D	21,949
Cisterna CI	12,041
Cisterna CAF	23,249
	205,884

Cuadro 1. Capacidad de cisternas

Se realizó un layout, el cual se muestra en la figura 12, en donde se encuentra ubicada cada cisterna con su respectivo edificio, con análisis de distanciamiento entre si, para generar una red de microcontroladores para monitorear todas las cisternas al mismo tiempo.

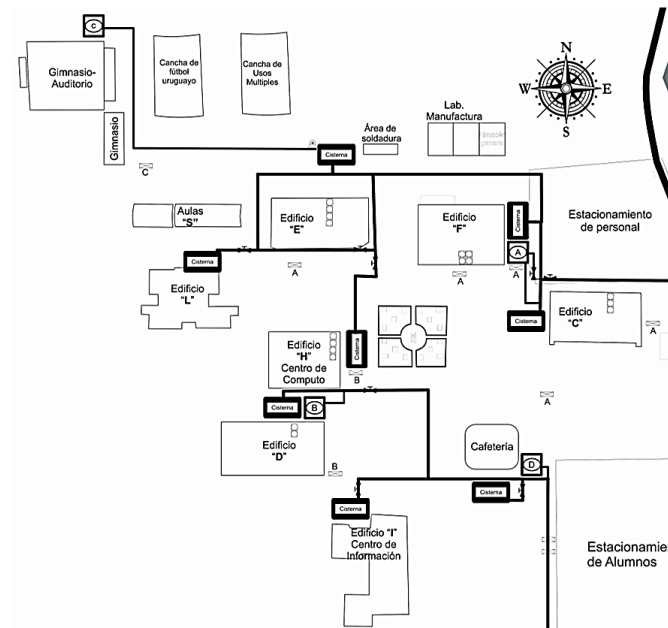


Figura 12. Layout de distribución de cisternas en el ITS de Lerdo

Conclusiones

La propuesta que se presenta para este proyecto es utilizar un microcontrolador esp32 por sus múltiples funciones para poder recibir la señal de un sensor de nivel, y a su vez transmitir ese dato a un módulo LORA TTGO

el cual tiene rango de conexión más extendido, y así poder dar a conocer al usuario el nivel de agua que esta en existencia dentro de la cisterna.

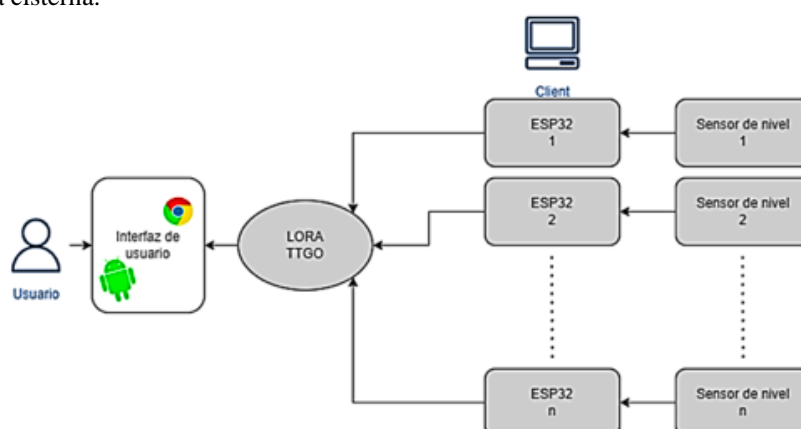


Figura 13. Esquema de propuesta de sistema de monitoreo

Se espera que el proyecto favorezca a disminuir el desperdicio de agua, ya que al monitorear el estado del nivel de agua de cada cisterna se puede observar cuando existen niveles bajos de líquido, y así actuar a tiempo para abastecer las cisternas, e identificar si existe un consumo de agua elevado en alguna de estas, poder revisar el motivo y corregirlo a tiempo.

A su vez el proyecto busca sustentar el uso de la energía con el uso de paneles solares para la alimentación del equipo de bombeo, ya que consumen una gran cantidad de energía eléctrica, y esto es un gasto para el instituto, el cual también favorece a que el gasto energético reduzca.

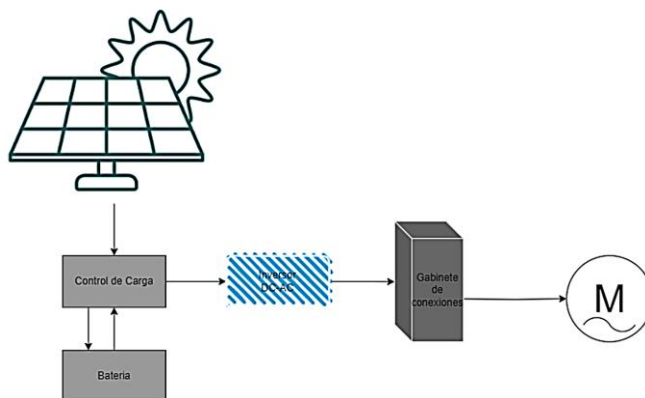


Figura 14. Esquema alimentación equipo de bombeo con panel solar

Limitaciones

A pesar de las ventajas que se pueden tener con este proyecto, al ser una institución de educación pública, se tiene la limitante económica para comprar el material y equipo de forma inmediata, se tiene que someter a un proceso de requisición en donde tiene que pasar varias aprobaciones y esperar que el recurso económico sea aprobado y liberado, por ello, no se ha podido avanzar como se pretendería.

Recomendaciones

Se recomienda a la institución, tener un fondo para proyectos de investigación que se pueda usar de forma inmediata, analizando el impacto de los resultados en la comunidad estudiantil.

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México, así como al Tecnológico Nacional de México – Campus Lerdo y a la subdirección de Investigación y desarrollo tecnológico del mismo instituto, por el apoyo brindado para el desarrollo del proyecto “Evaluación de las Condiciones Actuales del Uso y Distribución del Agua, para la Implementación de un Sistema de Monitoreo Automático en las Cisternas Instaladas en el ITS Lerdo”

Referencias

- Arrieta, Á. (2014). Sistema multipotenciostato basado en instrumentación virtual. Ingeniería, Investigación y Tecnología, 321-337.
- CONAGUA. (2019). Estadísticas del agua en México. México: Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (2021). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. México: SEMARNAT.
- Cortés, F. R. (2015). Arduino, Aplicaciones en robótica, mecatrónica e ingenierías. Mexico: Alfaomega.
- Pérez, M. (2014). Instrumentación Electrónica. España: Paraninfo.
- Quiñones, C. (2011). Labview y la instrumentación virtual aplicadas a la docencia y la investigación en ciencias básicas. Elementos, 115-121.
- Ugurlu, Y. (2011). Measuring the Impact of Virtual Instrumentation for. IEEE Global Engineering Education Conference , 152-158.

Notas Biográficas

La **Dra. Olga Lydia Avila Lopez**, es Ingeniero Industrial egresada del Instituto Tecnológico de la Laguna, con especialidad en Calidad y Productividad, cuenta con una Maestría en Sistemas de Calidad y un Doctorado en Administración estratégica en el Instituto Internacional de Administración Estratégica, actualmente es docente investigador en la carrera de Ingeniería Industrial, pertenece al Cuerpo Académico en formación de la carrera de Ingeniería Industrial, cuenta con Perfil Deseable ante PRODEP y es Candidato a Investigador en el COCYTED.

El **M.C. Luis Amado González Vargas**. Recibió el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de la Laguna en 2010. Él ha participado en proyectos de investigación relacionados con estudios de la calidad de la energía en distintas empresas, sus áreas de interés incluyen sistemas de potencia en régimen no senoidal y sistemas de control distribuido. Actualmente es profesor investigador del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo.

El **M.C. Noé Alvarado Tovar** obtuvo el grado de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica en el Centro de Graduados del Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coah., México, en la especialidad en Control de Robots Manipuladores. Actualmente está en la etapa final del su estudio de doctorado en la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. Labora en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, como Docente-Investigador, en el Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico y en la División de Ingeniería Electrónica. Cuenta con experiencia profesional en el ramo de la automatización industrial, robótica y control electrónico. Sus actuales líneas de investigación incluyen: mecatrónica, robótica, automatización industrial, control de movimiento, comunicaciones industriales y electrónica de control y de potencia.

El **M.I.M. Eduardo Machado Díaz** es profesor investigador en la División de Ingeniería en Sistemas Automotrices dentro del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Cuenta con estudios en Ingeniería en Electrónica con especialidad en mecatrónica y automatización, así como Maestría en Ingeniería Mecatrónica, ambos por parte del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Sus áreas de interés son los sistemas de instrumentación, programación de sistemas embebidos y control automático.

La **M.C. Silvia Adriana Vidana Martínez** es profesora investigadora en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Su licenciatura es en Ingeniería Química y su maestría es en Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico de Durango y labora como docente en la División de Ingeniería Ambiental donde su área de interés es el aprovechamiento de la energía y el desarrollo sustentable.

La **M.I.M. Yesica Lizeth Rincón Gándara**, graduada en Ingeniería Mecatrónica por la Universidad Tecnológica de Torreón en 2015 y con Maestría en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo en 2023. Actualmente, es docente en la carrera de Sistemas Automotrices. Su pasión se centra en la electrónica y la automatización, promueve el interés sobre la mecatrónica.

El **Ing. Luis Fernando Pérez Palomino** recibió el título de Ingeniero Electrónico en 2023 en el instituto tecnológico superior de Lerdo, actualmente es estudiante de la Maestría en Ingeniería Mecatrónica.

El **Ing. Josué Iván Amaro Rangel** Recibió el título profesional en la carrera de Ingeniería Electromecánica del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo en 2023, Él ha participado en actividades relacionadas con el diseño e implementación de sistema de monitoreo automático de volumen en cisternas, sus áreas de interés incluyen la automatización y control de procesos industriales. Actualmente se desempeña en áreas de mantenimiento e instalaciones eléctricas en distintas empresas.

Cementos Ecológicos a Base de Escoria de Alto Horno Activados con Álcalis

Dr. Ulises Ávila López¹, Dr. José Iván Escalante García²,
Dra. Marisol Gallardo Heredia³, Dra. Erika Martínez Sánchez⁴, Dr. Ricardo Xicoténcatl Magallanes Rivera⁵

Resumen—Se estudiaron los productos de reacción, propiedades mecánicas y estructurales de pastas cementosas preparadas a base de escoria de alto horno. Las pastas se prepararon mezclando escoria de alto horno y una solución alcalina de NaOH y Na₂O.SiO₂ con diferentes concentraciones de Na₂O. Posteriormente, en fechas selectas se ensayaron a la compresión y se caracterizó por DRX, MEB y análisis térmico. Los resultados mostraron que la concentración y tipo de agente activador tiene un efecto variado en el desarrollo de resistencia a la compresión. A concentraciones mayores a 3% de Na₂O, se tiene un desarrollo de resistencia mayor al del cemento Portland; y el Na₂O.SiO₂ promueve las resistencias más altas. La caracterización realizada indica que los productos de reacción formados fueron C-S-H y gel de sílice, las cuales estarían íntimamente entremezcladas. Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que estos cementos son una opción prometedora para sustituir al cemento Portland.

Palabras clave—Escoria de alto horno, activación alcalina, cementos alternativos, sustitución del cemento portland.

Introducción

Desde sus inicios hasta la actualidad, los avances técnicos han transformado a este material en un elemento indispensable para el desarrollo social y la mejora de la calidad de vida de las personas. En las últimas décadas, el cemento Portland ha sido el material de construcción de preferencia debido a su desempeño mecánico, precio competitivo, durabilidad y versatilidad, entre otras propiedades, que lo convierten en una excelente opción como material de construcción relativo a otros como el acero, aluminio, plástico, etc. Sin embargo, su producción consume demasiada energía y genera enormes cantidades de contaminantes como las emisiones de CO₂; se estima que la producción de una tonelada de cemento Portland genera aproximadamente una tonelada de CO₂, la cual se libera a la atmósfera.

Por ello, en la última década se han realizado investigaciones con el fin de encontrar materiales de construcción alternativos que permitan reducir el impacto ambiental de la industria de la construcción, ya sea mediante el reemplazo parcial o total del cemento Portland. Estos sustitutos deben cumplir con requerimientos de desempeño mínimo y preferentemente deben ser de bajo impacto ambiental y menor costo. Entre estos se encuentran las escorias metalúrgicas, ceniza volante y los desechos geotérmicos.

El presente trabajo, se enfoca en desarrollar un cemento ecológico a base de escoria de alto horno, con el fin de generar conocimiento relativo al efecto de la preactivación por molienda con diferentes agentes activantes alcalinos y diferentes concentraciones de Na₂O sobre las propiedades mecánicas, microestructurales y productos de reacción formados.

Metodología

Materias primas

Para preparar las pastas cementosas se utilizó escoria de alto horno (EAH) proporcionada por Altos Hornos de México (Monclova, Coahuila). Debido a las condiciones físicas iniciales de la EAH, se sometió a un proceso de secado y molienda. La molienda se realizó en un molino de bolas de acero de 700 mm de largo y 400 mm de diámetro, durante dos horas, el cual era el tiempo necesario para obtener un área superficial de 460 m²/kg, lo cual se confirmó mediante la prueba de permeabilidad al aire (Norma Mexicana NMX-C-056-ONNCCE, 1997).

La EAH fue analizada por fluorescencia de rayos X (Bruker, modelo S4 Pioneer) con el fin de conocer su composición química; en la Tabla 1 se muestra la composición de la EAH. Con base a los resultados obtenidos, se

¹ El Dr. Ulises Ávila López es Profesor Investigador de tiempo completo Titular C, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC), México. ulises.avila@uadec.edu.mx (autor corresponsal)

² El Dr. José Iván Escalante García es profesor Investigador Titular 3E, SNI III en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Saltillo, México. ivan.escalante@cinvestav.edu.mx

³ La Dra. Marisol Gallardo Heredia es Profesor investigador de tiempo completo Titular C, en la Facultad de Ciencias Químicas de la UAdeC, México. marisol.gallardo@uadec.edu.mx

⁴ La Dra. Erika Martínez Sánchez es Profesor Investigador de tiempo completo Titular C, en la Facultad de Ingeniería de la UAdeC, México. erika.martinez@uadec.edu.mx

⁵ El Dr. Ricardo Xicoténcatl Magallanes Rivera es Profesor de tiempo completo Titular C, en la Facultad de Ingeniería de la UAdeC, México. ricardo.magallanes@uadec.edu.mx

determinó el índice hidráulico de la EAH, obteniendo que $F=(C+1.4M+0.56A)/S=1.70$. De acuerdo con la literatura, un valor mayor que 1.65 indica que es una escoria con propiedades hidráulicas aceptables (Daube y Bakker, 1986).

SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	TiO ₂	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MnO	Na ₂ O	SrO	ZrO	P ₂ O ₅	P*C
33.72	37.91	11.19	9.403	3.408	1.42	0.875	0.585	0.584	0.515	0.0633	0.0461	0.021	0.225

Tabla 1. Composición química (% en peso) de la EAH.

Formulaciones propuestas

Para evaluar la influencia del tiempo de preactivación química (PMQ) y el efecto del tipo de agente activador alcalino y la concentración del Na₂O sobre la EAH, se prepararon pastas cementosas con diferentes tiempos de molienda para cada una de las formulaciones mostradas en la Tabla 2

Agente activador	% Na ₂ O	EAH preactivada (%)	Relación de agua/sólido
NaOH	3	40	0.5
	6		
	9		
Na ₂ O.SiO ₂	3		
	6		
	9		

Tabla 2 Formulaciones estudiadas de escoria de alto horno.

El término *formulación* se aplicó a la composición de la pasta establecida en la Tabla 2; y *sistema*, a la pasta obtenida después de mezclar los componentes establecidos por la formulación, teniendo como variante el tiempo de PMQ. Así, varios sistemas pueden tener la misma composición, pero diferente tiempo de PMQ.

Preparación de muestras y caracterización

La solución activante se preparó disolviendo NaOH o Na₂O.SiO₂ en la cantidad de agua requerida por la formulación propuesta, las formulaciones se muestran en la Tabla 2. Posteriormente, se dejó reposar 30 minutos a 20°C hasta reducir la temperatura a 40-45°C.

Las pastas se prepararon utilizando una mezcladora con movimiento planetario, como las pruebas propuestas incluían una preactivación del material, se mezcló una fracción de la EAH (% material preactivado) en polvo con la totalidad de la solución activadora durante un tiempo variado, donde el límite máximo fue cuando la viscosidad se incrementaba hasta el punto de ya no poder mezclarse; el resto de la EAH se añadió posteriormente y se mezcló durante cinco minutos más. Este tiempo se estimó era suficiente para homogenizar la mezcla. Las pastas se vertieron en moldes de plástico de 2.5*2.5*2.5 cm y se hicieron vibrar. Después de 24 horas de curado en las condiciones experimentales propuestas las muestras se desmoldaron y almacenaron a 20, 40 o 60°C en recipientes de plástico en cámaras isotérmicas. Posteriormente, a 1, 3, 7, 14, 28, 90 y 120 días de curado se hicieron los ensayos a compresión.

Los fragmentos de cubos ensayados a la compresión se secaron en una cámara de vacío a 35°C, los cuales se posteriormente fueron molidos hasta alcanzar un tamaño de partícula menor que 105 µm. Los polvos de muestras selectas se caracterizaron por difracción de rayos X (X'Pert 3040, Phillips) y por análisis térmico (Perkin-Elmer, modelo Pyris Diamond TG/DTA). Para la caracterización por MEB (SEM, XL-30 ESEM, Phillips), los fragmentos resultantes de los ensayos a compresión se montaron en resina epoxi, devastados con papel lija de SiC y se pulieron con pastas de diamante de 3 y 1.25 µm: estos se recubrieron con grafito para su posterior caracterización.

Resultados y Discusión

Resistencia a la compresión (RC)

En la Figura 1 se muestra la resistencia a la compresión (RC) de las pastas activadas con NaOH. Se observó que la mayoría de los sistemas desarrollaron valores de resistencia equiparables a los del cemento Portland clase 20 (Bazaldúa M, 2008). En general, los sistemas con PMQ desarrollaron resistencias mayores al sistema sin PMQ (0h). No obstante, la formulación 121 requirió de 2 horas de PMQ para alcanzar valores de RC similares a los del sistema sin PMQ (121-0h) y 4 horas (121-4h) para desarrollar valores mayores. Sin embargo, el sistema 121-4h presentó baja trabajabilidad de la mezcla para moldear, que pudo ser causada por la pérdida de agua durante la interacción de la solución con los sólidos, lo cual incrementó la viscosidad de la mezcla durante la PMQ, dificultando la mezcla posterior con la EAH remanente.

Los sistemas de la serie 122 (6%Na₂O) presentaron los valores de resistencia más elevados en comparación con las series 121 y 123. La RC de 122-2.1h fue la mayor de la formulación 122, pero desarrolló una viscosidad elevada

durante la PMQ, lo que resultó en una baja trabajabilidad, por tal razón este sistema no se consideró factible. Por lo tanto, los sistemas 122-2h (48.5 MPa) y 122-1.45 (47.1 MPa) a 120 días de curado, son los que desarrollaron la mayor resistencia. Mostrando a 28 días RC semejantes a las del cemento Portland (Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE, 2004).

Para 9%Na₂O (serie 123) los sistemas con PMQ no mostraron desarrollo de resistencia significativa en comparación con la serie 122 (6%Na₂O). En congruencia con lo reportado por Escalante et al (2009), que reportaron que a concentraciones mayores de 6% de Na₂O no hay incrementos significativos en las propiedades mecánicas. Además, dicha concentración redujo el tiempo máximo de PMQ a una hora, lo cual pudo deberse a la mayor liberación de especies y consumo de agua por las reacciones de hidratación de la EAH.

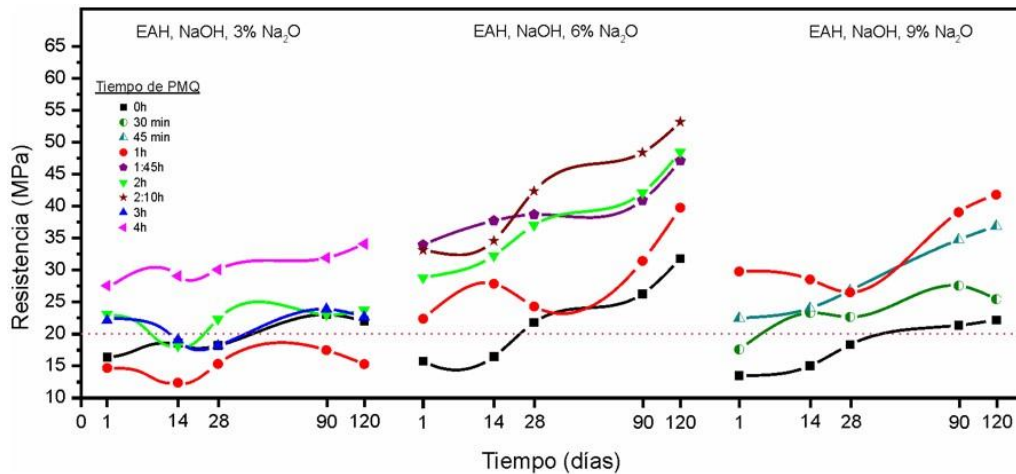


Figura 1. Resistencia a la compresión de los sistemas de EAH activadas con NaOH.

En la Figura 2 se muestra la resistencia a la compresión (RC) de las pastas activadas con Na₂O.SiO₂. Se observó que la serie 131 desarrolló una RC semejante a la del cemento Portland CPO 30 (Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE, 2004) al tercer día de curado. Sin embargo, a 120 días de curado la resistencia desarrollada por esta serie fue menor en comparación con las series 132 y 133, que mostraron un incremento en la resistencia en base al incremento del %Na₂O, a mayor concentración de %Na₂O la cantidad de Na₂O.SiO₂ remanente aumenta, densificando la estructura de los sistemas.

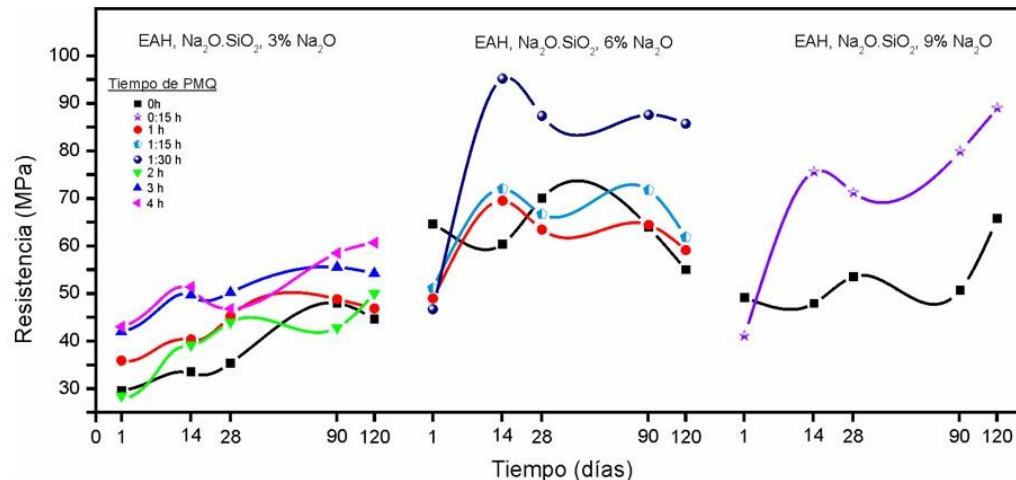


Figura 2. Resistencia a la compresión de los sistemas de EAH activadas con Na₂O.SiO₂.

La RC desarrollada por las series 132 y 133 fue alta en los primeros 14 días de curado. Sin embargo, la serie 132 presentó un decremento en la RC después de los 14 o 28 día; este fenómeno también lo presentó la serie 133 después de los 90 días de curado. Es posible considerar que la hidratación de la EAH durante el curado consumió el agua presente en la muestra, que aunado a que en el curado de fechas posteriores a los 14 días las reacciones de

hidratación se realizaron en estado sólido, es de esperarse la formación de poros o microgrietas que pudieron ser la causa del decremento observado en la RC.

El sistema con PMQ de la formulación 133 desarrolló una RC alta, pero también presentó una elevada viscosidad durante la PMQ, lo que redujo sustancialmente el tiempo de trabajabilidad, lo que promovió el endurecimiento de la mezcla antes de terminar el proceso de colado de las muestras. Esto pudo deberse al consumo de agua por la hidrólisis del $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ de la solución activadora y a la hidratación de la EAH. Con base al decremento de la RC de los sistemas de la formulación 132 y la baja trabajabilidad de la formulación 133, se considera que la serie 131 presentó características de RC y trabajabilidad factibles para su aplicación.

Microscopía electrónica de Barrido (MEB)

En la Figura 3 se muestran las microestructuras con 28 días de curado de los sistemas 122-1.45h y 132-1.3h activados con NaOH y Na_2OSiO_2 , respectivamente. En la microestructura de ambos sistemas se observan partículas de EAH con reacción parcial y total. Sin embargo, la matriz del sistema 122-1.45h es más porosa y menos compacta que la microestructura presentada por el sistema 132-1.3h. Esto sugiere que en el sistema 122-1.45h predomina el mecanismo de reacción en estado sólido, el cual limita la saturación de los espacios inicialmente ocupados por agua con productos de reacción, dejando una alta porosidad remanente (Escalante J.I. et al, 2002).

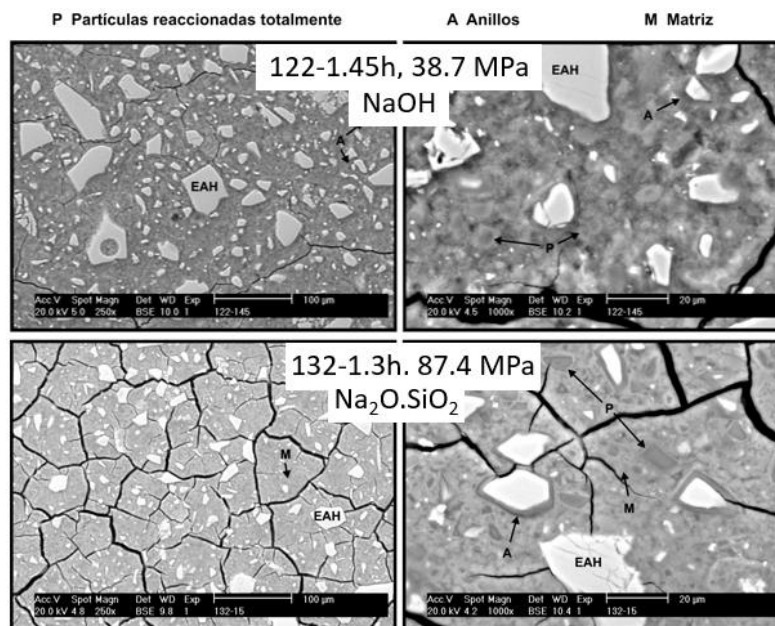


Figura 3. Microestructuras del sistema 122-1.45h activado con NaOH y del sistema 132-1.3h activado con Na_2OSiO_2 .

En la microestructura del sistema 132-1.3h se observó un intenso agrietamiento, el cual fue producto de la eliminación de agua durante el secado al vacío posterior a los ensayos a la compresión, y al vacío de operación del MEB. En este sistema y en aquellos en que fueron activados con Na_2OSiO_2 se considera que los productos de reacción formados se conforman de C-S-H y de gel de sílice íntimamente entremezclados. El C-S-H como producto de la hidratación de la EAH; y el gel de sílice, derivado del Na_2OSiO_2 remanente. Este sistema se considera que inicialmente reaccionó por el mecanismo de disolución-precipitación y posteriormente por el mecanismo de reacción en estado sólido. Los productos de reacción de éste último mecanismo son claramente visibles, dado que presentan un color gris oscuro y forman un anillo alrededor de las partículas de EAH parcialmente hidratadas o forman partículas hidratadas totalmente.

Haciendo una comparación entre las microestructuras de los sistemas activados con los diferentes agentes activantes, se pudo observar que la densidad de la microestructura depende del agente activante utilizado. El uso de Na_2OSiO_2 promueve el desarrollo de microestructuras densas, mientras que el uso de NaOH genera microestructuras porosas, las cuales densifican y se homogenizan en fechas tardías de curado.

Difracción de Rayos X (DRX)

En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos de los sistemas de EAH activados con NaOH y $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ a una concentración de 6% Na_2O . Se observó que en los patrones persiste el halo amorfo entre 25° y $35^\circ 2\theta$, derivado

de la fase amorfa de la escoria. Puede notarse la aparición del pico de CSH a $30^\circ 2\theta$ en todos los sistemas. La sobreposición de la reflexión del CaCO_3 procedente de la EAH con el CSH dificulta la identificación del patrón de difracción de esta última.

Pudo notarse, que la presencia de CaCO_3 en la EAH no promovió la formación de la fase hidrotalcita, la cual es una fase característica en sistemas de escoria activados con soluciones activadores de Na_2CO_3 . Además, pudo notarse que todos los difractogramas presentaban la reflexión identificada como E, la cual está asociada a las fases cristalinas presentes en la EAH, lo que indica que la fase cristalina no participa en las reacciones de hidratación a pesar de las condiciones agresivas de la solución activadora.

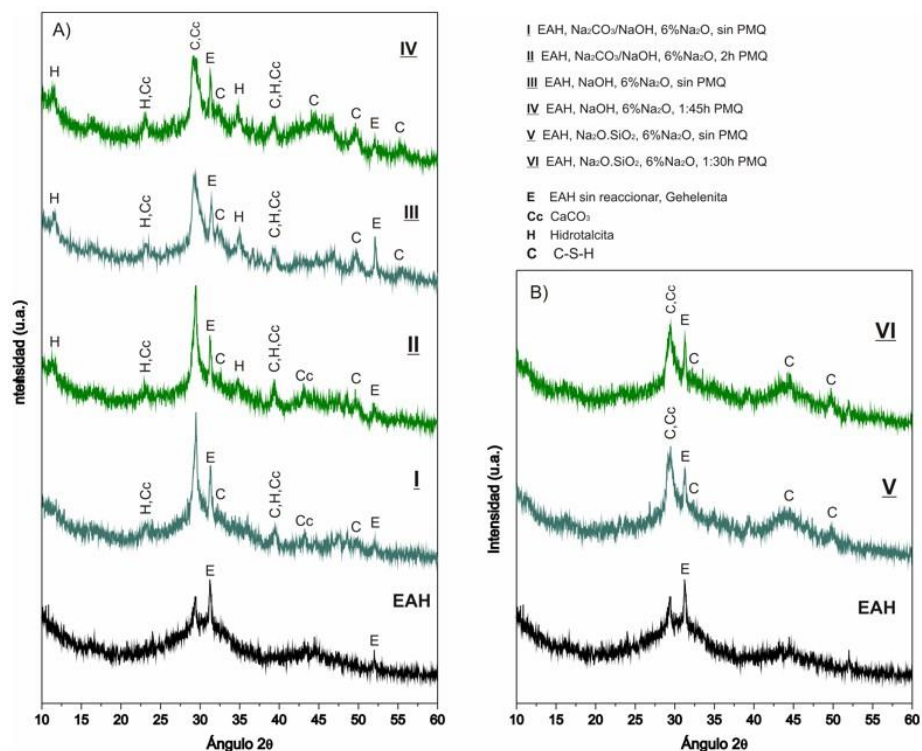


Figura 4. Patrón de difracción de sistemas selectos de la EAH activados con 6% de Na_2O .

Análisis térmico

En la Figura 5 se muestran los termogramas de las formulaciones activadas con NaOH y $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ activadas con 6% de Na_2O . En todas las curvas de ATD se observó el primer pico endotérmico característico del gel de C-S-H alrededor de los 100°C (Bazaldua M, 2008), en contraste con el segundo pico endotérmico de C-S-H ubicado entre 350 y 400°C , los cuales fueron menos visibles en los sistemas activados con $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$, lo cual pudo deberse a la mayor concentración de gel de sílice remanente de la solución activadora. Aproximadamente alrededor de los 500°C fue posible observar la presencia del segundo pico endotérmico característico de la fase hidrotalcita (Webb L.T. y Krüger E.J., 1972), lo que indica que el CaCO_3 aportado por la EAH fue suficiente para promover la formación de esta fase. A temperaturas mayores a 700°C se observó un pico endotérmico, que indica la descomposición del CaCO_3 . Adicionalmente, el pico ubicado entre 850 y 1000°C corresponde a la transición vítrea, asociada a la fase amorfa de la EAH.

En las curvas de ATG de los sistemas activados con NaOH presentan una pérdida en masa alrededor del 15%, mientras que los sistemas activados con PMQ muestran una pérdida aproximada de 19%, lo que sugiere una mayor hidratación de la EAH en estos sistemas. Los sistemas activados con $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ presentaron un comportamiento similar en relación a la pérdida en masa que los sistemas antes mencionados. Lo que evidencia la acción favorable del PMQ en el ataque químico sobre la EAH y explicaría el comportamiento de la RC.

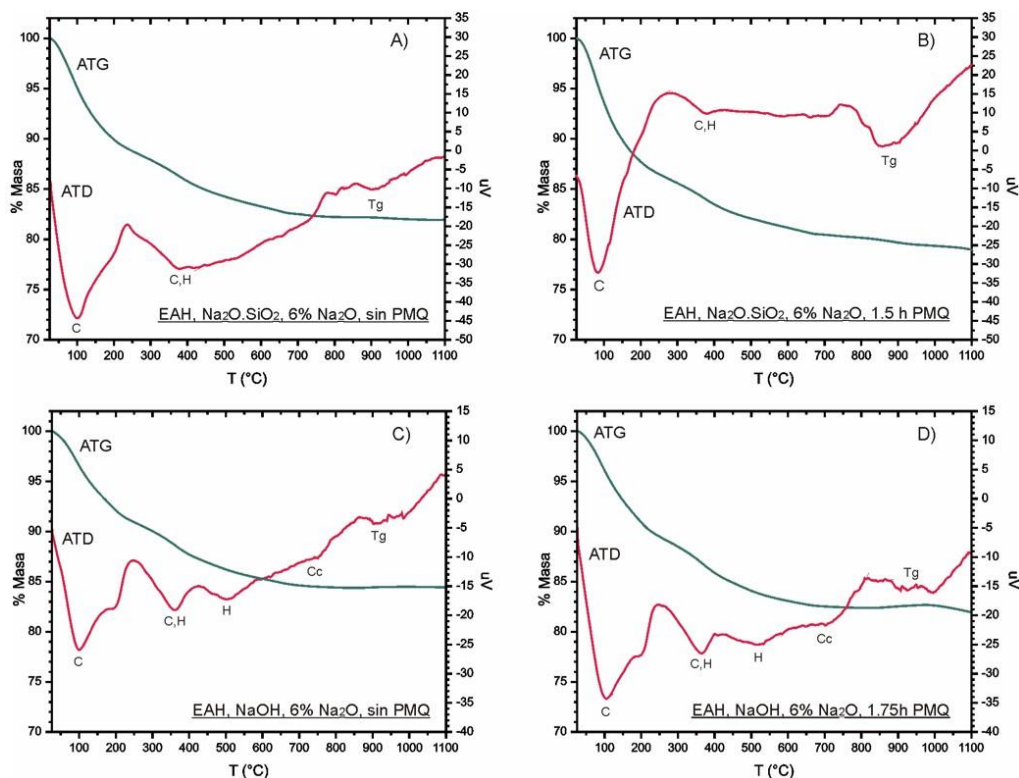


Figura 5. Termogramas de los sistemas activados con $\text{Na}_2\text{O}.\text{SiO}_2$ y NaOH con curado de 28 días. C: C-S-H, H: hidrotalcita y Tg: transición vítrea.

Conclusiones

Los resultados mostraron que la concentración y tipo de agente activador tiene un efecto variado en el desarrollo de resistencia a la compresión. A concentraciones mayores a 3% de Na_2O , se tiene un desarrollo de resistencia mayor al del cemento Portland, pero a concentraciones de 9% Na_2O el beneficio en desarrollo de RC se reduce en comparación a cuando se usa 6% de Na_2O . El $\text{Na}_2\text{O}.\text{SiO}_2$ genera resistencias más altas que cuando se usa NaOH como activador. La caracterización realizada indica que los productos de reacción formados fueron C-S-H, hidrotalcita y gel de sílice, los cuales estarían íntimamente entremezclados. Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que estos cementos son una opción prometedora para sustituir al cemento Portland.

Referencias

- Bazaldúa M. M. E., "Morteros y Pastas con Cemento hidráulico a base de Sulfato de Calcio, Escoria de Alto Horno y Ceniza Volante: efecto de la adición de Cemento Portland y la relación agua/cementante", Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, (2008).
- Daube J., Bakker R., "Portland Blast-furnace slag cement: a review", en "Blended Cements ASTM STP 897", Frohndsdorff G., American Society for testing and Materials, Philaelfia, (1986).
- Escalante J. I., Espinoza L. J., Gorokhovskiy A., Gómez, L. Y., "Coarse blast furnace slag as a cementitious material, comparative study as a partial replacement of Portland cement and as an alkali activated cement", Con. Build. Mat., Vol. [23], (2009).
- Escalante J. I., Mendez J. Gorokhovskiy A., Fraire L. P. E., Mancha M. H., Mendoza S. G., "Reactividad y propiedades mecánicas de escoria de alto horno activada por álcalis", Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio, Vol. 41 [5], (2002).
- Norma Mexicana NMX-C-056-ONNCE-1997, "Industria de la construcción-determinación de la finura de los cementantes hidráulicos (método de permeabilidad al aire)", Organismo Nacional de Normalización y Certificación para la Construcción y Edificación, México DF (1997).
- Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCE-2004, "Industria de la construcción-cementos hidráulicos-especificaciones y métodos de prueba". Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (2004).
- Webb L. T., Krüger E. J., "Carbonates", "Building materials", en "Differential thermal analysis", editor: Mackenzie C. R., Academy Press, págs. 303-342, (1972).

Investigación y Análisis Bibliométricos sobre el Potenciostato para la Caracterización Electroquímica de Superficies Metálicas

Ing. Eduardo Manuel Barreiro Ortiz¹, Dr. Zakaryaa Zarhri², Dr. Roy López Sesenes³, Dr. Mario Limón Mendoza^{4,*}

Resumen—Este artículo presenta un estudio bibliométrico centrado en el diseño y la construcción de un potenciostato de bajo costo, para realizar caracterización electroquímica de superficies metálicas, empleando tarjeta de adquisición de datos con conectividad Wifi. Utilizando la base de datos Scopus, recabada de una búsqueda de la bibliografía científica relacionada al tema, se generaron graficas representativas del estudio bibliométrico, con el apoyo de la herramienta informática VosViewer. A demás, se aplicó una metodología Methodi Ordinatio, que consta de 9 fases y una ecuación llamada InOrdinatio para evaluar la relevancia de las publicaciones recopiladas. Los resultados revelaron tendencias significativas en la investigación relacionada con potenciostatos de bajo costo, destacando la creciente importancia de hacer que la instrumentación electroquímica sea más accesible. Este estudio bibliométrico proporciona una visión integral de la literatura existente del tema, resaltando palabras clave de interés y facilitando la identificación de posibles colaboraciones y conexiones.

Palabras clave— Potenciostato, Caracterización y Diseño, Methodi InOrdinatio, Estudio Bibliometrico.

Introducción

La caracterización electroquímica de superficies metálicas desempeña un papel crucial en la investigación científica y el desarrollo de tecnologías avanzadas. Tradicionalmente, los científicos relacionados con la ciencia y la ingeniería, además de estudiantes de posgrado han dependido de costosos equipos de laboratorio para llevar a cabo pruebas electroquímicas y obtener información valiosa sobre las propiedades de los materiales [1]. Sin embargo, en un mundo impulsado por la creatividad y la innovación, la posibilidad de diseñar y construir soluciones prácticas y efectivas por uno mismo es cada vez más accesible [2].

Bajo este contexto, este trabajo se enfoca en realizar una profunda investigación bibliométrica sobre el diseño y la construcción de un potenciostato y será empleado para cuantificar y realizar la medición del progreso de la ciencia. Se usa el análisis bibliométrico para fundamentar los indicadores que nos posibilitan tener el conocimiento acerca del área a investigar específicamente, con el apoyo de bases de datos sobre publicaciones [3].

Este artículo se sumerge en realizar un análisis bibliométrico con el enfoque del diseño y construcción de un potenciostato hecho en casa para la caracterización electroquímica de superficies metálicas. La inquietud por el desarrollo de proyectos basados en el entorno en inglés "Do it yourself (DIY)", o "hazlo tú mismo"[4], [5], está ganando impulso a medida que los entusiastas del conocimiento tecnológico y los investigadores independientes exploran las posibilidades de la ciencia y la tecnología desde la comodidad de sus hogares o laboratorios [6].

Al ser un estudio bibliométrico, la pieza más importante son las "palabras clave" con las cuales buscamos de manera cuantitativa o cualitativa en los documentos publicados, para obtener el mayor número de las fuentes más confiables acerca del diseño y construcción de un potenciostato, que realice la medición de voltaje, corriente e impedancia para la caracterización electroquímica de superficies metálicas, ya que permite controlar el potencial de una celda electroquímica y medir la corriente que fluye a través de ella para ejecutar experimentos con técnicas específicas, tales como, voltamperometría, Impedancia electroquímica de frecuencia única, entre otras, para obtener características de la resistencia a la corrosión, Cinética de reacciones y formación de películas pasivas[7].

En tal sentido, cabe mencionar que para el sistema se requiere que sea inalámbrico, esta tecnología es un avance revolucionario que aprovecha las ventajas de la conectividad WiFi para superar las limitaciones de la presencia física en el laboratorio o en el campo. Ahora, los investigadores y profesionales podrán controlar y supervisar en tiempo real, experimentos electroquímicos en superficies metálicas desde cualquier lugar del mundo con acceso a Internet [8].

¹ El Ing. Eduardo Manuel Barreiro Ortiz es estudiante de posgrado de la facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, de la Universidad Autónoma del estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos. eduardo.barreiro@uaem.edu.mx

² El Dr. Zakaryaa Zarhri es profesor investigador de CONACYT-Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos. z.zarhri@gmail.mx

³ El Dr. Roy López Sesenes es profesor investigador de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos. roy.lopez@uaem.edu.mx

⁴ El Dr. Mario Limón Mendoza es profesor investigador de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos. mario.limon@uaem.mx

*Autor de correspondencia: Mario.limon@uaem.mx

Además, se destacan las ventajas y desafíos de este enfoque DIY [9], que incluyen la flexibilidad en el diseño y la adaptación a necesidades específicas, así como la importancia de adquirir conocimientos sobre la electrónica, la programación y los principios de la electroquímica [10].

Metodología

Se Inicia realizando una exploración de artículos científicos relacionados al tema en el motor de búsqueda Scopus, para realizar una investigación sobre la literatura existente y poder formalizar un análisis bibliométrico, considerando el análisis de 30 años atrás de la fecha actual [11]. Scopus es una herramienta digital, que contiene una gran base de datos de publicaciones científicas y proporciona información importante para poder realizar estudios bibliométricos sobre cualquier tema de investigación. Nos ofrece también, poder exportar la información en un archivo CVS, RIS, Bib teX y Plain text. Por otro lado, permite que seleccionemos los campos de interés, Cómo, por ejemplo: autor, Año, título, volumen, numero de citas, liga, DOI, abstract, palabras clave, entre otros. Se realiza un primer filtrado con las palabras clave del tema, para este caso colocamos en inglés “Potentiostat y Bajo costo”, dado esto, nos encontramos con 285 publicaciones, representadas por 206 artículos científicos, 71 documentos de sesión y por capítulos de 2 libros y 3 otros.

También, se generan gráficas representativas con el apoyo del software VOSviewer para generar y analizar redes bibliométricas, obtenidas de la base de datos Scopus. En la figura 1, podemos apreciar una gráfica representativa de la correlación entre autores [11]. De tal manera que en el esquema podemos observar esferas llamadas nodos de diferentes colores y otras opacas, sólo encontramos 2 correlaciones de autores y se presenta en color rojo y color verde. Este tipo de información representada en forma visual, nos proyecta una idea más clara, del cómo esta correlacionado el universo de la ciencia.

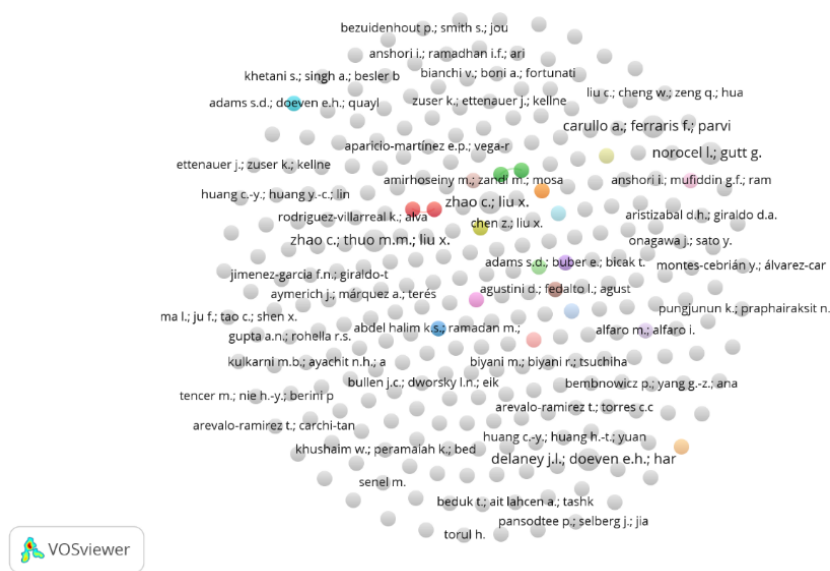


Figura 1. Gráfico generado con el programa VOSviewer de la búsqueda de artículos relacionados con el tópico “Potenciostato y Bajo costo” por coautor relacionados por el número de publicaciones.

Se propone el método Methodi Ordinatio para realizar este estudio bibliométrico, para efectuar el análisis, se emplea una ecuación para clasificar los artículos de acuerdo a su relevancia científica [12]. Se deriva en 9 fases:

Fase 1.- Se define el propósito de la investigación: Con la exploración obtenida del motor de búsqueda de artículos científicos en Scopus, se busca encontrar una relación con las palabras claves Potenciostato y Bajo costo.

Fase 2.- Se realiza una exploración antecedente de la información con las palabras claves propuestas: Se verifica si las palabras clave están relacionadas con las nuevas palabras encontradas en los artículos.

Fase 3.- Se declara la asociación de las palabras clave e información relacionada sobre la base de datos obtenida: Se combinaron varias palabras con el operador booleano de clasificación “AND” para hacer la búsqueda.

Fase 4.- El autor define la Investigación concluyente de la búsqueda en las bases de datos: Scopus, permite exportar la información obtenida de la investigación en archivos CSV, RIS, Bib teX y Plain text; para poder realizar el análisis bibliométrico, con la ayuda de la herramienta informática VOSviewer.

Fase 5.- Se realizan los procedimientos de filtrado: se efectúa un filtrado de la información para eliminar artículos reincidentes y no relacionados. Para ello, se ejecuta la ecuación de InOrdinatio [11].

Fase 6.- Se identifica el indicador de factor de impacto, el año de publicación y el número de citación de las publicaciones científicas, derivadas de la base de datos de Scopus.

Fase 7.- Adquisición de la categorización de los documentos usando el método InOrdinatio. Para este trabajo, se contempló un historial bibliográfico de 30 años (de 1993 al 2023) relacionado con el tópico de estudio, y además se ordenan de forma jerárquica de mayor a menor de acuerdo a su puntuación proporcionado por la ecuación del método InOrdinatio.

$$\text{InOrdinatio} = \left(\frac{IF}{1000}\right) + \alpha(\text{Año de investigación} - \text{Año de publicación}) + \sum Ci \dots\dots (1)$$

Donde, IF = Es el factor de impacto (JCR, CiteScore, SJR or SNIP). Sólo es dividido entre 1000 si se obtiene de origen portugués; α = Es el coeficiente que evalúa la importancia del año en que se publicó el artículo y está entre 1 y 10. (Con un valor cercano a 1 se consideran publicaciones clásicas o más antiguas y con un valor de 10 se consideran artículos más recientes); Año de investigación = Año en que se realizó la investigación; Año de publicación = Año en que se realizó la publicación; $\sum Ci$ = es el número total de citas del artículo,

Fase 8.- Búsqueda de artículos: Con la información obtenida de la fase anterior, buscamos realizar una recuperación de las referencias con el apoyo del programa de gestión Zotero.

Fase 9.- Lectura final y análisis sistémico de los documentos científicos: Methodi Ordinatio puede resultar de gran apoyo para generar una base de datos resumida y ordenada sobre los artículos destacados y reducir la dificultad para el análisis a quien esté realizando la investigación.

Resultados

En este apartado, se presentan los resultados del experimento bibliométrico, en el que, se realizó con el propósito de generar una medición de la bibliografía existente en los últimos 30 años, sobre artículos científicos relacionados con el entorno del diseño y construcción de Potenciostatos de bajo costo para realizar caracterización de superficies metálicas, empleando tarjeta de adquisición de datos con conectividad WiFi; en la que nos apoyamos en Scopus y VOSviewer, para obtener fuentes más confiables y determinar una selección con mayor relevancia de toda la información relacionada existente.

Análisis

Para demostrar el funcionamiento de la herramienta VOSviewer a partir de información bibliográfica obtenida de la base de datos Scopus, graficamos publicaciones en Coexistencia de las palabras clave en inglés “Potentiostat AND Low-cost”. Previamente, aplicamos un filtrado para reducir esa cantidad de archivos, se considera el número de 8 co-existencias mínimas entre palabras clave y con esto nos arroja 103 documentos, que son suficientes para realizar el análisis.

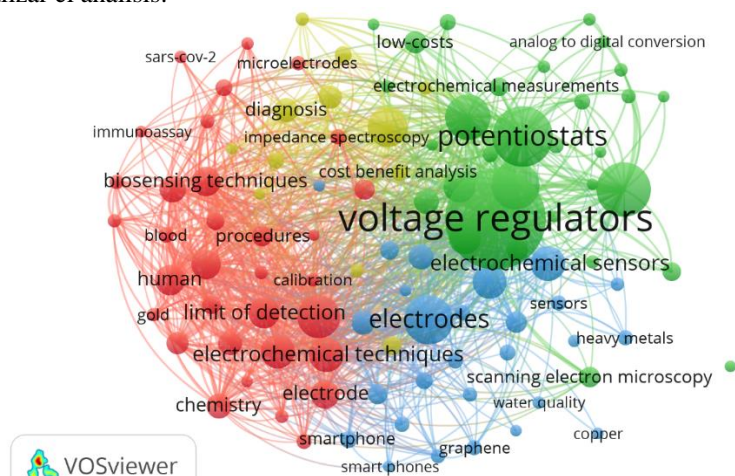


Figura 2. Gráfica que representa la coexistencia entre las palabras clave Potentiostat AND Low-cost.

En la figura 2, podemos observar significativamente, esferas que representan nodos de una red de conexiones, cada nodo constituye una correlación con las palabras clave consideradas en este estudio; con un tamaño mayor y de color verde, se encuentran las palabras clave con más relación entre sí. Podemos observar notablemente

la palabra en inglés “Voltage regulators” que evidentemente es la palabra clave, que más coexistencia tiene por la cantidad de líneas de conexión con otros nodos [13].

Otro estudio realizado con la base de datos antes mencionada, es la frecuencia de publicación de los documentos investigados a lo largo de 30 años a la fecha actual, es decir, de 1993 al 2023. En la figura 3, se presenta una curva hacia el alta, en el tema del diseño y construcción de Potenciostatos de bajo costo, al inicio se tiene poca participación en la investigación, de 1 a 3 documentos por año. Cabe mencionar que del 2001 al 2003, lamentablemente se aprecia que no se realizó registro alguno. Sin embargo, alrededor del 2014 se comienza a incrementar el número de al menos 10 referencias para arriba. No obstante que, hasta el año 2022 se presenta un alza significativa de 38 ejemplares. Esto lo podemos comprender, que existen muchos factores que de alguna manera han sido impactados por la situación económica mundial actual; evidentemente, ha obligado a la comunidad científica y de ingeniería a explorar en el diseño y construcción de sus propios equipos a un bajo costo.



Figura 3. Representación gráfica de los documentos publicados por año.

Por otro lado, es muy importante reconocer el resultado de la inquietud de los países, que tienen el interés por desarrollar investigación relacionada al tema de diseñar y construir un potenciostato. De forma esquemática en la figura 4 del lado izquierdo, se presenta información recabada de la base de datos Scopus, representada de forma gráfica por medio de VosViewer, los países involucrados en la investigación de este tópico se muestran en forma de esferas que de igual manera están interconectados por medio de líneas con otros nodos. La esfera más grande es el país de Estados Unidos de América, que es la nación con más publicaciones, con 49 y 1549 citaciones, evidentemente representa una gran relación con los demás. En segundo lugar, es ocupado por España con 27 documentos y 635 citaciones. Ciertamente EEUU está en los primeros lugares, por lo que es uno de los países más productivos en compañía de Reino Unido y china, sin embargo, para este caso, sólo el país americano se posiciona en primer lugar y los otros mencionados ocuparon el 5º y 7º lugar [14].

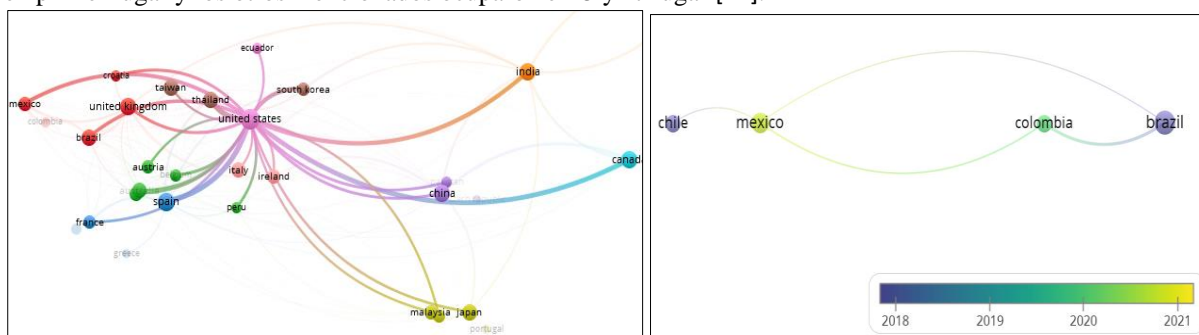


Figura 4. A la derecha se tiene una gráfica en la que demuestra los países en el mundo que han publicado documentos relacionados al tema y a la izquierda solamente los países de habla hispana de América que también han publicado al respecto.

Aunado a esto, en la figura 4 del lado derecho, se aprecian países en desarrollo de América latina, que se suman en la contribución por la ciencia en estos tópicos, es muy satisfactorio saber que cada vez, se ve más la participación a pesar de las grandes limitaciones que muchas veces poseen, inclusive y por el contrario por las necesidades que se tienen, han sido motivados por la inquietud de diseñar y construir sus propios equipos de laboratorio. Brasil ocupa el número uno, con 15 publicaciones y 293 citas, después sigue México con 6 documentos y 27 citaciones. No obstante, es importante destacar que, el país mexicano es el que está realizando las investigaciones más recientes y se aprecia claramente en la figura 4 de la derecha, con un color amarillo que es el

contraste referido entre el año 2020 y 2021; además, se observa que es el que está más correlacionado con todas las naciones destacadas en el esquema.

En la tabla 1, se puede observar los resultados obtenidos de aplicar la ecuación 1 InOrdinatio, con las palabras clave en inglés “Potentiostat AND Low-cost”, se realizó un filtrado de búsqueda por número de citaciones en Scopus y se ordenan los documentos publicados de mayor a menor, después se realizó la exportación de la información, para generar una tabla, en donde se colocó la información bibliográfica con los campos como: el nombre del autor, el título del documento, el año de publicación, número de citaciones, el factor de impacto y finalmente el resultado de la ecuación antes mencionada. Es importante mencionar que, el factor de impacto se investigó de la página de “Resurchify”, en la que podemos encontrar información sobre el índice H y los factores de impacto de las revistas de divulgación científica de los últimos 10 años. Realizando el análisis de lo obtenido, encontramos que el resultado de la ecuación 1, denominada InOrdinatio, nos presenta un valor importante en el que proporciona una mejor prioridad para la consulta de los documentos a revisar, por otro lado, cabe mencionar que, no siempre el número de citaciones nos da la mejor fuente de exploración [11]. En la ecuación 1 antes mencionada se tomó un valor de “ α ” de 7, para no hacer una alta discriminación, porque la mayoría de las publicaciones relacionadas con el diseño y construcción del potenciostato de bajo costo, no tiene muchas citaciones.

Tabla1. Aplicación de la ecuación InOrdinatio de los 6 artículos más citados.

Título y autores	Año	Citas	IF	InOrdinatio
Universal mobile electrochemical detector designed for use in resource-limited applications Nemiroski A.; Christodouleas D.C.; Hennek J.W.; Kumar A.A.; Maxwell E.J.; Fernández-Abedul M.T.; Whitesides G.M.	2014	245	9.53	255.23
A low-cost miniaturized potentiostat for point-of-care diagnosis Cruz A.F.D.; Norena N.; Kaushik A.; Bhansali S.	2014	131	6.85	138.55
Ultrasensitive electrochemical biomolecular detection using nanostructured microelectrodes Sage A.T.; Besant J.D.; Lam B.; Sargent E.H.; Kelley S.O.	2014	96	22.56	119.26
Smartphone-based cyclic voltammetry system with graphene modified screen printed electrodes for glucose detection Ji D.; Liu L.; Li S.; Chen C.; Lu Y.; Wu J.; Liu Q.	2017	106	8.44	115.14
Time-domain fitting of battery electrochemical impedance models Alavi S.M.M.; Birkl C.R.; Howey D.A.	2015	99	7.07	106.77
Early detection and monitoring of chronic wounds using low-cost, omniphobic paper-based smart bandages Pal A.; Goswami D.; Cuellar H.E.; Castro B.; Kuang S.; Martinez R.V.	2018	93	9.81	103.51

Conclusiones

Concluyentemente, en este artículo al realizar un análisis bibliométrico con la información recabada por Scopus, relacionada con el diseño y la construcción de un potenciostato de bajo costo para realizar caracterización de superficies metálicas empleando tarjeta de adquisición de datos con conectividad WiFi, se pudieron hacer múltiples estudios bibliométricos con el apoyo de herramientas como VOSviewer, que nos facilitó realizar gráficas en las que pudimos observar esquemáticamente, las masivas correlaciones que existe entre los artículos con el tema, en diversos contextos. Por otro lado, estratégicamente nos guiamos de las 9 fases y su ecuación del método “Methodi Ordinatio” para poder priorizar las fuentes más relevantes y obtener la suficiente información bibliográfica para poder emprender el proyecto.

satisfactoriamente, En uno de los esquemas analizados, se observó la participación científica por naciones y los países con más publicaciones y citaciones son de primer mundo, pero es importante valorar que, algunos países de América latina últimamente están siendo atraídos por la investigación y por generar su propia tecnología en instrumentación de equipo de laboratorio, para contrarrestar los altos costos por equipamiento de alta gama comercial.

Finalmente, este estudio bibliométrico proporciona una base sólida para futuras investigaciones en este campo, al resaltar las palabras clave de interés y permitir que los investigadores identifiquen conexiones y colaboraciones potenciales. Esperamos que este trabajo contribuya al avance continuo de la investigación electroquímica y la disponibilidad de herramientas asequibles para la caracterización de superficies metálicas, lo que, a su vez, promoverá el progreso en un amplio entorno de disciplinas científicas y aplicaciones tecnológicas.

Referencias

- [1] F. Bentum, «Education and Capacity Building for Open Science Hardware in Sub-Saharan African Universities. (ECB4OSH)», presentado en Open Infrastructure Fund / Fondo de Infraestructura Abierta, ago. 2023. Consultado: 25 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://openreview.net/forum?id=XvhKDR8Pma>
- [2] M. S. Kelly y K. Mayes, «High Precision Laser Fault Injection using Low-cost Components», en *2020 IEEE International Symposium on Hardware Oriented Security and Trust (HOST)*, San Jose, CA, USA: IEEE, dic. 2020, pp. 219-228. doi: 10.1109/HOST45689.2020.9300265.
- [3] B. Pamplona Solis, J. C. Cruz Argüello, L. Gómez Barba, M. P. Gurrola, Z. Zarhri, y D. L. TrejoArroyo, «Bibliometric Analysis of the Mass Transport in a Gas Diffusion Layer in PEM Fuel Cells», *Sustainability*, vol. 11, n.º 23, p. 6682, nov. 2019, doi: 10.3390/su11236682.
- [4] G. N. Meloni, «Building a Microcontroller Based Potentiostat: A Inexpensive and Versatile Platform for Teaching Electrochemistry and Instrumentation», *J. Chem. Educ.*, vol. 93, n.º 7, pp. 1320-1322, jul. 2016, doi: 10.1021/acs.jchemed.5b00961.
- [5] A. A. Rowe *et al.*, «CheapStat: An Open-Source, “Do-It-Yourself” Potentiostat for Analytical and Educational Applications», *PLoS ONE*, vol. 6, n.º 9, p. e23783, sep. 2011, doi: 10.1371/journal.pone.0023783.
- [6] Y. C. Li *et al.*, «An Easily Fabricated Low-Cost Potentiostat Coupled with User-Friendly Software for Introducing Students to Electrochemical Reactions and Electroanalytical Techniques», *J. Chem. Educ.*, vol. 95, n.º 9, pp. 1658-1661, sep. 2018, doi: 10.1021/acs.jchemed.8b00340.
- [7] N. Diomidis, S. Mischler, N. S. More, y M. Roy, «Tribo-electrochemical characterization of metallic biomaterials for total joint replacement», *Acta Biomaterialia*, vol. 8, n.º 2, pp. 852-859, feb. 2012, doi: 10.1016/j.actbio.2011.09.034.
- [8] «WeFiLab: A Web-Based WiFi Laboratory Platform for Wireless Networking Education». Consultado: 25 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6171155/>
- [9] Y. Matsubara, «A Small yet Complete Framework for a Potentiostat, Galvanostat, and Electrochemical Impedance Spectrometer», *J. Chem. Educ.*, vol. 98, n.º 10, pp. 3362-3370, oct. 2021, doi: 10.1021/acs.jchemed.1c00228.
- [10] M. Addo, «A Low-Cost, Compact Electrochemical Analyzer Based on an Open-Source Microcontroller», *Appalachian Student Research Forum*, abr. 2023, [En línea]. Disponible en: <https://dc.etsu.edu/asrf/2023/schedule/37>
- [11] Z. Zarhri, W. Rosado Martinez, J. A. Dominguez Lepe, R. E. Vega Azamar, M. Chan Juarez, y B. B. Pamplona Solis, «30 years of rubberized concrete investigations (1990-2020). A bibliometric analysis», *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, vol. 12, n.º 1, ene. 2022, doi: 10.21041/ra.v12i1.554.
- [12] R. N. Pagani, J. L. Kovaleski, y L. M. Resende, «Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication», *Scientometrics*, vol. 105, n.º 3, pp. 2109-2135, dic. 2015, doi: 10.1007/s11192-015-1744-x.
- [13] L. Zhou, H. Dong, Y. Tao, Y. Ding, H. Lin, y R. Xie, «Global bibliometric and visual analysis of Chiari malformation», *Journal of Neurorestoratology*, p. 100079, sep. 2023, doi: 10.1016/j.jnrt.2023.100079.
- [14] J. M. Veiga-del-Baño, M. Á. Cámara, J. Oliva, A. T. Hernández-Cegarra, P. Andreo-Martínez, y M. Motas, «Mapping of emerging contaminants in coastal waters research: A bibliometric analysis of research output during 1986–2022», *Marine Pollution Bulletin*, vol. 194, p. 115366, sep. 2023, doi: 10.1016/j.marpolbul.2023.115366.

Calidad del Pimiento Obtenido con la Aplicación de Endomicorrizas y Dos Dosis de Fósforo en Invernadero

Ing. Flor Rocío Bartolón Morales¹, Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal¹, Dr. Valentín Robledo Torres¹, Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente¹, Dr. José Rafael Paredes Jácome¹.

Resumen Actualmente la demanda de alimentos sanos e inoocuos está aumentando por lo que es imprescindible dirigirnos hacia una agricultura sustentable. En este proyecto se aborda a los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), estos realizan simbiosis con el 80% de las plantas. Los HMA pueden aumentar la absorción de nutrientes por parte de las plantas y aumentar la eficiencia en el uso de fertilizantes. El objetivo del proyecto es evaluar la calidad del pimiento al aplicar endomicorrizas con dos dosis de fósforo en chile morrón, los mejores resultados se observaron con las dosis de 25 % de fósforo en variables de calidad como vitamina c, acidez titulable y sólidos solubles totales. Los resultados reflejan que los HMA generan un efecto positivo ya que se disminuye el 75 % de la fertilización fosforada.

Palabras clave: HMA, fósforo, simbiosis, sustentable.

Introducción

Se prevé que para el año 2050 la población incremente a 9000 millones de habitantes y con ello la producción de alimentos deberá incrementar hasta en un 110% (Arus, 2020), sin embargo, el cambio climático está afectando seriamente a la agricultura a nivel mundial: al incrementarse la probabilidad de que disminuyan los rendimientos de los cultivos debido a las crecientes temperaturas y menores precipitaciones, se agudiza la inseguridad alimentaria. Se ha demostrado que las actividades agropecuarias sustentables pueden desempeñar un papel importante en la mitigación del efecto invernadero causante del cambio climático, (CIMMYT, 2021)

En el último tiempo, los biofertilizantes, especialmente el uso de Hongos micorrizicos arbusculares (HMA), han surgido como un componente clave en el sistema integrado de nutrición vegetal y se proyectan como una importante solución para mejorar el rendimiento de los cultivos a través de un suministro de nutrientes más sustentable, (Seguel, 2014). Se ha evidenciado que las plantas asociadas a estos hongos formadores de micorrizas tienen ciertas ventajas: una mayor y más eficiente captación de nutrientes; protección contra patógenos de plantas o contra la falta o exceso de agua y resistencia a metales pesados y contaminantes ambientales, lo cual repercute en un mayor crecimiento y reproducción, (Ramos,2011) El término micorriza describe la asociación simbiótica de las raíces de plantas con hifas de hongos especializados del suelo, y se considera el órgano principal involucrado en la captación de nutrientes por la mayoría de las plantas terrestres, (Camarena, 2011). El efecto beneficioso más estudiado por los científicos es el aumento del aporte de nutrientes a la planta y se ha observado que de todos los elementos que pueden ser absorbidos, el fósforo (P) es el que se trasloca a la planta en mayor porcentaje respecto a otros nutrientes como N, Fe, Cu, Zn, etc. (Téllez, *et al* 2012)

Metodología

Procedimiento

El experimento se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo Coahuila, se realizó la siembra del cultivo de pimiento morrón al que se le inocularon dos consorcios(C1: Muzquiz, C2: Cuatro Ciénegas) de endomicorrizas previamente reproducidas en un cultivo trampa, aplicando 20 esporas por planta en la base del tallo respectivamente, los tratamientos utilizados fueron los siguientes: T1: control, T2: consorcio1 de HMA, T3: consorcio 2 de HMA, T4: la combinación de ambos consorcios, estos tratamientos bajo dos dosis de fósforo: con el 25 y 50%.

¹ Ing. Flor Rocío Bartolón Morales es alumna de la maestría en horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Saltillo, Coahuila. Rbartolon2018@gmail.com

¹ Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal es Profesora de Química en la UAAAN, Coahuila México. rosalindamendoza@hotmail.com. (autor corresponsal)

¹ El Dr. Valentín Robledo Torres, profesor de la UAAAN, Saltillo Coahuila robledo3031@gmail.com.

¹ Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente. cafum7@hotmail.com

¹Dr. José Rafael Paredes Jácome, profesor de la UAAAN, campus Torreón Coahuila. rafaelparedes93@hotmail.com

La aplicación de la solución nutritiva fue vía riego, empezando con una dosis del 50% de solución Steiner (Steiner, 1984) modificada incrementando de acuerdo a la etapa fenológica de la planta (75 y 100 %). Se realizó la toma de datos agronómicos y bioquímicos entre ellos vitamina C (AOAC, 1980), Sólidos solubles totales determinado por el método 932.12 (AOAC, 1990), para lo cual se empleó un refractómetro digital, y acidez titulable (Método ácido base 942.15). Los resultados obtenidos de cada variable fueron sometidos a ANOVA y prueba de comparación de medias Fisher ($p \leq 0.05$), mediante el programa estadístico INFOSTAT.

Resultados

En la Figura 1 se presentan los resultados obtenidos para sólidos solubles totales se encontró diferencia estadística significativa en los tratamientos con el 25% de fósforo incrementando al aplicar esporas de la localidad de C. CIEN (15.15%), MUZ y en la combinación de ambos consorcios fue de 15.60.

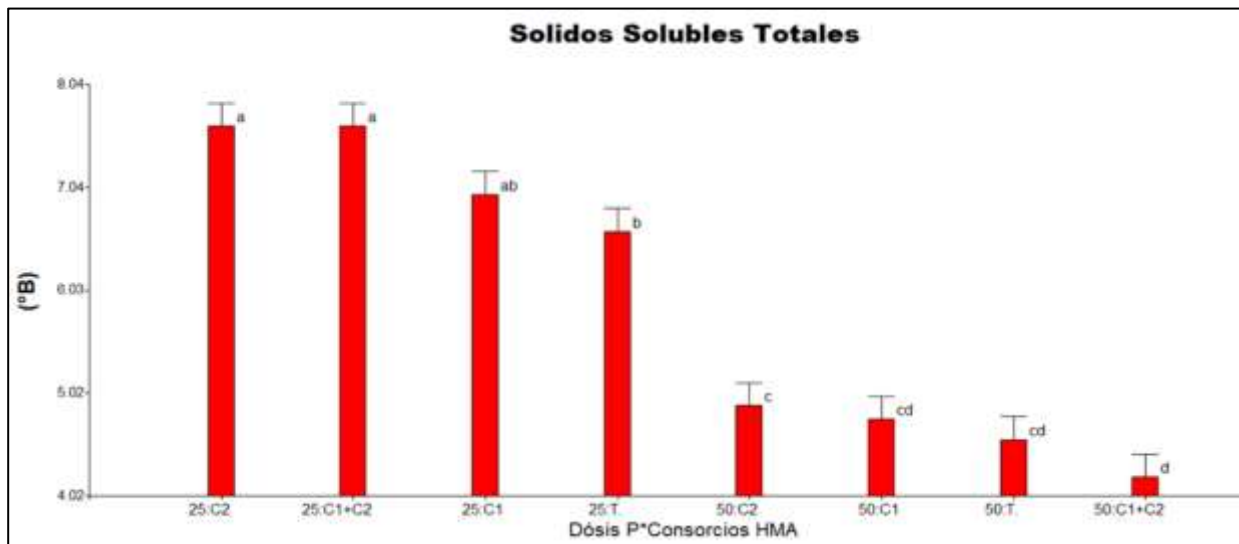


Figura 1. Respuesta de sólidos solubles totales en la Interacción de dos consorcios de endomicorrizas con dos dosis de fósforo (25/50%). C1: consorcio Muzquiz.; C2: Consorcio Cuatro Ciénegas; 25-50: dosis de fósforo (%).Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

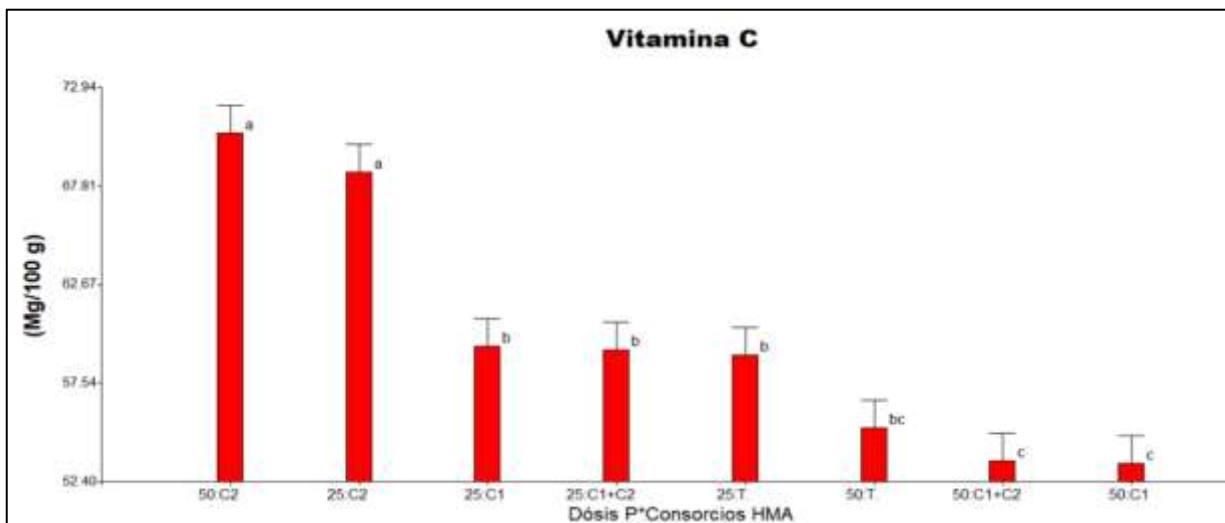


Figura 2. Efecto de la interacción de dos consorcios de endomicorrizas con dos dosis de fósforo (25/50%) en vitamina C. C1: consorcio Muzquiz.; C2: Consorcio Cuatro Ciénegas; 25-50: dosis de fósforo (%). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

En la Figura 2 se presenta la variable vitamina C la cual también muestra la diferencia estadística observada es en el tratamiento C. CIEN con un incremento en 16.1% en con la aplicación de 25 y 50 % de fósforo.

En la Figura 3, para acidez titulable se encontró diferencia estadística significativa en la combinación de ambos consorcios de endomicorizas incrementando la acidez en 64.28% en relación al testigo químico también con el 25% de fósforo.

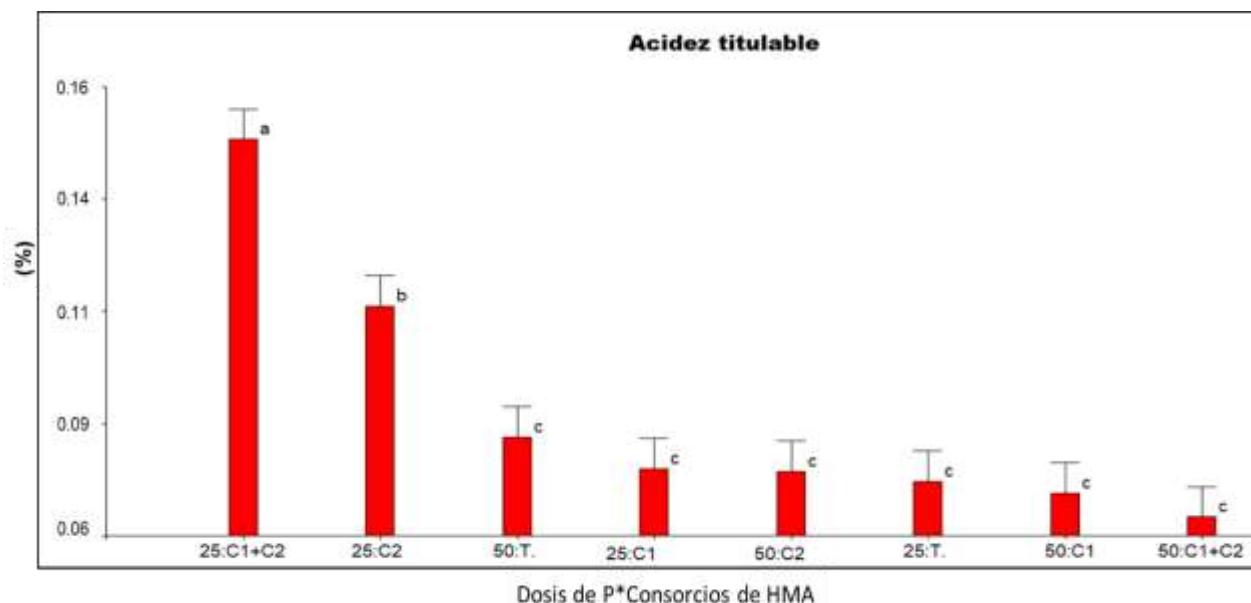


Figura 3. Efecto de la interacción de dos consorcios de endomicorizas con dos dosis de fósforo (25/50%) en acidez titulable. C1: consorcio Muzquiz.; C2: Consorcio Cuatro Ciénegas; 25-50: dosis de fosforo (%). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Análisis de resultados

Algunos estudios reportan que es necesario niveles adecuados de fertilizantes para que no interfieran en la colonización micorrizica (Bell-Mesa 2017). Bañuelos 2017, probó diferentes dosis de fósforo con micorizas en aguacate y observó que la colonización micorrizica disminuía con la adición de fósforo, esto explicaría que los mejores resultados se reflejaron en los tratamientos que contenían la dosis más baja de fósforo. Sin embargo hay reportes que indican que ciertas especies de micorizas soportan altos niveles de fósforo como como lo indica un estudio realizado en papaya en el cual utilizaron cepa de *Glomus sp. Zac-2* (HMA) y el cual reflejó los mejores resultados conforme se incrementaba la dosis de fósforo (Quiñones, 2014). Aunque hay esta diferencia entre cepas, en este trabajo los mejores resultados fueron con el nivel más bajo (25%), por lo que los consorcios utilizados requieren concentraciones bajas de fósforo. En pimiento amarillo se obtuvo un incremento en variables de calidad como SST, AT y Vit C al combinar *Azospirillum* y *Glomus intraradices* de acuerdo a Pérez –Velasco et-al, (2019).

Conclusiones

Los HMA generan una mejor respuesta en la planta cuando se combinan con el 25% de fósforo como fertilizante químico, sin embargo, se necesitaría probar con diferentes especies de micorizas para ver si todas siguen esta tendencia, pero basándonos en los resultados, este sería un gran aporte a la agricultura sustentable y a la economía del productor ya que al hacer uso de micorizas se podría disminuir la dosis de fertilización con este mineral (P). como sucedió en esta investigación para variables de calidad de fruto de pimiento se disminuyó el 75 % de fertilización fosforada. Sin embargo, hace falta realizar más estudios en otros cultivos.

Referencias

Arús, P. Agriculture of the future: Science and technology for sustainable agricultural development. *Mètode Science Studies Journal* [en línea]. 2020, 10(), 33-39. ISSN: 2174-3487. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=511767145018>

- Bañuelos *et al.* Efecto de diferentes niveles de fósforo en aguacate inoculado con hongos micorrízicos arbusculares. 2017. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 8, núm. 7, pp. 1509-1520. <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263153520004.pdf>
- Bell-Mesa, *et al.* Efecto de hongos micorrízicos arbusculares sobre pimiento (L.) en la producción de plántulas en campo antena, Santiago de Cuba. 2017. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. núm. 4, 2017, pp. 53-67. <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181353794003.pdf>
- Camarena G. G. Interacción planta-hongos micorrízicos arbusculares. 2012. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v18n3/v18n3a12.pdf>
- Madueño, M.J. La Agricultura Sustentable, una alternativa para disminuir el calentamiento global. 2021. Centro Internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT). <https://idp.cimmyt.org/la-agricultura-sustentable-una-alternativa-para-disminuir-el-calentamiento-global/>
- Pérez *et al.* Evaluación del uso de endomicorrizas y sp. en la productividad y calidad nutraceutica de chile morrón (Capsicum annuum) en invernadero. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(1): 18-30. <https://doi.org/10.12706/itea.2018.029>
- Quiñones *et al.* Dinámica del crecimiento de papaya por efecto de la inoculación micorrízica y fertilización con fósforo. 2014. Revista Chapingo. Serie horticultura, vol. 20, núm. 2, 2014, pp. 223-237. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60931891008>
- Ramos Z J. A. Hongos micorrizico-arbusculares. 2011. Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). <https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap4/07%20Hongos%20micorrozicos.pdf>
- Seguel F. A. El potencial de las micorrizas arbusculares en la agricultura desarrollada en zonas áridas y semiáridas. *Idesia* [online]. 2014, vol.32, n.1, pp.3-8. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292014000100001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-3429. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100001>.
- Téllez *et al.* El papel de las micorrizas en la agricultura. Departamento de Química y Análisis Agrícola. 2012. ETSI Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/22493/1/INVE_MEM_2012_152491.pdf

Mapeo de la Evolución en la Investigación de los Paneles Solares: Un Análisis Bibliométrico de los Resultados de la Investigación durante 1992-2023

MI Francisco Javier Becerra González ¹, Dr. José Gerardo Vera Dimas ²,
Dr. Luis Cisneros Villalobos ³, Dr. Zakaryaa Zarhri ^{4,*}

Resumen— Este trabajo de investigación es sobre un estudio de análisis bibliométrico de la literatura de artículos científicos publicados de carácter Journal Citation Report (JCR), sobre la evolución de la investigación sobre la energía solar fotovoltaica, tecnologías y materiales usados para su fabricación para contribución al uso de las energías renovables en todo el mundo, de acuerdo mapeo científico se utilizaron, Scopus, Microsoft Excel y VOSviewer. Se recuperaron 17,760 publicaciones, entre 1992 y 2023, de la base de datos Scopus, en este estudio se encontraron 2296 publicaciones de la revista Solar Energy Materials and Solar Cells, la cual se encuentra en el top de las revistas con mayores publicaciones, y la revista Advanced Materials con un total de 128,713 citas en el periodo señalado, desde 2006 se ha notado un aumento en el interés de los investigadores por el estudio de los paneles solares y eso por el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sustentable mundial.

Palabras clave— Análisis bibliométrico, Celdas solares, Fuentes renovables, sustentabilidad, Methodi InOrdinatio.

Introducción

El uso de la energía y la cantidad de electricidad que una sociedad consume, está relacionada con la eficiencia que la transforma, y esta debe constituir los criterios que permiten diagnosticar su grado de desarrollo y sustentabilidad. Se puede relacionar que el incremento en el nivel de desarrollo (PIB) de una nación se encuentra asociado, en general con el consumo energético y a una mayor capacidad para llevar a cabo un uso y transformación eficientes de la energía, es la base que sustenta e integra todas las formas que existen en el plante tierra y produce sostenibilidad para la población [1], [2]. Resaltando la importancia de conocer previamente los recursos naturales que son la fuente de la energía renovable y lo no renovable, por tal motivo resulta necesario conocer las leyes que gobiernan su uso [3]. Este trabajo trata sobre el análisis bibliométrico, el cual se basa en la búsqueda de artículos que son más relevantes y citados, así como un análisis de la literatura existente seleccionada, con el propósito de recopilar información y datos sobre el estudio en el tema de los paneles solares, materiales, nuevas tecnologías y evolución entre 1992 y 2023, esto con el objetivo de recopilar y analizar los documentos más relevantes en función del factor de impacto de las revistas, el número de citas, así como el año de publicación (De campos et otros, 2018) [4], [5]. El estudio a realizar es un análisis cuantitativo sobre la evolución de los paneles solares utilizando el método bibliométrico Methodi Ordinatio (Pagani et al., 2015b). Este artículo está dirigido a investigadores y empresas que están relacionados con el tema y que requieren un análisis detallado de la literatura para futuros trabajos como referencia [6], [7].

Metodología

Procedimiento

Los datos para el presente análisis bibliométrico se obtuvieron de la base de datos de Scopus el 14 de septiembre de 2023, y comprendieron registros obtenidos de una búsqueda sistemática de documentos que coinciden con los términos de búsqueda [6], [7].

En el campo temático “Tema” (título, resumen e indexación). El período de búsqueda temporal fue desde su inicio hasta el 31 de mayo del 2023. La corriente booleana elegida fue (“Paneles” y “solares” y “materiales”) [8], [9].

La búsqueda arrojó 17,760 publicaciones en la base de datos Scopus. Con base a estos resultados, se seleccionaron las principales palabras clave. Posteriormente se generó una base de datos en formato de Valores Separados por Comas (CSV) y Archivo de Texto (TXT) para su posterior análisis en una herramienta informática para la construcción y visualización de redes bibliométricas denominadas VOSviewer. La Figura 1 muestra el diagrama de palabras clave de las bases de datos Scopus, según la frecuencia de repetición de las palabras [10], tal como se muestra en la figura 1.

¹ El MI Francisco Javier Becerra González es Estudiante de Doctorado de la Facultades de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. Javier.becerra@uaem.mx

² El Dr. José Gerardo Vera Dimas es Profesor Investigador de tiempo completo de la Facultades de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. gvera@uaem.mx

³ El Dr. Luis Cisneros Villalobos es Profesor Investigador de tiempo completo de la Facultades de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. luis.cisneros@uaem.mx

⁴ El Dr. Zakaryaa Zarhri es Profesor Investigador de tiempo completo de la Facultades de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. z.zarhri@gmail.com *Autor de correspondencia

Fase 7: Obtención del ranking de los artículos: Una vez completadas las fases 1 a 6, se utilizó la ecuación del índice InOrminatio para calcular el ranking de los artículos. Esta ecuación considera el total de citas, el factor de impacto y un factor de peso proporcionado por el investigador, que oscila entre 1 y 10.

$$\text{InOrminatio} = \left(\frac{IF}{1000} \right) + (\text{año de investigación} - \text{año publicación}) + \sum Ci$$

Donde:

IF = Factor de impacto (JCR, CiteScore, SJR o SNIP)

= coeficiente (1 a 10) que evalúa la importancia del año en que se publicó el artículo

Año de investigación = año en que se realizó la investigación

$\sum Ci$ = número total de citas del artículo

Para considerar no solo las publicaciones de larga trayectoria, se eligió un valor alfa de 7 (Pamplona Solís et al., 2019). Un valor alfa cercano a 1 ($\alpha=1$) genera portafolios con artículos clásicos, pero si los artículos recientes son más importantes para la investigación, entonces el valor de alfa debería estar más cercano a 10.

Fase 8: Búsqueda de los artículos completos después de clasificar los artículos utilizando InOrdinatio, una vez obtenido el ranking de los artículos mediante la herramienta método InOrdinatio, su versión completa se obtuvo a través de una herramienta de gestión de referencias como Mendeley, Citavi o Zotero.

Fase 9: Lectura final y análisis sistemático de los artículos. Dependiendo del número de artículos seleccionados a través de Methodi Ordinatio, no es posible que los investigadores los lean todos. Por esta razón, es importante utilizar la InOrdinatio, ya que este índice proporciona los criterios científicos para la selección de los artículos más relevantes para ser leídos y analizados sistemáticamente.

El software VOSviewer versión 1.6.7 es una herramienta de software para construir y visualizar redes bibliométricas. Con capacidad llegar a revistas, investigadores o publicaciones, se pueden construirse en base a citas, acoplamiento bibliográfico, co-citas o relaciones de autorías.

La información que se puede extraer es la frecuencia de las palabras clave, que se muestra según el área de los círculos. Los círculos más pequeños representan palabras clave que no son tan relevantes, mientras que los más grandes representan palabras clave relevantes.

Resultados

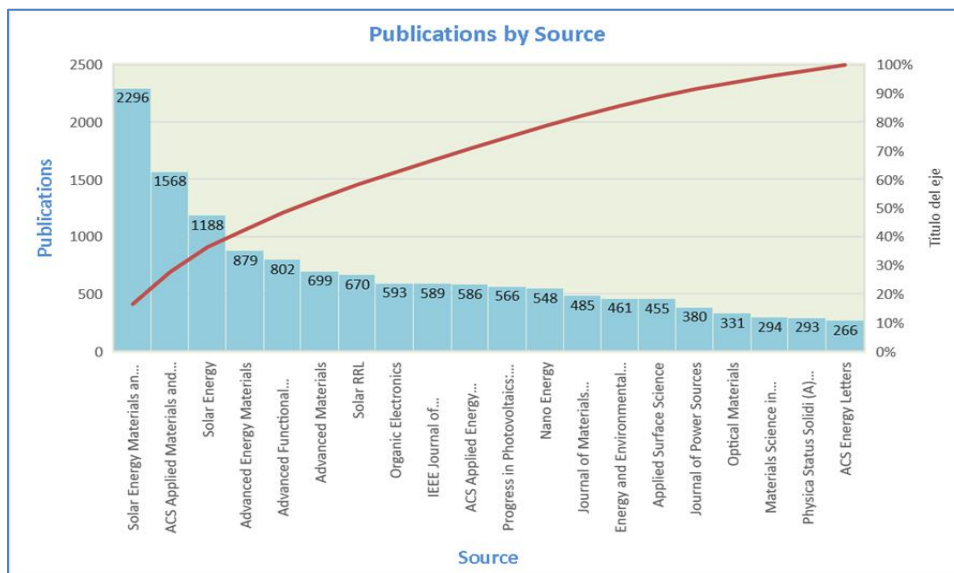
El objetivo de la búsqueda fue encontrar artículos que contengan la palabra “paneles solares”, ya sea en el título resumen o palabras clave en el periodo comprendido entre 1992 y 2023. Se eligió como tema principal de análisis, en la base de Scopus se registraron 17,760. En la gráfica 1 se puede observar con mayor detalle cómo ha sido la tendencia en la investigación de este tema [12], [13].

La Gráfica 1, se muestra una tendencia muy alta en la producción de artículos relacionados con el tema, principalmente por la búsqueda de alternativas en la mitigación del calentamiento global utilizando fuentes de energía renovable, en los últimos 10 años se observa una tendencia más prolongada, esto debido al cumplimiento de los ODS.



Gráfica 1. Número de artículos publicados por año

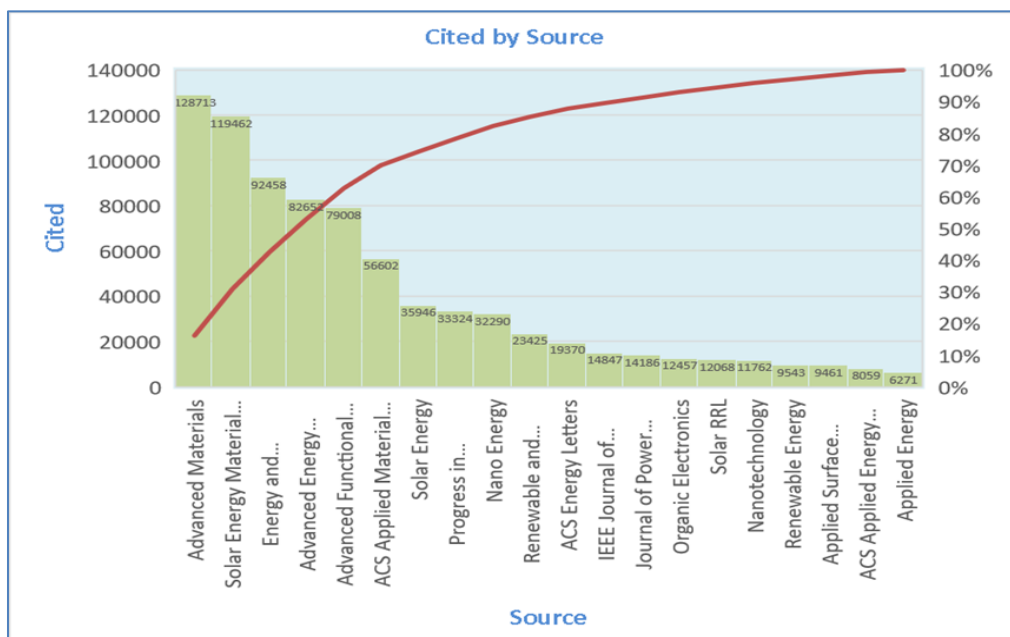
En la Grafica 2, se puede ver el comparativo de la cantidad de artículos publicados por revista. Para este caso se consideraron las revistas que mayor impacto tienen de un periodo de 1992 y 2023, se consideraron las de mayor impacto arriba ≥ 266 publicaciones, que equivale al 50% del total de artículos publicados [5], [14], [15].



Grafica 2. Publicaciones por fuente

En la Grafica 3, se muestra el comparativo de la cantidad de citas por revista.

Para este caso se consideraron las revistas que mayor impacto, que tienen un periodo de 1992 a 2023, se consideraron las de mayor impacto arriba ≥ 6271 citas, lo que equivale arriba del 50% del total de documentos.



Grafica 3. Publicaciones por fuente

Análisis

Los documentos más importantes, de acuerdo a este análisis se encuentran enlistados en la tabla 1. Estos documentos hacen referencia principalmente a los materiales utilizados en la fabricación de los paneles solares y su evolución, analizando las características de las células solares, investigación sobre concentradores solares y su evolución, Células solares de película delgada, avances en el modelado de materiales, avances recientes en baterías acuosas de iones de litio y diseño racional de materiales termoeléctricos avanzados, también se muestra el resultado de la aplicación del método InOrdinatio [6], [7], [11], los artículos fueron los más importantes. Durante el análisis, se consideraron inicialmente los 17,760 artículos, estos fueron filtrados en orden de importancia por la citación de los mismos y el factor de impacto JCR, quedando después de este filtro un total de 7,320 [16]–[18].

Autor	Título	Año	Ordinatio Alfa= 7	InOrdinatio
Todorov T.K.; Tang J.; Bag S.; Gunawan O.; Gokmen T.; Zhu Y.; Mitzi D.B.	Beyond 11% efficiency: Characteristics of state-of-the-art Cu ₂ ZnSn(S,Se) ₄ Solar Cells	2013	1	948.0278
Debije M.G.; Verbunt P.P.C.	Thirty years of luminescent solar concentrator research: Solar energy for the built environment	2012	2	707.0278
Treat N.D.; Brady M.A.; Smith G.; Toney M.F.; Kramer E.J.; Hawker C.J.; Chabynyc M.L.	Interdiffusion of PCBM and P3HT reveals miscibility in a photovoltaically active blend	2011	3	576.0278
Walsh A.; Chen S.; Wei S.-H.; Gong X.-G.	Kesterite thin-film solar cells: Advances in materials modelling of Cu ₂ ZnSnS ₄	2012	4	562.0278
Wang Y.; Yi J.; Xia Y.	Recent progress in aqueous lithium-ion batteries	2012	5	453.0278
Yang J.; Yip H.-L.; Jen A.K.-Y.	Rational design of advanced thermoelectric materials	2013	6	250.0278
Schubert S.; Meiss J.; Müller-Meskamp L.; Leo K.	Improvement of transparent metal top electrodes for organic solar cells by introducing a high surface energy seed layer	2013	7	228.0278

Tabla 1. Relación de artículos clasificados por orden InOrdinatio

Conclusiones

Este documento tuvo como propósito analizar los sistemas solares desde sus inicios en los años 90's hasta la actualidad y que ha tenido un gran interés por parte de la comunidad científica contribuyendo a reducir la contaminación por gases de efecto invernadero, la investigación demostró el crecimiento exponencial de la literatura en la actualidad, se analizaron 17,760 artículos publicados, en más de 41 revistas con 40,000 citas en promedio por documento, se obtuvieron factores de impacto de 5.4 a 27.8 en las revistas con mejores calificaciones. En estos documentos se ha estudiado la evolución de los sistemas solares y la búsqueda por emplear los materiales para ser sistemas más eficientes y de mayor vida útil.

Referencias

- [1] W. Ali Zahid, W. Akram, M. Fiaz Ahmad, K. Ayub, y J. Iqbal, «Designing of dimethylfluorene-based hole transport materials for high-performance organic/perovskite solar cells», *Solar Energy*, vol. 262, p. 111888, sep. 2023, doi: 10.1016/j.solener.2023.111888.
- [2] Y.-R. Chang *et al.*, «Shift-Current Photovoltaics Based on a Non-Centrosymmetric Phase in In-Plane Ferroelectric SnS», *Advanced Materials*, vol. 35, n.º 29, p. 2301172, 2023, doi: 10.1002/adma.202301172.
- [3] M. Harth, L. Vesce, I. Kouroudis, M. Stefanelli, A. Di Carlo, y A. Gagliardi, «Optoelectronic perovskite film characterization via machine vision», *Solar Energy*, vol. 262, p. 111840, sep. 2023, doi: 10.1016/j.solener.2023.111840.
- [4] S. B. Jaffri, K. S. Ahmad, I. Abrahams, y L. Almanqur, «[Gd-Ho-Dy]:CsPbI_{1.8}Br_{1.2} stable perovskite material as an absorber layer in photovoltaic devices, charge storage electrode, and an efficacious OER/HER catalyst», *Solar Energy*, vol. 262, p. 111800, sep. 2023, doi: 10.1016/j.solener.2023.111800.

- [5] J.-H. Kim *et al.*, «Efficient and Stable Quasi-2D Ruddlesden–Popper Perovskite Solar Cells by Tailoring Crystal Orientation and Passivating Surface Defects», *Advanced Materials*, vol. 35, n.º 31, p. 2302143, 2023, doi: 10.1002/adma.202302143.
- [6] R. N. Pagani, J. L. Kovaleski, y L. M. Resende, «Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication», *Scientometrics*, vol. 105, n.º 3, pp. 2109-2135, dic. 2015, doi: 10.1007/s11192-015-1744-x.
- [7] B. Pamplona Solis, J. C. Cruz Argüello, L. Gómez Barba, M. P. Gurrola, Z. Zarhri, y D. L. TrejoArroyo, «Bibliometric Analysis of the Mass Transport in a Gas Diffusion Layer in PEM Fuel Cells», *Sustainability*, vol. 11, n.º 23, p. 6682, nov. 2019, doi: 10.3390/su11236682.
- [8] F. Pelisser, N. Zavarise, T. A. Longo, y A. M. Bernardin, «Concrete made with recycled tire rubber: Effect of alkaline activation and silica fume addition», *Journal of Cleaner Production*, vol. 19, n.º 6, pp. 757-763, abr. 2011, doi: 10.1016/j.jclepro.2010.11.014.
- [9] S. Schubert, J. Meiss, L. Müller-Meskamp, y K. Leo, «Improvement of Transparent Metal Top Electrodes for Organic Solar Cells by Introducing a High Surface Energy Seed Layer», *Advanced Energy Materials*, vol. 3, n.º 4, pp. 438-443, 2013, doi: 10.1002/aenm.201200903.
- [10] J. A. Steele *et al.*, «How to GIWAXS: Grazing Incidence Wide Angle X-Ray Scattering Applied to Metal Halide Perovskite Thin Films», *Advanced Energy Materials*, vol. 13, n.º 27, p. 2300760, 2023, doi: 10.1002/aenm.202300760.
- [11] Z. Zarhri, W. Rosado Martinez, J. A. Dominguez Lepe, R. E. Vega Azamar, M. Chan Juarez, y B. B. Pamplona Solis, «30 years of rubberized concrete investigations (1990-2020). A bibliometric analysis», *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, vol. 12, n.º 1, ene. 2022, doi: 10.21041/ra.v12i1.554.
- [12] A. Walsh, S. Chen, S.-H. Wei, y X.-G. Gong, «Kesterite Thin-Film Solar Cells: Advances in Materials Modelling of Cu₂ZnSnS₄», *Advanced Energy Materials*, vol. 2, n.º 4, pp. 400-409, 2012, doi: 10.1002/aenm.201100630.
- [13] N. D. Treat *et al.*, «Interdiffusion of PCBM and P3HT Reveals Miscibility in a Photovoltaically Active Blend», *Advanced Energy Materials*, vol. 1, n.º 1, pp. 82-89, 2011, doi: 10.1002/aenm.201000023.
- [14] V. J.-Y. Lim *et al.*, «Air-Degradation Mechanisms in Mixed Lead-Tin Halide Perovskites for Solar Cells», *Advanced Energy Materials*, vol. 13, n.º 33, p. 2200847, 2023, doi: 10.1002/aenm.202200847.
- [15] Q. Liu y K. Vandewal, «Understanding and Suppressing Non-Radiative Recombination Losses in Non-Fullerene Organic Solar Cells», *Advanced Materials*, vol. 35, n.º 35, p. 2302452, 2023, doi: 10.1002/adma.202302452.
- [16] Y. Yang, Y. Xiao, B. Xu, y J. Hou, «Cross-Linkable Cathode Interlayer for Inverted Organic Solar Cells with Enhanced Efficiency and Stability», *Advanced Energy Materials*, vol. 13, n.º 30, p. 2301098, 2023, doi: 10.1002/aenm.202301098.
- [17] J. Yang, H.-L. Yip, y A. K.-Y. Jen, «Rational Design of Advanced Thermoelectric Materials», *Advanced Energy Materials*, vol. 3, n.º 5, pp. 549-565, 2013, doi: 10.1002/aenm.201200514.
- [18] J. Xia, M. Sohail, y M. K. Nazeeruddin, «Efficient and Stable Perovskite Solar Cells by Tailoring of Interfaces», *Advanced Materials*, vol. 35, n.º 31, p. 2211324, 2023, doi: 10.1002/adma.202211324.

Observador de Luenberger Aplicado al Diagnóstico de Fallas en un Sistema de Suspensión en un Automóvil

Nazario Cano Chacu¹, Dr Juan Anzures Marín², M.I. Salvador Ramírez Zavala³

Resumen— El artículo presenta la metodología basada en un observador de Luenberger para abordar el problema del diagnóstico de fallas en sensores, aplicado en un sistema de un cuarto de suspensión en un automóvil. Esta metodología se basa en analizar señales de residuos o señales de fallas, las cuales indican una operación consistente o inconsistente del sistema; basándose su principio de funcionamiento en la comparación de la información de la salida medida del sistema con la información de la salida estimada a través del observador de estados. Se propone una solución al problema del diagnóstico de fallas basado en el análisis de los residuos mediante la comparación de un umbral propuesto, con lo cual se toma la decisión respecto a una posible falla en el sistema. Las pruebas realizadas permiten establecer que el diseño de observadores de Luenberger proporcionan una herramienta útil para el problema del diagnóstico de fallas en sistemas donde se conoce el modelo.

Palabras clave— Observador de Luengerger, Diagnostico de Fallas, Matlab.

Introducción

Un observador de estado es un sistema dinámico que estima variables de estado o parámetros a partir de mediciones disponibles. En la actualidad los observadores, también llamados sensores virtuales, son ampliamente utilizados debido a que permiten estimar variables difíciles de medir de un sistema a partir de algoritmos matemáticos y mediciones disponibles, además son adecuados para detectar y localizar fallas en actuadores y sensores. Los observadores tienen un procedimiento de diseño sistemático y sencillo, lo que facilita su implementación y ejecución en tiempo real.

En la industria automotriz, el confort y la estabilidad son características esenciales para que el modelo de un vehículo cumpla con las especificaciones que demanda el mercado actual. El confort y la estabilidad garantizan las condiciones de comodidad y de seguridad, respectivamente. El sistema de suspensión es el encargado de aislar al chasis del movimiento causado por las irregularidades del terreno y, al mismo tiempo, asegura que las ruedas se mantengan en contacto con la carretera. La calidad de la actuación de la suspensión no sólo afecta directamente al desempeño del manejo y la comodidad del viaje, sino también la seguridad en la conducción, la maniobrabilidad, la estabilidad y el ahorro de combustible.

El problema del diagnóstico de fallas ha sido estudiado ampliamente desde hace varias décadas, por lo cual podemos encontrar gran cantidad de trabajos relacionados al área, como los mostrados en: Hedrick, y Rajamani, (1994), hace uso de observadores de estado para sistemas no lineales con el objeto de mejorar la calidad del viaje en una suspensión activa, y observadores de estado para sistemas bilineales para reducir la dinámica de la carga del neumático en una suspensión semi-activa de un vehículo pesado. En Shahram.y Abbas (2009), se presentan un método basado en la transformada Wavelet continua para diagnosticar fallas en un amortiguador. El método analiza la frecuencia natural del sistema y los componentes de frecuencia de la señal con la energía máxima relativa. En Lozoya, Tudon, et al. (2012), proponen un sistema de detección de fallas para monitorear el rendimiento del amortiguador, para eso estiman la frecuencia para la carretera basado en la deflexión de la suspensión. En Rizvi, Abid, Qayyum. (2013), utilizan el modelo de una suspensión activa del modelo completo del vehículo para diagnosticar fallas en los actuadores. Además, desarrollan un enfoque basado en observadores de entradas desconocidas (Unknown Input Observer) para desacoplar el sistema de las perturbaciones de la carretera y así el residuo generado tan sólo sea sensible a las fallas. Existen más trabajos que pueden encontrar con enfoques basados en el modelo del sistema como los mostrados por Lin, Singh (2007), Zhang, Wang, et al. (2009), Weitian, Mehrdad (2006). Así, el estudio realizado en este trabajo para el diagnóstico de fallas se basa en la generación de residuos a través de la comparación entre la salida del sistema respecto a una salida estimada, esto es posible usando un modelo de la planta implementada con un observador de estados

¹ Nazario Cano Chacu es alumno de la Facultad de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia Michoacán México, 1026187a@umich.mx.

² Dr Juan Anzures Marín es Profesor de la Facultad de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, juan.anzures@umich.mx

³ M.I. Salvador Ramírez Zavala es Profesor de la Facultad de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, salvador.ramirez@umich.mx (autor corresponsal)

Metodología

Diagnóstico de fallas basado en observadores

Los inicios del diagnóstico de fallas basados en el modelo surgen como una aplicación de la teoría de los observadores utilizados en el área de control automático. Aunque la automatización de los sistemas permite reducir la exposición de los operadores humanos al manejo manual, tareas repetitivas y ambientes inseguros, no garantiza la prevención de eventos de falla en los procesos. La naturaleza física de los sistemas hace que éstos sean vulnerables a fallas en sus componentes, lo cual está asociado a efectos no deseados en los mismos, ya que se puede presentar desde la reducción del desempeño hasta la interrupción total de la actividad. Es importante mencionar que en ocasiones el inicio de una falla no se manifiesta de manera rotunda en el funcionamiento del sistema; sin embargo, la operación prolongada bajo esta situación provoca que la falla se intensifique y por lo tanto el efecto sobre el proceso sea mayor.

A partir de una secuencia de entradas y salidas obtenidas de los sensores en el proceso, el objetivo de la detección de fallas es verificar la consistencia con el comportamiento del modelo, de esta manera la detección de una inconsistencia es un indicativo de la presencia de una falla en el sistema. Una forma de verificar dicha consistencia entre el modelo y las mediciones entrada-salida (u , y) es generar una estimación de las salidas (\hat{y}). La consistencia entre el sistema real y el modelo se evalúa a cada instante de tiempo mediante la diferencia (1), conocida como residuo

$$r(t) = y(t) - \hat{y}(t) \quad (1)$$

Idealmente, en un sistema libre de fallas, el valor absoluto del residuo $r(t)$ debe estar suficientemente cerca de cero y naturalmente desviarse de cero cuando una falla $d(t)$ ocurre en el sistema; de esta forma, se usa esta propiedad del residuo para determinar si se presenta o no una falla en el sistema, es decir, se cumple la condición (2).

$$\begin{aligned} \text{si } |r(t)| \in \text{Zero} & \quad \text{no hay falla } (d(t) = 0) \\ \text{si } |r(t)| \in \text{No Zero} & \quad \text{falla } (d(t) \neq 0) \end{aligned} \quad (2)$$

Por lo tanto, se puede decir que los residuos son sensibles a fallas específicas. En este sentido una propiedad deseable es que el residuo sea insensible o poco sensible a variaciones paramétricas en una vecindad de valores nominales; es decir, las variaciones paramétricas no deben ser confundidas con fallas, los residuos deben ser robustos ante dichos efectos. Dicha robustez en la detección de fallas se puede lograr en la generación de residuos o en la fase de toma de decisión. De esta manera, la idea generalmente aceptada para el diagnóstico de fallas es que se puede dividir dos etapas básicas usando una estructura como se muestra en la figura 1, y se describen a continuación:

- Generación de residuos. Su propósito es generar la señal de diagnóstico conocida como residuo, la cual sólo depende de las fallas y no de la entrada.
- Toma de decisión. El propósito de esta etapa, también conocida como evaluación de residuo, es examinar el residuo y extraer información sobre las fallas.



Figura 1. Estructura general del sistema de diagnóstico de fallas

Observador de Luenberger

Los observadores son llamados sensores virtuales debido a que su algoritmo de programación tiende a realizar la misma función que un sensor físico. Sin embargo, el diseño de un observador implica que el sistema sea observable (Cristina, Gentil, and Morales, 2013).

La aproximación basada en observadores necesita de un modelo del sistema dado por (3) para operar de forma paralela con el proceso en lazo abierto (Cristina, Gentil, and Morales, 2013), por lo cual se garantiza el conocimiento

pleno del comportamiento del sistema. La diferencia entre la medición de salida y la señal estimada por el observador debe ser diferente de cero cuando un error ocurre (Guillermo, Rossi, and Bocero. 2012).

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) &= Cx(t) + Du(t)\end{aligned}\quad (3)$$

Si por restricciones físicas no tenemos acceso para medir a las variables del sistema, se pueden estimar, y para ello se recomienda construir un observador de estado, basado en mediciones de entradas y salidas, lo cual permitirá generar las señales de falla o residuos y con ello detectar fallas en el sistema. Como se puede apreciar de la Figura 2, de donde se puede obtener (4).

$$y(t) - \hat{y}(t) = Cx(t) - C\hat{x}(t) = C\tilde{x}(t) \quad (4)$$

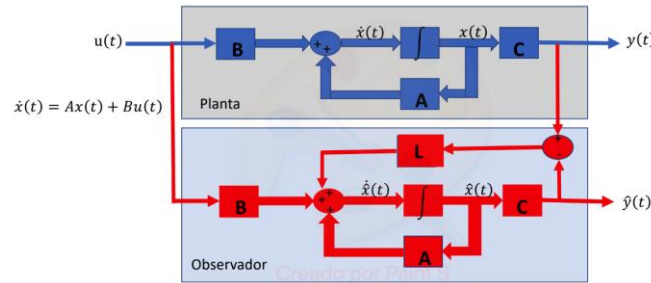


Figura 2: Estructura de un observador de estado

La ecuación para el observador se muestra en (5) y (6).

$$\dot{\hat{x}}(t) = A\hat{x}(t) + Bu(t) + L[y(t) - \hat{y}(t)] \quad (5)$$

$$\hat{x}(t) = A\hat{x}(t) + Bu(t) + L[Cx(t) - C\hat{x}(t)] \quad (6)$$

El objetivo del observador es hacer que el error de estado (7) tienda a cero conforme \$t\$ tiende a infinito, es importante conocer la dinámica del error, la cual se define como en (8):

$$e(t) = x(t) - \hat{x}(t) \quad (7)$$

$$\begin{aligned}\dot{e}(t) &= \dot{x}(t) - \dot{\hat{x}}(t) = Ax(t) + Bu(t) - A\hat{x}(t) - Bu(t) - L[Cx(t) - C\hat{x}(t)] \\ \dot{e}(t) &= A[x(t) - \hat{x}(t)] - LC[x(t) - \hat{x}(t)] \\ \dot{e}(t) &= (A - LC)e(t)\end{aligned}\quad (8)$$

Se puede observar que:

$$e(t) \rightarrow 0, \quad \text{conforme } t \rightarrow \infty$$

Si la matriz del error en lazo cerrado \$(A - LC)\$ es Hurwitz; es decir que los valores propios tengan la parte real negativa y \$L\$ existe tal que se cumpla (9).

$$\det(SI - A + LC) = \alpha(S) = S^n + \alpha_1 S^{n-1} + \dots + \alpha_n$$

si y sólo si el sistema es observable. Con \$L\$ igual a (10).

$$L = \alpha(A)O^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Por otro lado, la estabilidad y las características de respuesta transitoria se determina mediante los valores característicos de la matriz \$(A-LC)\$. Si se elige la matriz \$L\$ en forma adecuada, la matriz \$(A - LC)\$ se convierte en una matriz asintóticamente estable y para todos \$e(t) \neq 0\$ es posible hacer que \$\dot{e}(t)\$ tienda a 0 conforme \$t\$ tienda a infinito (Luenberger, 1971)

El diseño del observador a través de la retroalimentación de estados observados se basa en la asignación de polos haciendo uso de (9) para encontrar la matriz de ganancias L mediante un análisis previo de observabilidad del sistema, recordando que dicha técnica se basa en la dinámica del sistema.

Modelado del sistema de un cuarto de suspensión de automóvil

El caso de estudio que se desarrolla en el presente trabajo es un sistema de suspensión de un cuarto de vehículo, el sistema de suspensión proporciona características de buen desempeño y confort en la conducción. La principal aplicación del sistema es controlar el movimiento vertical excesivo de la rueda para eliminar las fallas de contacto entre el neumático y la carretera, mantener buenas características de conducción y evitar daños a la suspensión.

El modelo de un cuarto de vehículo (Hrovat, 1990), el cual representa adecuadamente el problema del control de las variaciones de carga sobre las ruedas del vehículo y las fuerzas que intervienen en el sistema de suspensión, como se muestra en la Figura 3, donde los resortes tienen fuerzas iniciales en posición de equilibrio dadas por (10).

$$F_u = (m_s + m_u)g$$

$$F_s = (m_s)g$$
(10)

Donde g representa la aceleración de la gravedad.

Aplicando la segunda ley de Newton, a la masa suspendida (chasis) y no suspendida (neumático) se obtiene (11) y (12).

$$m_s \ddot{x}_s = F_a - c_s(\dot{x}_s - \dot{x}_u) - (-F_s + k_s(x_s - x_u)) - m_s g$$
(11)

$$m_u \ddot{x}_u = -F_a - c_s(\dot{x}_s - \dot{x}_u) + (-F_s + k_s(x_s - x_u)) - m_u g - c_u(\dot{x}_u - \dot{x}_r) - (-F_u + k_u(x_u - x_r))$$
(12)

Simplificando las ecuaciones (11) y (12) y, considerando (10) se obtiene:

$$m_s \ddot{x}_s = F_a - c_s(\dot{x}_s - \dot{x}_u) - (k_s(x_s - x_u))$$
(13)

$$m_u \ddot{x}_u = -F_a + c_s(\dot{x}_s - \dot{x}_u) + (k_s(x_s - x_u)) - c_u(\dot{x}_u - \dot{x}_r) - (k_u(x_u - x_r))$$
(14)

Dónde: x_r es el desplazamiento por las irregularidades del camino en metros (m); x_u es el desplazamiento vertical de neumático en metros (m); x_s es el desplazamiento vertical del chasis en metros (m); F_a es la fuerza del actuador en Newton (N); F_u y F_s son las fuerzas iniciales de los resortes en Newton(N).

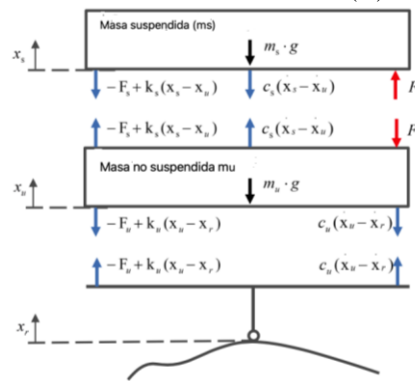


Figura 3. Esquema de un modelo de un cuarto de vehículo.

De esta manera, (13) y (14) representa el modelo de la masa suspendida y de la masa no suspendida, respectivamente. Estas ecuaciones describen el comportamiento de dichas masas cuando se analiza la cuarta parte de un vehículo.

Para determinar el sistema de ecuaciones de estado, primero se define:

Variables de estado

$$x = \begin{bmatrix} x_s - x_u \\ \dot{x}_s \\ x_u - x_r \\ \dot{x}_u \end{bmatrix}$$

Entradas

$$u = \begin{bmatrix} \dot{x}_r \\ F_a \end{bmatrix}$$

Salidas

$$y = \begin{bmatrix} x_s - x_u \\ \ddot{x}_s \end{bmatrix}$$

Donde cada término: $(x_s - x_u)$ es la deflexión de la suspensión; \dot{x}_s es la velocidad vertical del chasis; $(x_u - x_r)$ es la deflexión del neumático; \dot{x}_r es la velocidad vertical del camino; \dot{x}_u es la velocidad vertical del neumático y \ddot{x}_s es la aceleración vertical del chasis.

Así el modelo en espacio de estado que representa la dinámica del sistema se puede escribir como:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & -1 \\ -\frac{k_s}{m_s} & -\frac{c_s}{m_s} & 0 & \frac{c_s}{m_s} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{k_s}{m_u} & \frac{c_s}{m_u} & -\frac{k_u}{m_u} & -\frac{c_u + c_s}{m_u} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{m_s} \\ -1 & 0 \\ \frac{c_u}{m_u} & -\frac{1}{m_u} \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{k_s}{m_s} & -\frac{c_s}{m_s} & 0 & \frac{c_s}{m_s} \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{m_s} \end{bmatrix}$$

Resultados

Primeramente se comprueba que el observador de Luenberger diseñado proporcione el mismo comportamiento que el modelo matemático del sistema del amortiguador del automóvil, a una entrada aleatoria pulsante que simula las irregularidades del suelo; esta respuesta se puede ver en la Figura 4.

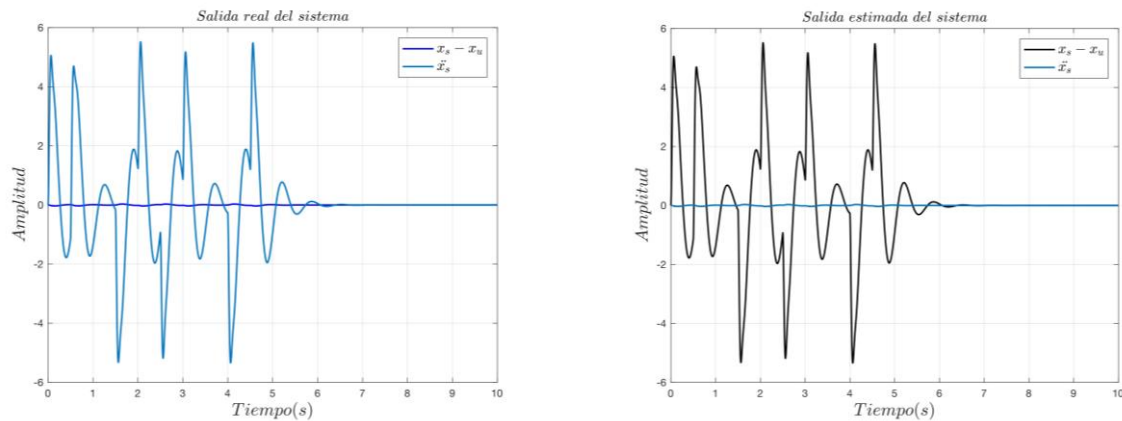


Figura 4. Salida real y estimada del sistemas ante una entrada $u(t)$

Después de comprobar la efectividad del observador de Luenberger, se realiza el diagrama para el diagnóstico de fallas dado por la Figura 5 y obteniéndose los residuos de acuerdo a (1); primero se establece un umbral para la señal del residuo, el tiempo de simulación fue de 30s en tres escenarios, los escenarios son:

1.- Sistema libre de fallas: El comportamiento de los residuos cuando el sistema se encuentra libre de fallas se muestra en la figura 6.

Se observa que no hay presencia de residuos, como se esperaba, lo que indica la ausencia de falla en el sistema.

2.- Sistema con fallas: La segunda prueba consiste en agregar una falla abrupta mediante una entrada externa de tipo ruido en el sensor 2 en el segundo 10.

En la figura 7 podemos apreciar que el residuo sobrepasa el umbral permitido por lo que la falla que aparece es provocada por el sensor 2.

El residuo en el sensor 1 se puede observar en la figura 7, aunque se aprecia un valor diferente de cero no sobrepasar el umbral permitido.

3.- Finalmente la prueba tres, consiste en provocar dos fallas de manera simultánea; es decir, la medición de los sensores presentan errores en la lectura, al igual que las simulaciones anteriores se observara el comportamiento de residuo, a partir del segundo 10s.

En la figura 8 se presenta la comparación de los residuos con el umbral permitido.

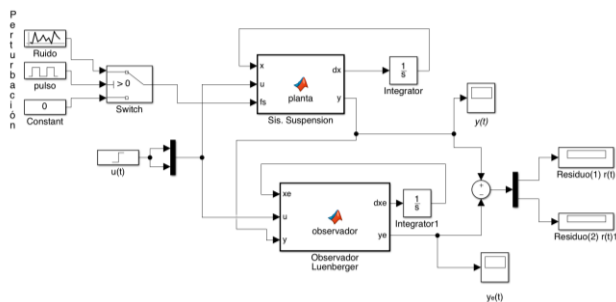


Figura 5. Esquema del observador de Luenberger.

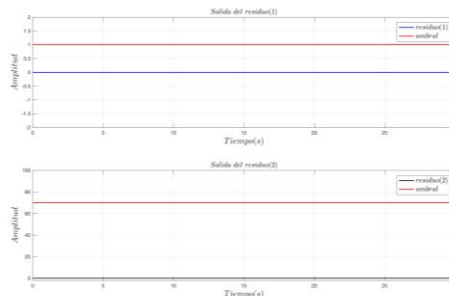


Figura 6. Comportamiento del residuo para un sistema libre de fallas

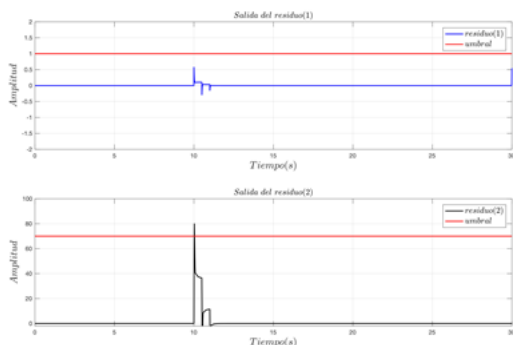


Figura 7. Comportamiento del residuo 1 y 2 ante una falla

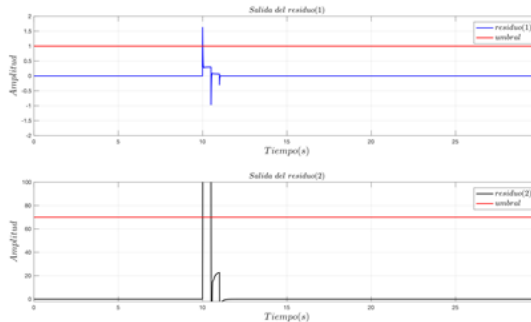


Figura 8. Comportamiento de residuo 1 y 2 ante la presencia de dos fallas.

Conclusiones

Se realizó un análisis sobre el diseño del observador de Luenberger, para estudiar su eficiencia en el diagnóstico de fallas aplicado a un sistema conformado por resortes y amortiguadores los cuales son los encargados de absorber las vibraciones generadas por las irregularidades del terreno o vía, mientras mantiene los neumáticos siempre en contacto con la superficie lo que garantiza la seguridad del usuario. Así, el esquema implementado para la detección de fallas o perturbaciones en las mediciones obtenidas por los sensores con un observador de Luenberger cumple con las condiciones deseadas cuyo objetivo es realizar el diagnóstico de fallas. De las gráficas de respuesta se puede observar que la falla en los sensores es detectado directamente por el sensor afectado. Además un esquema realizado con observadores como en este trabajo, no es capaz de desechar las fallas hasta que estas desaparezcan por si mismas dificultando con esto la detección de fallas posteriores. Pero este esquema con observadores puede presentar ventajas al momento de analizar las fallas en el sistema, ya que tendrá el valor exacto de la misma.

Referencias

Hedrick J K., Rajamani R., (1994). Observer Desing for Electronic Suspension Ap- plications. Vehicle System Dynamics: International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility.

Shahram A. & Abbas S. (2009). Fault detection of vehicle suspension suestem using wavelet analysis. Vehicle System Dynamics: International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility.

Lozoya-Santos j., Tudon-Martinez J. M, Morales M., Ramirez M., Molina G. (2012). Fault Detection for Automotive MR Damper. 14 th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, 1023.1028.

Rizvi H., Abid M., Qayyum khan A. (2013). Actuator Fault Diagnosis and Isolation in vehicle Active Suspension System. IEEE 9 th International Conference on Emerging Technologies. 15-26.

P. P. Lin, H. Singh (2007), "Intelligent model free diagnosis for multiple faults in a nonlinear dynamic system", Advanced Intelligent Mechatronics, IEEE/ASME International Conference, 2007, pp.1 -6.

Zhang Minghu, Wang Dehu, Lv Shijun, Song Yuxi, Liu Hong, Chen Shaojie (2009), "Application on Virtual Instrument and Neural Networks in the Fault Diagnosis. Intelligent", Computation Technology and Automation, 2009, pp. 317 - 320

Weitian Chen And Mehrdad Saif. .Fault Detection and Isolation Based on Novel Unknown Input Observer Design. Minneapolis, Minnesota, USA, 2006

Cristina Verde, S. Gentil, and R. Morales- Menndez. (2013), Monitoreo y diagnstico automtico de fallas en sistemas dinámicos. Mexico D.F.: Trillas

Guillermo, Rossi, and Bocero Hamdi Prátula. (2012), Turbinas eólicas: Optimización en el pre-diagnóstico de fallas en el generador. Información tecnológica, 23, no.1, 153- 162

D. Luenberger (1971), Introduccion to Observers. Automatic Control, IEEE Transaction on (Vol. 16, Issue:6), Dec 1971.

Hrovat D. (1990), Optimal active suspension structure for quarter-car vehicle models. Automata, 5(25), 845-860.

Prototipo de Telemetría en Sitio para el Monitoreo de Microclimas

Ing. José Esteban Castillo Reyes¹, Dr. Ricardo Francisco Martínez González²,
Dr. Luis Alberto Peralta Peláez³, MC. Francisco Javier Gómez González⁴, MC José Antonio Hernández Reyes⁵

Resumen— Para optimizar tiempos de supervisión durante una investigación o estudio del área. Se realizaron equipos de radio transmisión que permiten la programación del número de muestras y el periodo de muestreo. Para la elaboración del prototipo se realizaron: Estudió de artículos afines enfocándose en el radio transmisor, protocolo, topologías, sensores. Análisis de diferentes topologías de red para ser implementada, establecer un protocolo de red que administre la información y elaborar un PCB que facilite conexiones y realizar pruebas de transmisión, retransmisión en interior o exterior. Los resultados fueron lo esperado se tuvo un margen de error aceptable, la distancia máxima de transmisión cumplió con las expectativas. El prototipo cumplió los objetivos con algunas deficiencias esperadas al ser a bajo costo. La programación cumple con la tarea de retransmisión y administración de información. Demostró ser apto para interiores por su menor tasa de error.

Palabras clave—Telemetría, Radio transmisor, Nrf24l01, Topología de red, Arduino.

Introducción

Se presenta la aplicación de telemetría para el monitoreo remoto, la cual se realizó con la finalidad de optimizar tiempos de supervisión, en donde es necesario tener un ambiente supervisado durante una investigación o estudio del área. Para ello, se realizaron equipos que permiten la programación del número de muestras y el periodo de muestreo, con los que se cuantifican las variables climáticas mediante el uso de sensores. Los módulos pueden transmitir la información de las mediciones por radio frecuencia a otros módulos distantes; con ello, se realiza una red de retransmisión que permite monitorear una mayor área, dependiendo del número de equipos que se manejen. La información retransmitida será centralizada en un módulo maestro, que se encarga de la gestión de la red y la información retransmitida, lo que implica:

- El control de la puesta en marcha de los módulos que se gestione.
- El empaquetado de datos para su envío a una plataforma IoT.
- La información es puesta en tablas.

Para visualizar la información y tener acceso a la puesta en marcha de la red, es necesario tener un teléfono inteligente que tenga la aplicación de la plataforma IoT instalada, y el usuario con el código. Una vez dentro del sketch, se puede visualizar el botón de inicio, apagado y una tabla de información que muestra las lecturas de los sensores; todo esto debido a la topología de los sensores, microcontroladores y los protocolos de la red.

El prototipo está diseñado para tener una resistencia media al agua y polvo basado en la norma IP, lo que le permite ser instalado en interiores y exteriores. El equipo cuenta con un sistema de carga mediante puerto USB y por fotocelda; los cuales tienen protección contra corto circuito y sobrecarga. El rango de radio frecuencia en transmisión lineal sin obstáculos es de 400 metros nominales entre módulos; el transmisor puede enviar paquetes de 32 bytes como máximo. Para la transmisión de datos a la plataforma IoT, se utiliza un módulo GPRS/GSM para realizar la conexión a Internet.

Objetivo general

Realizar un prototipo para el monitoreo remoto de condiciones físicas de un área de difícil acceso.

Objetivos específicos

- Analizar los diferentes tipos de topologías y protocolos para elegir los que cumplan con las necesidades del prototipo.

¹ Ing. José Esteban Castillo Reyes estudiante de la maestría en eficiencia energética y energías renovables del Instituto Tecnológico de Veracruz
M19020012@veracruz.tecnm.mx

² Dr. Ricardo Francisco Martínez González profesor del departamento de ingeniería eléctrica y electrónica del Instituto Tecnológico de Veracruz
ricardo.mg@veracruz.tecnm.mx

³ Dr. Luis Alberto Peralta Peláez profesor del departamento de ingeniería química y bioquímica del Instituto Tecnológico de Veracruz
luis.pp@veracruz.tecnm.mx

⁴ MC. Francisco Javier Gómez profesor del departamento de ingeniería eléctrica y electrónica del Instituto Tecnológico de Veracruz
francisco.gg@veracruz.tecnm.mx

⁵ MC José Antonio Hernández Reyes profesor del departamento de ingeniería eléctrica y electrónica del Instituto Tecnológico de Veracruz
jose.hr@veracruz.tecnm.mx

- Implementar un protocolo de envío, recepción y retransmisión de datos con un rango mínimo de 30 metros de cobertura de la red para mayor flexibilidad del prototipo a realizar.
- Construir un prototipo de módulo de sensores (nodo) que sea apto para realizar pruebas en laboratorio y pueda mantenerse funcionando autónomo durante un periodo de tiempo.
- Realizar un prototipo de módulo de administración central (nodo principal) para recepción de datos de los módulos de sensores (nodos).
- Probar el protocolo de comunicación en un área abierta.
- Tener un registro en línea de las mediciones realizadas para mayor disponibilidad de los datos recolectados.

Metodología

Para la consecución de los objetivos establecidos, se manejan cuatro etapas como se muestra en la Figura 1. Las etapas son una serie de pasos a seguir con los cuales se logra realizar el prototipo a continuación, se da una explicación de los siguientes contenidos de las etapas. Se procede a recopilar artículos que sean afines, poniendo mayor atención en sus componentes, protocolo, topología de red, fuente de energía. Con el fin de recopilar información confiable que sirva de referencia para nuestro prototipo.

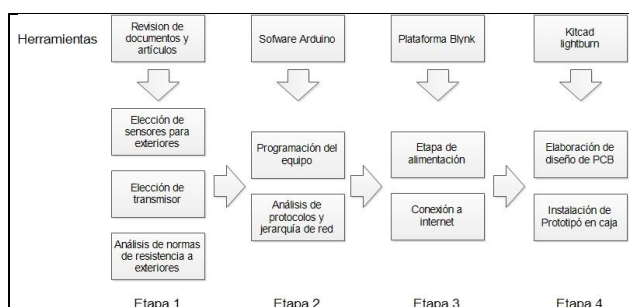


Figura 1. Etapas de metodología.

En el material académico, se encuentran varias similitudes entre las diversas arquitecturas. En los diferentes artículos, se observa que usan casi la misma topología de red, la cual consta de un nodo principal que se encarga de gestionar la información, así como otros nodos para capturar la información.

En el artículo de (Manzo, 2015) se utiliza una red tipo árbol de una sola rama; la cual mide temperatura y humedad de varios puntos utilizando una sola línea de envío de datos. Al ser una sola rama tiene las ventajas de una fácil sincronización y manejo de la información, pero con la desventaja que si un nodo tiene algún problema de conexión, esto causa que se deshabiliten todos los nodos subsecuentes en esa rama.

En el artículo de (Ferri, 2017) se utiliza el modelo de red tipo estrella, el cual se implementa en una casa domotizada con la finalidad de interconectar todos los sensores por radio frecuencia. Para ello, se utiliza un principio similar al del anterior, pero ahora formado por varias ramas independientes una de otra. Dichas ramas monitorean una parte de la casa enviando la información al nodo de gestión. Cabe mencionar que la red está implementada de manera que ningún nodo interfiera con otro, lo que lleva a que si algún nodo pierde conexión o se daña, no se afectan los demás y solo se proceda a cambiar el nodo dañado, pero esto afectando a la red con el inconveniente de que al incorporar más nodos el sistema se vuelve más lento por el exceso de radiotransmisores.

En el artículo de (Alberto, 2015) se utiliza una topológica de tipo árbol. El cual consta de varias ramas, que se encargan de sensar diferentes mesas ubicadas en un restaurante. Las mesas al ser ocupadas envían la información a un nodo de gestión, el cual se encarga de notificar que la mesa se encuentra ocupada. Con esto se puede mostrar la gestión de datos de varios puntos diferentes en tiempo real, usando como variables de entrada la gente que ocupa la mesa y luego desocupa, dando la información a un nodo de gestión, que notifica vía Internet la mesa que está desocupada en una interfaz.

En el trabajo de (Vecorena, 2018) se explica cómo se realiza una estación meteorológica, la cual hace las funciones similares a un nodo, que envía datos por radiofrecuencia. En el trabajo se muestra que la estación hace las funciones de recolectar datos, los almacena y los envía a una base datos, la cual la sube a un servidor, donde se puede visualizar los datos graficados durante el periodo deseado. En este trabajo se puede apreciar el funcionamiento de los sensores instalados en ambientes exterior, además de proporcionar un punto de referencia a la durabilidad y confiabilidad que tienen en exteriores; tomándolos como una referencia para elegir sensores, proponer algunos mejores, o cambiar la forma de implementarlos en el modelo, pero con un sistema de transmisión de radiofrecuencia.

En el entorno de una zona agrícola o una zona de estudios con fauna, se usan radiofrecuencias, ya que a causa de estar en un entorno natural solo con vegetación, no encontrarían obstáculos o barreras físicas, las cuales pudieran afectar la transmisión de datos, de esa forma se aprovecha que trabajen a mayor distancia. Este análisis se muestra en el artículo de (Parlón, 2018).

Una de las limitantes mostradas en los trabajos de (Domínguez, 2016) y (García, 2018) es que los radiotransmisores tienen un alto costo, por lo que se optó por usar el transceiver 24101, el cual cumple con su función de ser un nodo receptor y transmisor, pero que no maneja grandes distancias. Entre otras limitantes que se encontraron, es que durante la captación de datos se vuelven más grandes los paquetes de información, lo que causa que el sistema pierda velocidad, y al manejar un paquete de información de gran peso, el envío constante por Internet tendría un alto costo.

Elección de transmisor.

Al elegir un transmisor y receptor se debe tomar en cuenta diferentes criterios: al transmitir debe tener un amplio rango o que sea el ideal dependiendo de la necesidad, la potencia, la frecuencia, la antena, el terreno, el clima y el costo. Explicando cada uno de los anteriores a continuación:

- La potencia: A mayor potencia (watts) mayor distancia de trabajo.
- La frecuencia: Las frecuencias afectan la distancia de transmisión. Las señales a bajas frecuencias tienden a llegar más lejos; es decir, para las mismas condiciones de lugar y potencia, una radio de menor frecuencia llega un poco más lejos que una de alta frecuencia.
- La antena: Dependiendo del tipo de antena y del número de dipolos con que cuente, se puede obtener una mayor ganancia, lo cual se relaciona a transmitir a mayor rango de cobertura. Se puede tener una mayor ganancia gracias a una buena antena, que cuente con un número elevado de dipolos. Entre las antenas se encuentran la FM la cual transmite dependiendo de su orientación y la AM que transmite la señal en todas las direcciones.
- El terreno: la topografía del terreno determina el alcance de transmisión. El terreno condiciona la calidad y el alcance de la señal. Las grandes estructuras o elevación del terreno debilitan las señales de las antenas emisoras FM, pero los cuerpos de agua y la vegetación húmeda favorece a tener un mayor alcance de transmisión.
- El clima: La transmisión en antenas de AM son afectadas por el clima. Las tormentas eléctricas pueden meter ruido en la señal y disminuir el alcance de transmisión.

Etapas de alimentación

En la etapa de alimentación, el proyecto depende de una fuente independiente por lo que se debe tomar varios criterios como: la carga total, el tiempo de duración de la fuente o si tendrá alguna forma de recuperar carga. Para la etapa de alimentación se analizan todos los sensores y se presenta una tabla de consumo por elemento para poder dimensionar el consumo del equipo como se observa en el Cuadro 1.

Elemento	Voltaje de aplicación	Corriente de consumo
NRF24L01	3.0 - 3.6V	Modo emisor: 115 mA Modo receptor: 45 mA
Arduino SMD	5V USB	46 mAh
Ds18b20 termómetro	3.0 V – 5.5 V	4.0 mAh
Sensor humedad	3.3 - 5 V	35 mAh
SD lector	3.3- 5 V	200 mAh
Reloj DS3231	3.0 - 5 V	10 mAh
Encoder	5V	10 mAh
GPRS Sim900	3.2 a 4.8 V	40 mAh de transmisión
	Total	185 mAh módulo esclavo 376 mAh módulo maestro

Cuadro 1 Consumo eléctrico total.

Una vez con la tabla de consumo, se presenta un sistema de carga que consta de una celda solar de 5V 1.25W, un módulo de carga el TP4056 y una batería de 12,000 mAh. El módulo TP4056 se encarga de suministrar energía al Arduino y cargar la batería. Adicionalmente, el módulo cuenta con varias protecciones contra corto circuito, baja tensión y polaridad inversa. La energía suministrada por el módulo puede ser entregada mediante: los puertos de

alimentación del Arduino, por el socket de batería con un adaptador y por el puerto USB. En la Figura 2 se muestra la conexión de alimentación conectada por el puerto de alimentación.

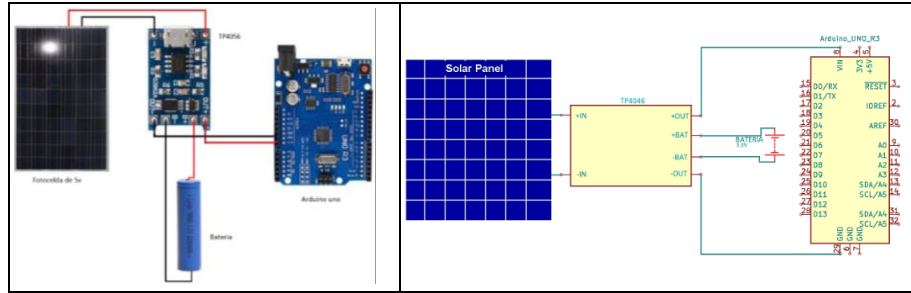


Figura 2 Circuito de carga y físico.

Modelado físico del prototipo.

Como se muestra en el diagrama de la Figura 3, el nodo esclavo consta de su radio transmisor y de cinco pines de tierra y de alimentación. Los pines de alimentación son regulados por un transistor que apaga los sensores hasta que necesite alguna medición. Del lado del módulo maestro, se muestran menos conexiones a causa de que su función primordial es enviar los datos a internet. Entre las conexiones que maneja, se encuentran: radio transmisor, módulo reloj, dos pines de comunicación y un pin de tierra para la placa sim900.

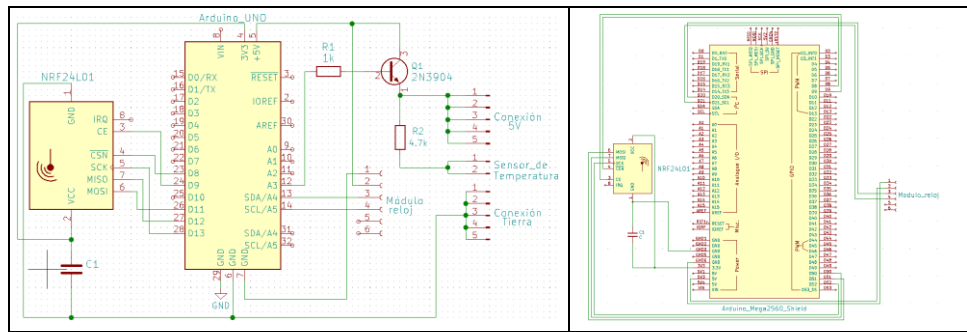


Figura Error! No text of specified style in document. Diagramas eléctrico de nodo esclavo (izquierdo) y nodo maestro (derecho).

Cada módulo tiene diferentes elementos, éstos son descritos en la Cuadro 2 donde se muestra con una “X” que tiene cada módulo, pero en pocas palabras lo que diferencia al módulo maestro del esclavo es que tiene el módulo sim900 para envío a Internet y no maneja sensores para realizar mediciones.

Componentes	Módulo esclavo	Módulo Maestro
Batería	X	X
Radio transmisor	X	X
Módulo reloj	X	X
Arduino con shield	X	X
Celda solar	X	X
Elevador de voltaje	X	X
Módulo de carga	X	X
Sim900		X
Sensores de medición	X	

Cuadro 2 Lista de componentes de módulos.

protocolo de red

Para la implementación del protocolo de red, se procede a elegir un tipo de topología de red; en este caso se utilizó la topología tipo árbol de 3 ramas. Esta topología se usa para abarcar un área extensa de muestreo mediante la recepción en un punto central, siendo así similar a una topología estrella, la cual tiene la ventaja de agregar más módulos a la estrella o interconectar la estrella a una rama que contengan otras estrellas, pudiendo obtener una mayor

área de cobertura. El protocolo usado en la Figura 4 muestra una serie de flechas azules que es la señal de sincronización, cuando se activa el nodo maestro se inicia una cadena de envíos que sincroniza todos los dispositivos.

La flecha de color negro es el envío de las variables físicas que inicia en los nodos inferiores, cuales envían los datos sensados al nodo esclavo medio, éste a su vez se encarga de almacenar los datos entrantes y los sensados propios. Una vez terminado el almacén de variables, se envía los datos al maestro donde se encarga del enviarlos a una base de datos vía Internet.

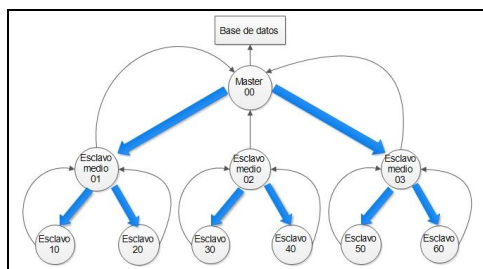


Figura 4 Protocolo tipo árbol.

El módulo maestro se encarga de sincronizar los módulos esclavos mediante un envío de inicio, que pondrá en funcionamiento al módulo esclavo activando cada reloj a una misma hora, obteniendo una sincronización para los envíos; con esto se evitan colisiones de datos. El módulo maestro se encarga de aceptar todos los paquetes de datos que provienen de los nodos esclavos y esclavo medio; donde se retransmite un total de tres paquetes de datos, los que constituyen una rama. Una vez obtenidos los paquetes de todas las ramas, se envían a una interfaz gráfica mediante el módulo de Internet. Una vez realizado el envío por Internet, se procede a restablecer el tiempo de reloj para que se repita el proceso, con esto se tiene un flujo de información que depende del tiempo.

El módulo esclavo al ser activado espera el bit de inicio para comenzar el ciclo de trabajo. Una vez recibido el bit de inicio, el módulo compara el tiempo de muestreo programado con el tiempo del módulo reloj; en caso de no coincidir, esperará más tiempo hasta que coincidan. Cuando coinciden se procede a activar los sensores para tomar las muestras de las variables. Obtenidas todas las muestras requeridas, se desconectan automáticamente los sensores y se procede a empaquetar los datos para enviarlos al nodo medio. Una vez enviado el paquete de datos, el módulo reloj se reinicia a 0:00 así volviendo a iniciar el tiempo hasta llegar al periodo de muestreo.

El formato de envío de las variables se realiza mediante una variable de nombre "PAQ", en donde se organizan los datos según el formato de envío que consta del número de nodo de donde proviene, y por siguiente las demás variables separadas por una coma que dicta el inicio y fin de cada una. Con esto solo se necesita saber que ubicación tendrá cada variable para poder ser identificada como se muestra en la Figura 5.

PAQ=No nodo+","+Temperatura+","+Humedad+","+ Radiación+","+Velocidad del viento+","+ Dirección del viento
PAQ= 0x01 , 32 , 20 , 50 , 31 , NE

Figura 5 Formato de envío

Conexión a servidor IoT

Para realizar la interfaz visual se utilizó un servidor IoT que tiene el nombre de Blynk, el cual permite administrar los datos mediante el uso de botones, graficas, tablas, etc. El servidor de Blynk proporciona desde su portal Web su librería, que es compatible con el módulo sim900 en donde los comandos AT que uno tendría que escribir, ya los tienes predefinidos y cuenta con una subrutina de reconexión en caso de fallos.

Adicionando el código al nodo maestro que se inicializa la conexión como se muestra en la Figura 6, en la que se puede ver que al inicio se escribe blynk, luego procede a establecer conexión GPRS con los datos del proveedor telefónico; en el presente caso se usó Movistar por el puerto 8080, y ya realizada la conexión marca el PING que se tiene en el área de cobertura. Para iniciar a trabajar se oprime el botón START, el proceso del módulo inicia y en caso que se necesite, eliminar valores antes adquiridos en la tabla de datos; para ello se oprime el botón de RESET.

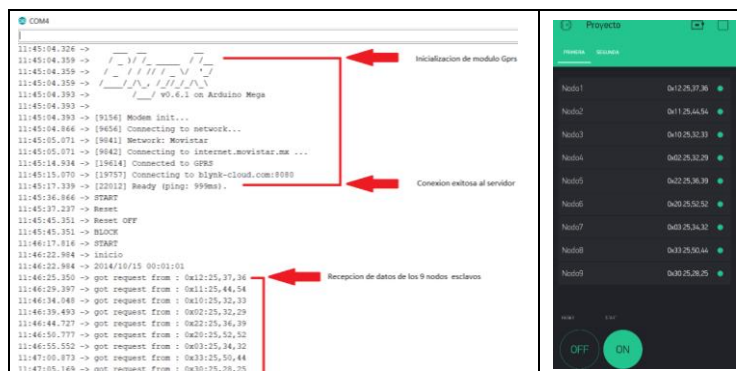


Figura 6 Módulo maestro conectado a servidor enviando datos a interfaz visual.

Prueba de conexión

- La primera prueba se realiza a una distancia 10 metros, obteniendo buenos resultados.
- La segunda se probó en un parque con una distancia aproximada 100 metros, teniendo resultados no tan buenos; cabe mencionar que se perdía la señal con facilidad por las personas que pasaban, pero a una mayor altura no se tuvo problemas.
- La tercera prueba se hizo a una distancia aproximada de 400 metros, y tuvo varios fallos; lo cual se trató de solucionar mediante programación, estableciendo una transmisión a 250 kbps a una potencia de transmisión de 0 dbm que son los valores que proporcionan mayor distancia, pero aun así hubo pérdidas de señal a causa de que la ubicación era en terreno bajo con exceso de vegetación.

Conclusiones

Se logró construir un prototipo con la funcionalidad de realizar mediciones remotas, y una retransmisión de datos para su envío al internet a una interfaz. Con un error de transmisión de datos de 20% a 25% en campo; atribuidas a interferencias, ruido o la vegetación del terreno. Los datos obtenidos en interior a corta distancia solo tuvieron fallos mínimos de un 9% de un total 100 muestras en el periodo de la noche, aunque en el día aumenta a un 15%. La conexión a la plataforma Iot no tuvo fallos en la latencia o de conexión. Los datos enviados a la plataforma se visualizaron mediante un smartphone con éxito aunque se apagara el dispositivo.

Se determinó que a mayor altura en una zona sin ruido electrónico y sin muchos obstáculos físicos, se pueden obtener mejores resultados de la transmisión de datos, pero aun así existen varios factores que afectan al prototipo, entre los que destacan: la ubicación en donde fue instalado el prototipo, la temperatura del área donde opera el transmisor, o si existen otras señales que causen interferencia. Se cumplió con los objetivos con algunas deficiencias esperadas al ser a bajo costo. La programación cumple con la tarea de retransmisión y administración de información. El equipo demostró ser apto para interiores por su menor tasa de error. Puede disminuir la tasa de error con mejores componentes utilizando la misma programación.

Referencias.

Alberto, A. S. (2015). *Implementación de una red WPAN para control de ocupación de mesas en un restaurante*. México D.F.: Escuela Superior De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica.

Domínguez, A. C. (2016). *Diseño e implementación de una arquitectura IoT basada en tecnologías Open Source*. Sevilla: Dep. Ingeniería Telemática Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla.

Ferri, S. F. (2017). *Sistema domótico inalámbrico con portal WEB*. Cataluya: creative commons.

Garcia, H. A. (2018). *Dispositivo de monitoreo inalámbrico con aplicación móvil para variables en entornos industriales*. Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira.

Manzo, R. J. (2015). *Sistema de monitorización basado en una red de sensores Inalambrica (WSN) implementada con software y hardware libre*. Argentina: Facultad de Ingeniería y Ciencias Hidricas, Universidad Nacional del Litoral.

Parlón, F. J. (2018). *Sistemas Automáticos y Autónomos Seguros*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Vecorena, B. (2018). *Diseño e implementación de una estación meteorológica con Raspberry Pi*. Cataluya: UOC.

Caracterización de Prototipo para Generar Oxihidrógeno

MER. Juan Pedro Cervantes De La Rosa¹, Dr. Fernando García Álvarez², Dr. Jaime Luna Aguirre³, Dr. José Lorenzo Mata⁴, Lic. Ermilo Barrera Novelo⁵

Resumen— El **oxihidrógeno** (HHO) es una mezcla de hidrógeno atómico y oxígeno atómico en proporción que se asume de 2:1, la misma proporción del agua. Cuando esta mezcla se enciende, su combustión produce agua de calor por cada gramo de hidrógeno quemado. El oxihidrógeno se produce habitualmente a partir de la electrólisis del agua.

Un prototipo de reactor de gas oxihidrógeno (HHO) con la capacidad de disminuir el consumo de combustible de 15 a 20 por ciento, hasta ahora, este tipo de reactores en México se desarrolla de manera empírica, de una forma insegura y peligrosa; por ello nos dimos a la tarea de documentar que el gas oxihidrógeno, bajo que leyes de la ciencia se rige, cual es la relación hidrógeno-oxígeno a partir del agua, que implica su volumen.

Palabras clave—Oxihidrógeno, prototipo, corriente, voltaje. caracterización

Introducción

El proceso de electrólisis es sencillo, se aplica una diferencia de potencial, para generar un flujo de corriente que rompe la molécula del agua y generar dos porciones de volúmenes de hidrógeno con respecto a uno de oxígeno. Aun cuando la masa generada de hidrógeno es muy pequeña, tiene tres veces más el poder calorífico de la gasolina a nivel masa. Debido que el oxihidrógeno es generado y alimentado en el sitio, ya que no puede almacenar porque es una mezcla explosiva, en un sistema de combustión abierta o interna, por lo cual se debe utilizar un arrestador de llama, y mantener control de fugas.

Desarrollo

Electrolizador

Los elementos del sistema son: Utilizaremos un electrolizador alcalino de membrana aniónica, que es un reactor donde se produce la reacción electroquímica de la electrólisis para la separación de las moléculas del agua. Es un reactor electroquímico, es el corazón del sistema de electrólisis y representa un 50 % del costo de una planta piloto. En este equipo se lleva a cabo la electrólisis del agua cuando se aplica una corriente directa, utiliza como electrolito una solución de KOH o NaOH con concentraciones entre 5 y 30% en peso. Los principales componentes son los electrodos base níquel, en el ánodo, con polaridad positiva, se lleva a cabo un proceso de oxidación y se produce gas oxígeno. En el cátodo, con polaridad negativa, se produce un proceso de reducción, generando gas hidrógeno. En este proyecto se utilizarán electrolizadores alcalinos de celda seca con un arreglo bipolar. Si los electrolizadores alcalinos no tienen membrana generan gas oxihidrógeno que es una mezcla de gases de hidrógeno y oxígeno en una proporción volumétrica 2:1, la manufactura es simple y solo se necesita un separador de fases, los usos del oxihidrógeno es in situ sobre todo en sistemas de combustión. Si los electrolizadores son de membrana generan de manera independiente gas hidrógeno y oxígeno. Esta conformación tiene la ventaja de poder almacenar el hidrógeno o alimentarlo a una línea de gas natural, el diseño es más complejo y el costo sube hasta un 30% respecto al oxihidrógeno. Las eficiencias del 50 % son adecuadas en estos dispositivos con manejo de densidades de corriente de 0.2 - 0.5 A/cm².

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 Dr. Fernando García Álvarez es Profesor de Asignatura de la Universidad Tecnológica de Puebla, México fernando.garcia@utpuebla.edu.mx

³ Dr. Jaime Luna Aguirre es director de la División de Energías Alternativas y del Medio Ambiente de la Universidad Tecnológica de Puebla, México jaime.lunaa@utpuebla.edu.mx⁴

⁴ Dr. José Lorenzo Muñoz Mata es Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica de Puebla, México jose.muñoz@utpuebla.edu.mx

⁵ Lic. Ermilo Barrera Novelo es Director de la Agencia Estatal de Energía de Puebla jbarrera@cre.gob.mx



Figura 1 Electrolizador alcalino de membrana aniónica

Electrodos

Se encargan de conducir de manera adecuada la corriente adecuada del circuito externo hacia los reactivos para que produzca correctamente el proceso de electrolisis, el electrodo positivo se denomina ánodo y el electrodo negativo se denomina cátodo

Electrolito

El tipo y la concentración del electrolito son básicos en la electrolisis debido a la transferencia iónica en el electrolito

Combustión

Es un proceso químico que consiste en una reacción de óxido reducción (redox), exotérmica, e cual forma una llama que desprende una gran cantidad de energía térmica y energía lumínica. Y es necesario que cuente con; un combustible, un oxidante y una energía mínima de iniciación o energía de ignición.

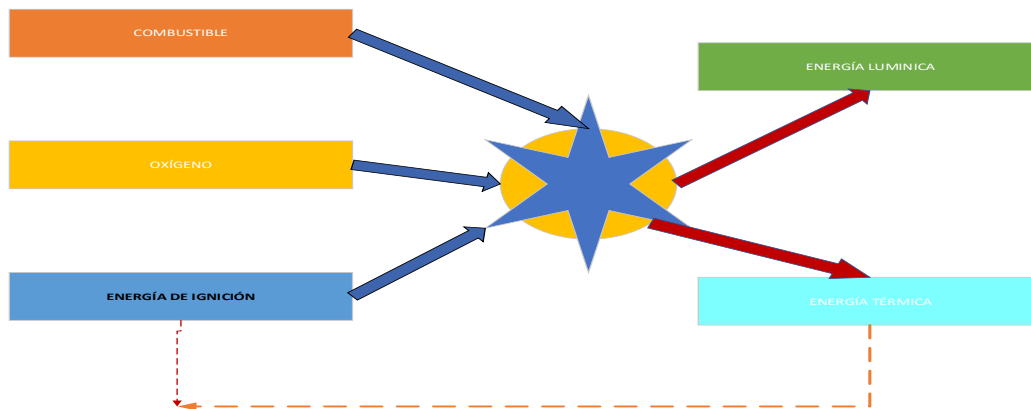
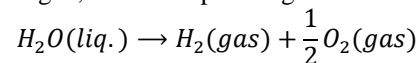


Figura 2 Esquema de la combustión

Electrolisis del agua

Se lleva a cabo una reacción electroquímica no espontánea de reducción-oxidación (redox) mediante la aplicación, de una corriente eléctrica continua, se necesita una diferencia de potencia tal, que suministre la energía necesaria para que ocurra la separación de un compuesto en los elementos que lo conforman.

En este caso del electrólisis del agua, se descompone según la reacción dada.



La corriente eléctrica continua se aplica a través de un par de electrodos conectados a una fuente de alimentación eléctrica, y sumergidos en una disolución acuosa (KOH ó $NaOH$) si son electrolizadores alcalinos, de manera que se produce una transferencia de electrones en los electrodos y los iones de la disolución. Los iones negativos o aniones ceden electrones al electrodo positivo, conocido como ánodo, y los iones positivos o cationes toman

Fuente de poder regulable de corriente directa:

Las fuentes de energía de corriente directa son dispositivos, que convierten la corriente alterna (CA) de la red suministrada por CFE, en corriente directa (CD) para alimentar a los electrolizadores alcalinos. Como componente

del banco de ensayos es importante que sea regulable, ya que se utiliza para obtener la curva de desempeño de los electrolizadores alcalinos. Se aplican distintos protocolos de caracterización, el principal objetivo es identificar el rango de operación del electrolizador y obtener la curva de desempeño corriente vs voltaje, eficiencia del sistema y pruebas a tiempos largos de operación para establecer la estabilidad de distintos componentes. Como el arreglo es bipolar es importante que la fuente maneje al menos 100 A con voltajes de 30-40 V.



Figura 3 Fuente regulable de 100 a ,40 VCD

Separador de fases

En la ingeniería de procesos, los separadores de fases gravitacionales son altamente utilizados, especialmente en la industria para eliminar la presencia de agua de las corrientes de gas. Se trata de recipientes que separan una corriente de una mezcla cuyos componentes se encuentran libres entre sí, es decir el principio de separación es la diferencia de densidades, la acción de la gravedad y la velocidad de alimentación. El separador de fases tiene varias funciones en el sistema de electrólisis, sirve como sistema de recirculación del electrolito, separa las fases líquido-gas que salen del electrolizador y es responsable del control de temperatura del sistema.



Figura 4 Separador de fases

Medidor de flujo:

El medidor de flujo es un componente primordial en el banco de ensayos ya que permite obtener el flujo de gases generado en cada pulso de corriente aplicado, con este dato se puede calcular la eficiencia del electrolizador alcalino. Como se maneja una solución altamente corrosiva, los gases generados a pesar de tener un sistema de purificación tiene arrastre de agua y electrolito (sosa o patasa caustica), por eso es importante que los componentes

internos del medidor de flujo sean resistentes a gases corrosivos y tenga la opción de identificación de hidrógeno u oxihidrógeno.



Figura 5 Medidor de flujo

Tratamiento de los gases

El gas generado sale del separador de fases con trazas de electrolito altamente corrosivo, por lo tanto, se debe pasar por un burbujeador para eliminar lo más posible el electrolito arrastrado y después pasa por un desecante para eliminar el vapor de agua, este paso es importante para que el gas generado no produzca procesos de corrosión en su uso final



Figura 6 Burbujeador de hidrógeno

Enfriador

Los electrolizadores tienen eficiencias de alrededor de 50%, esto implica que el 50% de la corriente aplicada se convierte en calor, para la operación prolongada del sistema y sobre todo cuando se opera a corrientes límites es importante tener control de la temperatura del sistema. El separador de fases por lo regular tiene una chaqueta de enfriamiento que sirve para este control de temperatura. Si no se regula la temperatura esta puede subir hasta los 90-100 °C, lo que provoca que el agua del electrolito empiece a hervir. Lo anterior genera una sobre presión del sistema, mayor arrastre de electrolito, una baja eficiencia del sistema y compromiso de los materiales como mangueras y sellos, generando fugas de gases y de electrolito.

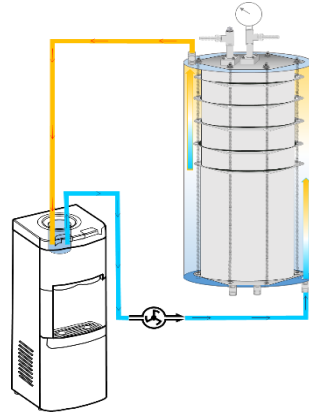


Figura 7 Diagrama sistema de enfriamiento

Arrestado de flama:

El hidrógeno es un gas con un amplio rango de inflamabilidad, es muy importante que el gas generado se pueda ventear hacia la parte externa del laboratorio. Asimismo, es necesario un arrestador de flama para evitar que alguna chispa o descarga eléctrica genere una implosión en el banco de ensayos.



Figura 8 Arrestador de flama hidrógeno

Sensor de fugas de hidrógeno

Es el componente que asegura que no existan fugas en cualquier componente del banco de ensayos.



Figura 9 Detector de fugas hidrógeno

Diagrama del proyecto

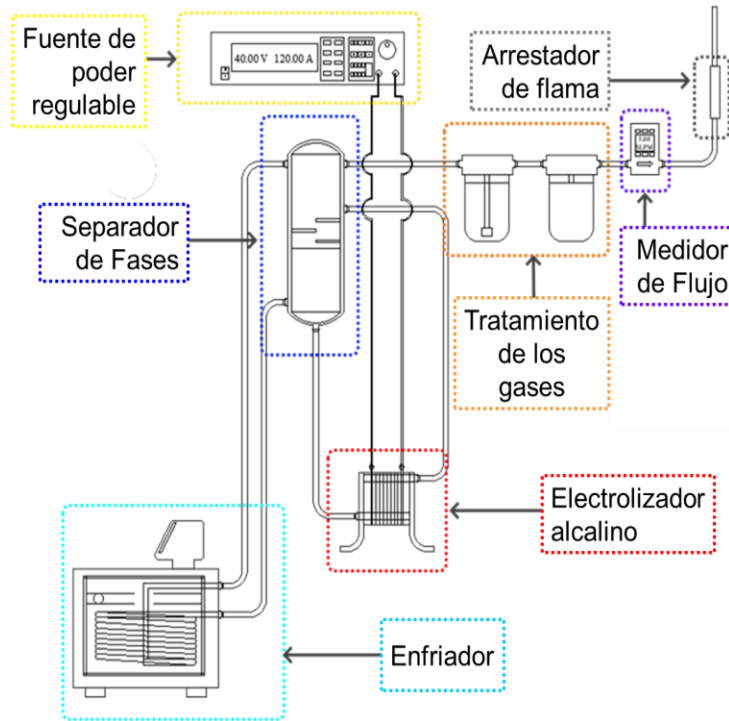


Figura 10 Componentes principales de un banco de ensayos de electrólisis alcalina



Figura 11 Medidor de producción de Oxihidrógeno por desplazamiento de la columna de agua.



Figura 12 Zona de banco de pruebas y de control y adquisición de datos

Resultados

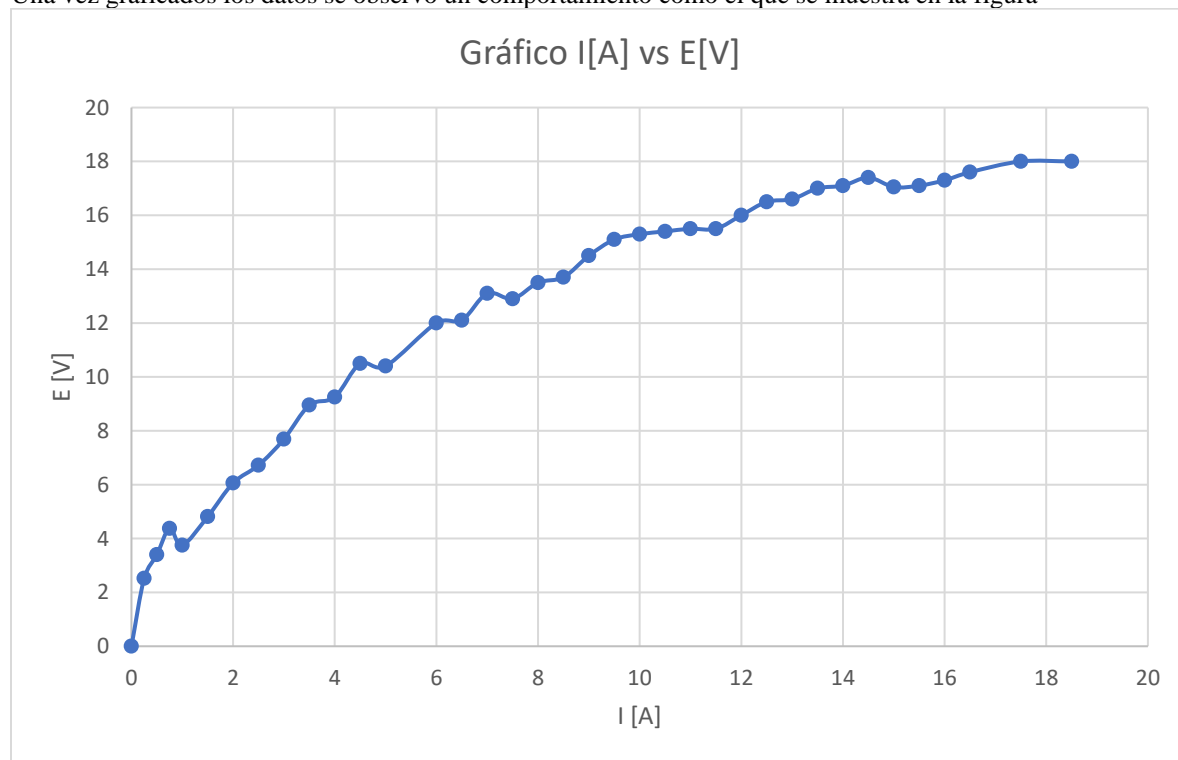
El sistema se probó por dos horas y 30 minutos por espacios de 3 minutos en intervalos de 0.5 A por vez, registrando el voltaje que por cada rango de amperes se autoajustaba, se programó la fuente de poder para que no sobrepasara los 25 voltios

La prueba se mantuvo por 2.30 horas con el siguiente comportamiento

HORA	EVENTO	E [V]	I [A]
14:14	0	0	0
14:15	1	2.52	0.25
14:18	2	3.4	0.5
14:21	3	4.37	0.75
14:24	4	3.75	1
14:27	5	4.81	1.5
14:31	6	6.06	2
14:36	7	6.72	2.5
14:41	8	7.69	3
14:44	9	8.95	3.5
14:50	10	9.25	4
14:54	11	10.5	4.5
15:00	12	10.4	5
15:05	13	12	6
15:09	14	12.1	6.5
15:14	15	13.1	7
15:17	16	12.9	7.5
15:21	17	13.5	8
15:24	18	13.7	8.5
15:28	19	14.5	9
15:31	20	15.1	9.5
15:34	21	15.3	10

15:39	22	15.4	10.5
15:43	23	15.5	11
15:47	24	15.5	11.5
15:49	25	16	12
15:52	26	16.5	12.5
15:55	27	16.6	13
15:57	28	17	13.5
16:00	29	17.1	14
16:02	30	17.4	14.5
16:04	31	17.05	15
16:07	32	17.1	15.5
16:08	33	17.3	16
16:10	34	17.6	16.5
16:23	35	18	17.5
16:41	36	18	18.5

Una vez graficados los datos se observó un comportamiento como el que se muestra en la figura



Respecto de la producción de oxihidrógeno, se registró la producción de forma acumulada llegando a producir en la totalidad de la prueba 21, 10 litros de oxihidrógeno, sin embargo, la metodología de registro no permitió empatar los datos con los parámetros eléctricos, ya que no se consideraron los espacios de tiempo en que se modificaba el amperaje y no había producción, dejando correr el tiempo.

HORA	V_HHO_gas (mL)
14:14	0
14:44	100
14:50	900
14:52	1000
14:54	1100
14:56	1200
14:57	1300
14:58	1400
15:00	1500
15:01	1600
15:02	1700
15:04	1800
15:05	1900
15:06	2000
15:08	2100
15:10	2200
15:11	2300
15:12	2400
15:13	2500
15:14	2600
15:14	2700
15:16	2800
15:16	2900
15:17	3000
15:18	3100
15:19	3200
15:20	3300
15:21	3400
15:21	3500
15:22	3600
15:23	3700
15:24	3800
15:24	3900
15:25	4000
15:26	4100
15:27	4200
15:27	4300
15:28	4400
15:28	4500
15:29	4600
15:30	4700

15:30	4800
15:31	4900
15:32	5000
15:32	5100
15:32	5200
15:33	5300
15:34	5400
15:34	5500
15:35	5600
15:36	5700
15:36	5800
15:36	5900
15:37	6000
15:38	6100
15:38	6200
15:39	6300
15:39	6400
15:40	6500
15:40	6600
15:41	6700
15:41	6800
15:41	6900
15:42	7000
15:43	7100
15:43	7200
15:44	7300
15:44	7400
15:45	7500
15:45	7600
15:45	7700
15:46	7800
15:47	7900
15:47	8000
15:48	8100
15:48	8200
15:48	8300
15:49	8400
15:49	8500
15:49	8600
15:50	8700
15:51	8800
15:51	8900
15:51	9000

15:51	9100
15:52	9200
15:52	9300
15:53	9400
15:53	8500
15:53	8600
15:53	8700
15:54	8800
15:54	8900
15:54	9000
15:55	9100
15:55	9200
15:56	9300
15:56	9400
15:56	9500
15:56	9600
15:57	9700
15:57	9800
15:57	9900
15:58	10000
15:58	10100
15:59	10200
15:59	10300
15:59	10400
15:59	10500
16:00	10600
16:00	10700
16:00	10800
16:00	10900
16:01	11000
16:01:00	11100
16:01:00	11200
16:01:00	11300
16:01:00	11400
16:02	11500
16:02	11600
16:02	11700
16:02	11800
16:02	11900
16:03	12000
16:03	12100
16:03	12200
16:03	12300

16:04	12400
16:04	12500
16:04	12600
16:05	12700
16:05	12800
16:05	12900
16:05	13000
16:05	13100
16:06	13200
16:06	13300
16:06	13400
16:07	13500
16:07	13600
16:07	13700
16:07	13800
16:07	13900
16:08	14000
16:08	14100
16:08	14200
16:09	14300
16:09	14400
16:09	14500
16:09	14600
16:09	14700
16:09	14800
16:10	14900
16:10	15000
16:10	15100
16:11	15200
16:11	15300
16:11	15400
16:11	15500
16:11	15600
16:11	15700
16:11	15800
16:12	15900
16:12	16000
16:12	16100
16:12	16200
16:12	16300
16:12	16400
16:13	16500
16:13	16600

16:13	16700
16:13	16800
16:13	16900
16:13	17000
16:14	17100
16:16	18100
16:17	19100
16:23	20100
16:25	21100

Conclusiones

El banco de pruebas se encuentra en condiciones de realizar otra prueba, es decir se encuentra limpio y conectado, en cuanto se termine de hacer los ajustes al sistema de registro y control se correrá de nuevo la prueba, se pretende generar una metodología de pruebas basados en las experiencias de los asesores para el ajuste del equipamiento.

Una vez construidos y probados los sistemas de separación bifásica y de cuantificación de la producción de oxihidrógeno, serán registrados como modelos de utilidad o diseño industrial según sea la mejor opción de acuerdo a los criterios del Centro Impulsor de Proyectos de la Universidad Tecnológica de Puebla.

Referencias

- Hydrogen Council. (2017). Hydrogen - Scaling up. Bélgica: HC.
- Hinicio. (2015). CertifHy D2.2 Structured list of requirements for green hydrogen. Bruselas: New Energy World JU.
- BMW, F.M. (2020). The National Hydrogen Strategy. Berlín, Alemania: BMW - Ministerio Federal de Asuntos Económicos y Energía.
- WEC. (2020). International Hydrogen Strategies. Alemania: World Energy Council.
- Richard G. *Diseño en ingeniería mecánica* DE SHIGLEY. 8a. ed., 8a. reimp. México: Hydrogen Council. (2017). Hydrogen - Scaling up. Bélgica: HC.
- Hinicio. (2015). CertifHy D2.2 Structured list of requirements for green hydrogen. Bruselas: New Energy World JU.
- BMW, F.M. (2020). The National Hydrogen Strategy. Berlín, Alemania: BMW - Ministerio Federal de Asuntos Económicos y Energía.
- WEC. (2020). International Hydrogen Strategies. Alemania: World Energy Council.
- Richard G. *Diseño en ingeniería mecánica* DE SHIGLEY. 8a. ed., 8a. reimp. México: McGraw-Hill Interamerican, 2008.
- Kunwoo L., *Principles of CAD/CAE/CAM SYSTEMS*, Edt. Addison-Wesley, ISBN 9780201380361, p.p. 250-315, 1999.
- https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1933046303-burbujeador-hidrogeno-ahorrador-de-gasolina-moto-arrestaflam-JM?matt_tool=69349688&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=15693992346&matt_ad_group_id=153433474535&matt_mattch_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_create=672481660505&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=223755050&matt_product_id=MLM1933046303&matt_product_partition_id=2170537778622&matt_target_id=pla-2170537778622&gclid=EAiIqObChMIroWE9P7LgQMVPofCCB3pEguIEAQYAiaBEgJC9fD_BwE
- https://www.amazon.com.mx/Medidor-inoxidable-medici%C3%B3n-queroseno-gasolina/dp/B07S8D7X4B/ref=asc_df_B07S8D7X4B/?tag=gledskshopmx-20&linkCode=df0&hvadid=451104095720&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=13117513121966263331&hvpon=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=9073959&hvtargid=pla-1252870417858&psc=1
- <https://grupoinfra.com/pagina/producto/132/JUEGO-DE-ARRESTAFLAMAS-PARA-SOLETE>
- Agencia de energía, IPN, UTP. (2022) *Proyecto: Desarrollo de Banco de Ensayos de electrólisis alcalina para la generación de gas Hidrógeno*
- M.I.M. Froylan Alonso Soriano Moranchel. (2020) *Desarrollo y caracterización de un sistema de alimentación en paralelo para la combustión dual gas – hidrógeno*. IPN {Tesis de doctorado}

Identificación de Riesgos de la Aplicación de la Inteligencia Artificial para servicios que usan algoritmos de Procesamiento del Lenguaje Natural en las Instituciones Públicas

Mtro. Carlos Enriquez Gorgonio

Resumen—Con la creciente disponibilidad de algoritmos que utilizan la inteligencia artificial en sus diversas ramas, múltiples instituciones están usando herramientas para mejorar sus servicios y obtener mejores resultados, sin embargo, una de las ramas denominada NLP o procesamiento del lenguaje natural, puede ser un riesgo potencial para la privacidad si no se toman las precauciones y controles necesarios a tiempo. En este artículo se presentan propuestas para identificar y mitigar riesgos de forma preventiva y correctiva.

Palabras clave—Inteligencia Artificial, controles, prevención, Instituciones.

Introducción

La adopción inmediata de tendencias de accesibilidad a través de recursos tecnológicos de vanguardia es una de las prácticas más comunes en las Instituciones Públicas, pues estas siguen diversas líneas de acción basadas en estrategias sexenales, programa anuales, planeas de desarrollo, etc., De forma que buscando mejorar los mecanismos de intercambio de información, comunicación, seguimiento entre dependencia y entidades de la Administración Pública y publicación de resultados; y también para mejorar las capacidades tecnológicas de investigación científica, para temas relacionados con la seguridad, y la generación de inteligencia estratégica; acceden a tecnología que muchas veces no tiene la mismas seguridad y eficacia en una dependencia gubernamental que como lo tendría e una empresa privada.

Transitando en la época del exceso de datos, con empresas e instituciones provechando datos para convertirlas en información para la toma de decisiones y para maximización de resultados, generan soluciones y sistemas de diversas escalas, hablando directamente del campo de la inteligencia artificial, pruebas que se soportan mayormente gracias a librerías de código abierto que permiten experimentar ubicando patrones, prediciendo o clasificando información. No obstante, es importante tener las capacidades técnicas suficientes para saber separar las distintas y extensas ramas y subramas de la Inteligencia Artificial, lo que otorga la habilidad de identificación oportuna de riesgos y prevención de incidentes. Un ejemplo de esto es la comercialización de herramientas informáticas para que las instituciones, pongan a disposición de la ciudadanía plataformas o interfaces web o por medio de internet y/o aplicaciones móviles, paginas denominadas “Tableros Informativos”, “Visualizadores de datos”, “Constructores de reportes”, todas estas interfaces innovadoras que permiten acceder a datos integrados, para mostrarlos de forma ordenada, agrupada, estructurada, de acuerdo a las preferencias e intereses de quien consulta los datos y organizadas forma que simplifique el análisis, y permita su descarga en formato de datos abiertos, generando con esto la transparencia que buscan las dependencias.

Detallando las funciones mencionadas, nos encontramos que la mayoría de estas interfaces, tienen como base el uso de diversos APIS y módulos gestionados desde software BI, es decir, programas de Inteligencias de Negocio, los cuales cumplen las funciones de preprocesamiento y procesamiento de datos, con acciones como recolección, limpieza, estructuración, etiquetado de datos, para poder generar nueva información, bases de datos y visualizaciones o simplemente mostrar de una forma ordenada una colección de datos de diversas fuentes, para que estos gráficos dinámicos faciliten el análisis por parte de los usuarios. Todo esto, se hace a través de diversos orígenes de datos, es decir, fuentes de información que pueden ser sitios web, tablas de Excel, bases de datos o cualquier tabla compatible.

Algunos ejemplos de estas plataformas pueden ser *Power BI*, *Tableau*, *Oracle Analytics Cloud*, *Zoho Analytics*, *Qlik*, etc., entre otras herramientas de integración o desarrollo propio que han adquirido o arrendado cada institución con base en sus necesidades y capacidades técnicas, un ejemplo de esto es el RI- TecNM o Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México, como plataforma que almacena, y divulga elementos científico-académicos de dicha institución, interopera con bases de datos de otras instituciones como el CONACYT y su repositorio Nacional.

Este último se puede clasificar como plataformas operantes, también se puede suponer que en casos de contingencia donde ya sea por medio de intrusiones intencionadas o por algún error de configuración que lleve a cambios inesperados como la modificación de accesos, o ya sea que por medio de consultas automatizadas por algoritmo que usen o no Inteligencia artificial, se podría tener un alto riesgo y muy probable capacidad de acceder a datos almacenados en el interior del CONACYT desde los servidores o sistemas del Tecnológico Nacional de México.

De la suposición del párrafo anterior, tomamos impulso para retomar que la adopción de la IA en las instituciones se difunde como una moda o tendencia no moderada aun, y erróneamente enmarcada dentro de planes de desarrollo tecnológico que muchas veces omiten la capacidad real de las más de 22 dependencias mexicanas, suponiendo de esta forma que todas son óptimas tanto en recursos tecnológicos como en capacidades humanas y técnicas para adoptar de manera uniforme y simultánea las tecnologías más recientes en el mundo o por lo menos en Latinoamérica. Un claro ejemplo de esto se observó durante la pasada pandemia por COVID19, donde se contrataron servicios remotos en tiempos extraordinarios. Siendo uno de los más comunes los robots de atención por medio de chats remotos, también conocidos como Chatbot, los cuales se adquirieron como un mecanismo de apoyo ya sea por la falta de personal o por la inmediatez de atención que evita la asistencia presencial a oficinas de las instituciones, pero sobre todo por sus principales características que son: agilizar y mejorar la calidad de la atención a los usuarios por medios digitales, mejorando tiempos de comunicación y atendiendo de manera inmediata consultas simples, dejando a un lado las acciones que realizan los algoritmos como recolección de datos para la toma de decisiones, acceso a bases de datos locales y en la nube, identificación y la clasificación de patrones, etc.

Metodología

Los algoritmos de inteligencia artificial están detrás de la mayoría de los programas que utilizamos hoy en día, desde las redes sociales para funciones de personalización, perfilamiento de intereses y mejoras publicitarias; en software digital para mejorar la calidad de audio, optimizar imágenes y video; en algoritmos de búsqueda de los exploradores web y buscadores; en los vehículos para identificación de objetos, planeación de rutas, geolocalización, y asistencia de estacionamiento; y hasta en los procesadores de texto para corrección ortográfica, predicción de texto, e identificación predictiva con base en el comportamiento del usuario.

Dentro de los principales usos de estos algoritmos encontramos las capacidades de los Chatbots:

- Capacidad de búsqueda en bases de datos estructurados y no estructurados
- Transcripción de voz a texto y viceversa en tiempo real
- Procesar, analizar y archivar datos adjuntos y documentos de volumen variable
- Analizar y almacenar los comentarios de los clientes o las grabaciones de centros de atención telefónica
- Generación de documentos y vínculos de acceso personalizado
- Identificar perfiles de usuario, clasificando datos como dirección, tarjetas bancarias, correo electrónico, familiares, etc.
- Análisis de documentos para clasificar y extraer texto

De esta forma y sabiendo que estos sistemas tienen la capacidad no solamente de abrir documentos para buscar una palabra, una imagen o un texto específico sino también de almacenar datos y patrones para aprender y mejorar sus resultados a futuro, de forma que puedan detectar la intención de una consulta o búsqueda de un usuario, así como ampliar su rango de búsqueda en todas las bases de datos a las que tengan acceso y se vayan añadiendo a sus rutas o directorios, mientras mejoran gradualmente sus modelos de búsqueda y toma de decisiones.

Sobre todo lo anterior, también se precisa que actualmente en México no existe ninguna ley que regule el uso de algoritmos de inteligencia artificial al interior de las instituciones, únicamente se ubica un artículo publicado por la Cámara de Diputados de fecha 27 de mayo de 2023, donde se indica la existencia de una iniciativa de Ley de Regulación de Ética de la Inteligencia Artificial y la Robótica, la cual pretende normar con apego al derecho y a la ética diversos aspectos tecnológicos en varios rubros incluidos administrativos, gubernamentales, financieros, etc.

Recomendaciones preventivas

Dentro de la normativa más reciente y vigente se encuentran *las políticas y disposiciones para impulsar el uso y aprovechamiento de la informática, el gobierno digital, las tecnologías de la información y comunicación, y la seguridad de la información en la Administración Pública Federal*. En este documento publicado el 6 de octubre de 2021 se describen diversos elementos que guían a las dependencias hacia la adquisición de herramientas informáticas, y para el desarrollo de nuevos programas en diversos formatos, entre otras cosas de utilidad, dicho documento define riesgo, como la probabilidad de que una amenaza pueda explotar una vulnerabilidad, generando un impacto sobre la infraestructura TIC y los activos de la información de la institución. Por lo que en el contexto de mitigación de riesgos, los algoritmos de inteligencia artificial permiten hacer pruebas usando tablas con datos previamente etiquetados, y por otro lado también se tienen soluciones en el mercado que cuentan con respaldos y

preconfiguraciones que aseguran un mejor desempeño de estos sistemas, además de funcionalidades para personalizar y configurar las herramientas a utilizarse.

Con base en la experiencia, observación y participación en múltiples proyectos tecnológicos dentro de la Administración Pública, se plantean supuestos de riesgos adaptados a la forma de operación de diversas dependencias:

- En materia de transparencia, las dependencias tienen sus registros y tablas de control, ya sea para preparar su información para cargarse en el SIPOT o para gestionar la atención de solicitudes de información. Para estas actividades, resalta que existen casos en los que no toda la información puede ser entregada, ya que existen datos personales, confidenciales o clasificados, los cuales, conforme a la normatividad vigente, deben conservarse y protegerse por cada sujeto obligado.
- En materia de gestión de usuarios y trabajadores, las dependencias manejan sistemas y tablas cuya existencia se debe transparentar, estos datos incluyen datos y documentos de nómina, de recursos financieros y presupuesto de las instituciones, de control de permisos en la red como directorios activos, etc.
- En materia de servicios legales, como contralorías y tribunales, se manejan sistemas para control de expedientes que incluyen datos como nombres de las partes, dirección, identificaciones, etc.; así como los generales de los asuntos como el estado que guarda cada asunto, los archivos adjuntos y los proyectos de resolución. Esto se puede verificar usando los sistemas de consulta disponibles a la ciudadanía donde basta identificarse para acceder a los sistemas públicos para hacer búsquedas y consultas de expedientes e incluso poder llevar asunto sen línea usando firmas electrónicas.

Escenarios de riesgo:

- En un tribunal que usa una con Chatbot para atender consultas que incluyen datos como estatus de un expediente, fechas de audiencias, etc. Por un error de permisos de acceso a bases de datos, la IA otorga acceso a un usuario expediente completo, exponiendo pruebas otorgadas por ambas partes, alterando con esto el proceso y poniendo en riesgo a la contraparte de un juicio.
- En una dependencia de atención a usuarios que usa un Chatbot con capacidad de creación de cuentas de usuario, no ejecute correctamente medidas anti-duplicidad por nombre, correo electrónico o número de folio y sobrescribe los datos de un usuario, otorgando a un tercero toda la información confidencial del mismo, incluyendo datos sensibles como dirección y comprobantes de domicilio, o copia de su historial financiero.
- En un instituto de transparencia, que usa un algoritmo de IA con OCR y NLP, para acceder a documentos digitalizados y archivos testados digitalmente, y donde el testado es por medio de atributos u objetos sobrepuestos superficialmente a documentos; la IA omite el testado digital al momento de transcribir datos hacia una tabla, poniendo al alcance de cualquier consulta datos confidenciales de los expedientes.

Resultados

En búsqueda de comprender cada vez más la forma en que los sistemas digitales se comunican con los humanos, el NLP hace uso de varios recursos compartidos y de código abierto, recolectando, almacenando y compartiendo datos que obtiene de diversas actividades como leer archivos de texto, traducir texto, encontrar texto en imágenes, escribir a partir del dictado, reconocimiento de voz, etc., utilizando diversos recursos y modelos de redes neuronales, como los modelos extensos de lenguaje o LLMs (Large Language Models), que permiten reconocer, predecir y generar contenido masivamente usando algoritmos de Deep Learning, aun dentro del campo de la IA.

-Recomendaciones

Por lo que derivado del análisis de problemáticas recientes, experiencias y opiniones publicadas en la red por empresas tecnológicas, expertos en la materia, así como periódicos de renombres; y asistido por experiencias de participación en proyectos tecnológicos en diversas dependencias, así como la observación de la operación de las mismas, se proponen las siguientes recomendaciones como una herramienta de apoyo a las medidas de control que tiene cada dependencia con base en sus capacidades de operación tecnológica, puedan analizar probables brechas, y

prevenir riesgos al momento de adquirir una herramienta que utiliza IA y NLP, se plantean las siguientes recomendaciones:

La recomendación principal enfatiza que es necesario que las instituciones restrinjan el uso de paginas web y aplicaciones de escritorio y móviles a sus trabajadores y tomen medidas de control de documentos en dispositivos de almacenamiento, correos electrónicos y drives o repositorios de datos personales. Ya que cada vez es más común que para el desempeño de sus funciones, los trabajadores utilicen programas gratuitos que utilizan Inteligencia Artificial para actividades que auxilian su ejercicio, como, por ejemplo: para leer en voz alta un documento extenso, resumir archivos para reportes, buscar patrones o hacer operaciones en tablas extensas, o simplemente para convertir archivos o imágenes a formato texto con ayuda de OCR por servicios web. Todas estas practicas pasan por alto que cuando se sube un archivo a la web, estos dejan una huella o rastro digital y aumentan el riesgo de ser copiados, almacenados y utilizado para fines no regulados o prohibidos por la normativa vigente.

Otras recomendaciones son:

- Al hacer uso de los servicios en la nube para almacenar información, conforme al artículo 46 tercer párrafo de la normatividad anteriormente citada, delimitar los accesos a las bases de datos, procurando generar espacios virtuales separados conforme al grado de importancia de los datos.
- Crear una nueva zona dedicada a pruebas con recursos de IA, donde el uso de las bases de datos existentes y la creación de nuevas no represente ningún riesgo a las configuraciones actuales, las bases de datos estén configuradas
- Analizar constantemente el comportamiento del algoritmo y su evolución en la atención de consultas, para detectar probables riesgos en el proceso de aprendizaje. Generalmente los reportes se basan en cifras de atención, tiempos de respuesta y evaluación de la calidad de la respuesta, omitiendo con esto el análisis de los datos proporcionados para cada caso.
- Extender los registros de eventos, y limitar jerarquía de aprobación de controles de cambios y actualizaciones para tablas y bases de datos, en sus diversas fases de desarrollo, pruebas y producción.

Evitar que las actualizaciones a bases de datos sean liberados con usuario con permisos extendidos, no registrados. Ya que es común que durante las pruebas varios desarrolladores participen y se dejen los privilegios elevados, y no sean modificados al momento de poner la base de datos en operación
- Hacer uso de herramientas de que permitan llevar un registro de acceso a cada base de datos, tendiendo plena identificación de los algoritmos que han accedido a tablas con datos prioritarios.
- Tener mecanismos de doble y triple autenticación, así como medidas de seguridad biométrica, para tablas con datos relevantes, evitando de esta forma que se acceda por permisos otorgados a otros sistemas.
- Evaluar los beneficios de utilizar un Chatbot y el de usar personal de atención en línea, considerando el tipo de servicio y la cantidad e consultas, a veces es mayor el riesgo potencial que los beneficios y alcances esperados.
- Separar los algoritmos de búsqueda de texto, de las tablas que contengan documentos que tienen información clasificada o confidencial.
- Evitar otorgar permisos de sobreescritura de bases de datos a las herramientas de IA, en vez de esto favorecer la creación de nuevos espacios con controles para datos creados por los Chatbots.
- Procurar tener un sistema de verificación antivirus de los archivos que se reciben a través de chats de asistencia.

Por último, hay que recordar que no sobre subestimar las capacidades y riesgos potenciales de los sistemas en línea que utilizan inteligencia artificial, por su capacidad evolutiva, de aprendizaje y autotransformación o autoconfiguración de algoritmos.

Conclusiones

En la priorización de proceso de digitalización para simplificar tramites, las dependencias aceleran su evolución descuidando muchas veces la tecnología existente y enfocándose en la operación de los nuevos sistemas, dejan brechas que han permitido que los ciberataques tengan cada vez más alcance o penetración, y las filtraciones de información ocurren por brechas de seguridad que se crean al actualizar un sistema, o hacer una modificación a un módulo. Si bien la principal forma de conocer las filtraciones generadas por el uso de algoritmos de procesamiento del lenguaje natural, son por las noticias, no se debe menospreciar la enorme cantidad de hechos no divulgados públicamente que ocurren diariamente. Pero, sobre todo, se debe recordar que las instituciones deben dar un tratamiento y supervisión especial a todos los programas que manejen datos críticos, confidenciales y sensibles, para poder garantizar que los datos sean procesados y transferido con mecanismos que conserven información íntegra, sin filtraciones, modificaciones o accesos indebidos.

Se debe de considerar que todo lo que está dentro del campo de la inteligencia artificial se comporta como una entidad en constante evolución, y todo cambio en las tecnologías conlleva aun riesgo.

De igual forma que con los ciberataques, las infecciones por virus, los secuestros de información (ransomware), y cualquier otra amenazada a las tecnologías de las intuiciones, el objetivo principal es evitar incidencias, es decir, considerar que le objetivo de estas recomendaciones no es poder comprobar las fallas, sino conocerlas, adaptarlas a la forma de operación y las características de infraestructura de cada institución y poder prevenir ir fallas.

Muchas instituciones sustentan su iniciativa de mejora tecnológica en el éxito de una tecnología en las empresas del sector, sin embargo, hay que tener en mente que las dependencias conservan sistemas, tablas y bases de datos que vienen migrando, modificando o simplemente respaldando por décadas, y al momento de hacer una migración omiten revisar la información contenida, así como las configuraciones, esta también es una vulnerabilidad generalmente omitida.

Referencias

Raschka, S., Liu, Y. (., Mirjalili, V., Dzhulgakov, D. (2022). Machine Learning with PyTorch and Scikit-Learn: Develop Machine Learning and Deep Learning Models with Python. United Kingdom: Packt Publishing.

Acuerdo por el que se emiten las políticas y disposiciones para impulsar el uso y aprovechamiento de la informática, el gobierno digital, las tecnologías de la información y comunicación, y la seguridad de la información en la Administración Pública Federal. D.O.F 06 de septiembre de 2021. (México)

What are Large Language Models? | NVIDIA Glossary. (27/09/2023). NVIDIA. <https://www.nvidia.com/en-us/glossary/data-science/large-language-models/>

Notas Biográficas

El **Mtro. Carlos Enriquez Gorgonio**, obtuvo en 2012 el título de ingeniería en Mecatrónica por la Universidad de Xalapa, en 2022 el grado de Maestría en Tecnologías de la Información por el IEU, donde actualmente cursa la Maestría en Dirección de ingeniería de Software; y también la Maestría en Inteligencia Artificial Aplicada en el Tecnológico de Monterrey. Actualmente se desempeña como subdirector de Área en la Auditoría superior de la Federación de la Cámara de Diputados.

Apéndice

A continuación, se presenta de forma adicional un cuestionario que puede ayudar a diagnosticar la operación de la institución y permitir ver puntos de mejora preventiva, antes de la adquisición de una herramienta que utilice NLP:

1. ¿Qué beneficio espera obtener la institución obtener de la aplicación de algoritmos NLP?
2. ¿Las bases de datos de la institución tienen perfiles de usuarios homologados?
3. ¿Cuántas bases de datos y tablas existen actualmente en los equipos de la instrucción, se tiene control sobre todas?
4. ¿La dependencia cuenta con capacidades tecnológicas para utilizar múltiples mecanismos o factores de autenticación como pueden ser tokens, de firmas electrónicas, medios biométricos, etc.?
5. ¿Qué mecanismo tiene la institución para asegurar que los datos son dispersados correctamente, y que no existen bases duplicadas que puedan contener información confidencial de la institución y/o sus trabajadores?

6. ¿Con qué frecuencia se realiza el mantenimiento de las bases de datos y se tiene registro de cada mantenimiento?
7. ¿La dependencia cuenta con sistemas DLP, o sistemas para evitar la fuga de información?

Investigación en Eficiencia Electromecánica: Una Bibliometría con Análisis de los Últimos 82 Años (1941 a 2023)

Ing. Pedro Flores Sánchez¹, Dr. Luis Cisneros Villalobos²,
Dr. Zakaryaa Zarhri³, Dr. Mario Limón Mendoza^{4*}

Resumen— En el presente documento realizamos un análisis bibliométrico sobre los tópicos de eficiencia electromecánica mediante la utilización de la herramienta de análisis de datos VOSviewer y la base de datos sobre publicaciones científicas de SCOPUS, llevamos a cabo una revisión de los autores y las relaciones de citas y co-citaciones, vinculadas con las palabras clave de mayor relevancia en los documentos publicados, así como la institución de adscripción de los autores y el país de publicación, encontrando como resultados relevantes los artículos más citados, las revistas con mayor cantidad de documentos y analizando la concurrencia de los cluster de palabras claves para identificar como áreas de estudio sobre “energy harvesting”, “microelectromechanical systems”, “energy efficiency” y “piezoelectric”, concluyendo que continua la tendencia de interés sobre el estudio en estos temas.

Palabras clave— eficiencia, electromecánica, análisis bibliometrico, vosviewer.

Introducción

Cuando hablamos de sistemas electromecánicos nos referimos a los dispositivos o máquinas que funcionan con energía, pudiendo citar por ejemplo la generación o conversión de energía para utilizar para almacenamiento y su posterior uso o a la utilización de energía y su eficiencia energética.

Los dispositivos de conversión de energía utilizan diversos principios o leyes fundamentales, como el electromagnetismo usado en máquinas eléctricas síncronas utilizadas para generar grandes bloques de energía mediante la transformación de energía mecánica en eléctrica. En otra escala podemos hablar de generación de energía mediante efectos piezoeléctricos, utilizando sistemas microelectromecánicos para la conversión de energía.

En el año 2021 E, Jiaqiang et al, realizo una revisión del Proceso de microcombustión y conversión de energía de microsistemas, concluyendo que para diferentes sistemas microelectromecánicos, debido a las diferentes formas de conversión de energía, los objetivos de sus esquemas de optimización también son diferentes, por lo que es necesario seleccionar el esquema de optimización razonablemente de acuerdo con la situación real del equipo(E et al., 2021). En el año 2013 se realiza un artículo de revisión y describe brevemente el sistema de accionamiento del motor de reluctancia conmutada y posteriormente se resume el progreso de la investigación sobre el sistema de accionamiento. El resumen de progreso incluye el diseño del SRM, la estrategia de control, la tecnología de detección de posición y la vibración y el ruido. El artículo finaliza con sugerencias para futuros trabajos de investigación(Anekunu et al., 2013). Durante el año 2023 se realizó un artículo con el objetivo de evaluar y describir las investigaciones y los avances recientes en el campo de los sistemas de bombeo solares fotovoltaicos, el cual ofrecer una visión más amplia de las tecnologías solares fotovoltaicas para investigadores, ingenieros y tomadores de decisiones(Gevorkov et al., 2022). En el año 2020 presentaron un análisis integral de la experiencia nacional y extranjera sobre las técnicas de optimización existentes en los problemas de minimización de pérdidas de energía en sistemas electromecánicos con máquina de inducción para la reducción de la electricidad total consumida de la red(Diachenko & Aziukovskyi, 2020).

El objetivo principal de nuestro documento es realizar una revisión de las publicaciones que han tratado el tema con las palabras clave “efficiency AND electromechanical” para ubicar los principales autores, sus lugares de adscripción y los países desde donde se está publicando, para realizar una revisión de las palabras clave y su relación en cuanto los agrupamientos o clúster de trabajo para ubicar si existe una relevancia por el tipo de información generada e identificar las posibles conexiones entre los diferentes temas de investigación y descubrir si existe alguna área que pueda continuar con la investigación al respecto. También se pretende identificar que revistas son las

¹ Pedro Flores Sánchez es estudiante de Maestría Eléctrica Electrónica en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. pedro.floress@uaem.edu.mx

² Dr. Luis Cisneros Villalobos es catedrático de Maestría Eléctrica Electrónica en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. luis.cisneros@uaem.edu.mx

³ El Dr. Zakaryaa Zarhri es catedrático de Maestría Eléctrica Electrónica en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. z.zarhri@gmail.com

⁴ Dr. Mario Limón Mendoza es catedrático de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. mario.limon@uaem.mx *(Autor de correspondencia)

principales donde se ha realizado publicaciones con respecto a las palabras clave y saber cuáles son las áreas de interés de esas revistas que han publicado mayor número de documentos y su relación con el número de citas para ubicar los documentos más citados para obtener información sobre los autores y su permanencia o relevancia en el tema de publicación.

Metodología

Relevancia de la eficiencia electromecánica

La energía convertida depende en gran medida de la necesidad mecánica y del factor de acoplamiento electromecánico global. Los microgeneradores piezoeléctricos de estado sólido se basan en la conversión electromecánica de energía que tiene lugar en un material piezoeléctrico. Un generador de este tipo suele incluir un dispositivo mecánico diseñado para aplicar una tensión impulsora sobre elementos piezoeléctricos. Los elementos piezoeléctricos que actúan como generador están conectados entre sí a una red eléctrica que constituye el receptor de energía. La tensión alterna en los electrodos de los elementos piezoeléctricos depende de la sollicitación mecánica y del comportamiento del receptor de energía.

Los dispositivos electrónicos generalmente requieren voltajes de suministro de corriente continua (CC). Por esta razón, el voltaje alternativo entregado por los elementos piezoeléctricos se convierte mediante un convertidor de corriente alterna (CA) a CC. Este convertidor suele estar compuesto simplemente por un puente rectificador de diodos y un condensador de filtrado de salida. Pero en algunos sistemas más sofisticados, al convertidor de CA a CC le sigue un convertidor de CC a CC que se utiliza para la adaptación de la impedancia o la regulación del voltaje de suministro (Guyomar et al., 2005).

Es ampliamente reconocida la necesidad de fuentes de energía miniaturizadas para microsistemas electromecánicos (MEMS) y dispositivos microelectrónicos. Los conceptos a microescala para generar energía eléctrica incluyen desde dispositivos que utilizan la energía almacenada en combustibles hasta aquellos que recolectan energía del medio ambiente. Los materiales piezoeléctricos se emplean cada vez más en ambos tipos de dispositivos para convertir energía mecánica en eléctrica (Richards et al., 2004).

Procedimiento

En la elaboración del presente estudio se aplicó una variante del análisis bibliométrico, usando el análisis de redes de citas, patrones de concitaciones y coautorías en la literatura mediante el uso del software VOSviewer (Van Eck & Waltman, 2010) y base de datos SCOPUS (Chadegani et al., 2013).

Los análisis bibliométricos han alcanzado relevancia en los últimos años, aun y cuando las primeras discusiones sobre bibliometría datan de 1950, por tanto, esta metodología no es nueva, pero es una buena herramienta para determinar el tipo de publicaciones con respecto a un tema de interés, así como descubrir tendencias en el desarrollo de estas publicaciones y sobre las citas directas y por parte de coautores. Aunado al acceso a herramientas de software para análisis de bases de datos sobre publicaciones científicas. A fin de obtener un buen estudio bibliométrico se han seguido los lineamientos generales para realizar este tipo de estudios. Primeramente, se ha definido los objetivos y alcances del estudio, posteriormente se ha escogido la técnica de análisis, se recogieron los datos y se ejecutó la bibliometría para analizar y reportar los hallazgos (Donthu et al., 2021).

Recopilación de datos

Para este análisis bibliométrico se adoptó una búsqueda de documentos en la base de datos Scopus, la cual tiene una mayor cobertura en cuanto a revistas (Chadegani et al., 2013). La búsqueda se inició con los criterios base de palabras clave, que incluyen las palabras “efficiency AND electromechanical”.

La búsqueda identificó 4,497 documentos totales, los cuales fueron exportados en formato CSV (Comma Separated Values), incluyendo la información completa sobre información sobre citación, información bibliográfica, resumen y palabras clave, detalles de fondos y otra información.

Herramientas y análisis bibliométricos

El análisis de la red de citas se realizó utilizando VOSviewer, una herramienta gratuita para construir y visualizar redes bibliométricas (Van Eck & Waltman, 2010). Esta herramienta permite generar graficas con diferentes métricas. Para este proyecto, se desarrollaron mapas de redes de autores y citas en artículos de revistas incluidas en la base de datos Scopus.

Para el desarrollo de los mapas se utilizaron principalmente tres métricas de conectividad:

1. Coautoría: La conexión entre autores se basa en su número de publicaciones en coautoría.

2. Co-citación: la conexión entre autores/publicaciones se basa en el número de veces que ambos son citados por otro autor/publicación. Cuanto mayor sea el número de publicaciones en las que se citan dos autores, más fuerte será la relación de co-citación entre los dos autores.
3. Palabras clave: la conexión se basa en el número de referencias compartidas por palabra clave.

Resultados

Análisis y Resultados

Con ayuda de las graficas ofrecidas directamente en la pagina de scopus se observan los patrones de distribución de publicaciones por año, por tipo de documento y por área de estudio.

Se observa que en el periodo comprendido entre los años 1941 a 1968, se tenía una o ninguna publicación por año, y en los años subsecuentes incrementando de manera mínima la cantidad de documentos publicados hasta el año de 1991, en el que se publicaron 14 documentos con palabras clave como “Electromechanical Devices”, y a partir de este año se fue incrementando las publicaciones llegando el año 2008 con 109 documentos, y posteriormente al año 2022 con 405 documentos continuando con la tendencia de palabras clave “Electromechanical Devices” y “Energy Efficiency”, acumulando un total de 4,997 documentos (Figura 1).

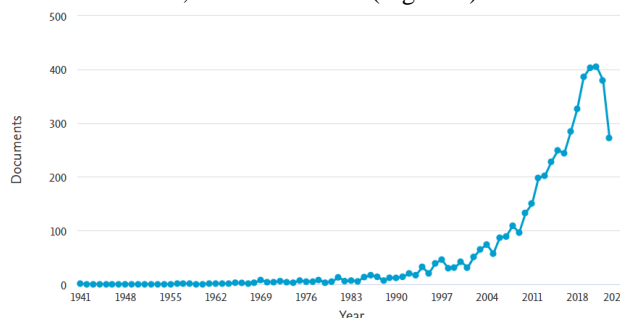


Figura 1. Cantidad de documentos por año de publicación.

Con información de la base de datos se tiene un total de 4,997 documentos, de los cuales el 59.9% (2,994 documentos) son artículos y 35.1% (1752 documentos) son papeles de conferencia, 2.4% (122 documentos) son de tipo revisión y 2.6% (129 documentos) son de otro tipo (capítulos de libros, revisión de conferencias, libros y editoriales). En cuanto a las áreas de estudio, se tienen un 35.0% (3588 documentos) relacionados con el área de ingeniería y un 13.6% (1395 documentos) en física y astronomía, como áreas principales.

Del total de registros, se obtienen 4,748 autores diferentes, y aplicando un filtro de un mínimo de 4 documentos por autor y por lo menos 10 citas por autor, se obtienen 7 autores que cumplen este criterio.

De la figura 2.a) observamos que shu y.c; lien i.c. son los autores más citados y analizando la base de datos observamos que cuenta con 993 citas y 4 documentos, en segundo lugar, el autor kuna m. con 206 citas y 4 documentos, posteriormente encontramos a Lyshevski S.E. con 86 citas y 5 documentos, así como a Ho S.-T. con 50 citas y 6 documentos, finalmente encontramos a jr. con 25 citas y Yao W.; Jin J.-M.; Krein P.T. con 24 citas y Hoffstadt T.; Maas J. con 24 citas, todos ellos con 4 documentos.

Revisando la base de datos, Shu, Yichung publicó en el 2006 su artículo “Analysis of power output for piezoelectric energy harvesting systems”(Shu & Lien, 2006) que a la fecha cuenta con 688 citas. Realizando una revisión del perfil del autor en Scopus, se observa que cuenta con un total de 87 documentos, de los cuales 17 artículos cuentan con tópicos “Piezoelectric; Energy Harvesting; Bistable” que han sido marcados como tendencia en estos temas en un periodo del año 2018 al 2022.

Con relación a la co-citaciones de los autores, podemos obtener de un total 144,860 citas a los autores, aplicando un criterio de al menos 50 citas por autor, la figura 2.b, se muestra que el autor Zhang, Ying, de la School of Electrical and Computer Engineering, Atlanta, United States, cuenta con la mayor numero de co-citaciones y de acuerdo con su perfil ha contribuido con 6 publicaciones entre 2018 y 2022 en los cuales los topicos más frecuentes son “Energy Harvesting; Internet Of Things; Power Allocation”.

Como segundo co-autor principal se observa el perfil de Inman, Daniel J., de la “University of Michigan, Ann Arbor, Ann Arbor, United States” cuenta con 778 co-citaciones y a contribuido en el periodo de 2018 a 2022 con trabajos sobre los tópicos principales como “Piezoelectric; Energy Harvesting; Bistable”

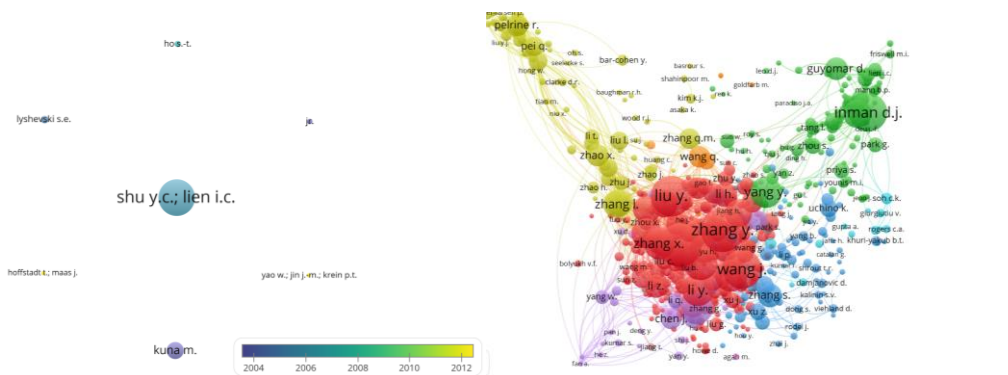


Figura 2.a) Red de autores, con al menos 4 artículos y más de 10 citas, b) Figura 3. Co-citaciones por autor con un mínimo de 50 citas.

Se observa una gran variedad de áreas de estudio que se ve reflejada en las instituciones de afiliación, en la base de datos tenemos un total de 8,500 organizaciones que cuentan con al menos un documento, pero aplicando criterios de selección de quienes tienen más de 5 documentos por organización y más de 50 citas, obtenemos una muestra de 11 organizaciones. Considerando el número de documentos, en primer lugar, se tienen al “Department of Materials Science and Engineering, Pennsylvania State University” con un total de 10 documentos y 268 citas, y China Electric Power Research Institute, con 5 documentos y 53 citas.

En cuanto a los países más productores de documentos encontramos a China con 1,343 documentos, a los Estados Unidos con 946 documentos, la Federación Rusa con 322 documentos y posteriormente con un rango de 249 a 211 documentos se encuentra India, Alemania y Francia.

Considerando a China como el país que más documentos ha publicado, se analizan que dentro de los artículos con más citas y se encuentra a Li Q.; et al, con su documento “Solution-processed ferroelectric terpolymer nanocomposites with high breakdown strength and energy density utilizing boron nitride nanosheets”(Li et al., 2015).

La ocurrencia de las palabras clave de un universo de 34,141 palabras, considerando solo las que sobrepasan las 200 ocurrencias, resalta los términos “electromechanical devices” (1142 ocurrencias), “mems” (698 ocurrencias), “energy efficiency” (697 ocurrencias), “piezoelectricity” (631 ocurrencias).

Estas palabras clave forman tres clústeres principales, que se interconectan entre sí como se observa en la figura 4. Sobresale el término “energy harvesting” (recolección de energía) como un tópico que ha sido estudiado a partir del año 2005, que marca una tendencia en aumento por investigar el tema.

En cuanto al segundo cluster de importancia encontramos la palabra “mems” (microelectromechanical systems) y se obtiene que el artículo más citado corresponde a Priya S.; et al, “A Review on Piezoelectric Energy Harvesting: Materials, Methods, and Circuits”(Priya et al., 2019).

El tercer cluster de mayor ocurrencia es el de “energy efficiency”, cuyo artículo más citado es el de Pellicciari M.; Berselli G.; Leali F.; Vergnano A. “A method for reducing the energy consumption of pick-and-place industrial robots” del año 2013.

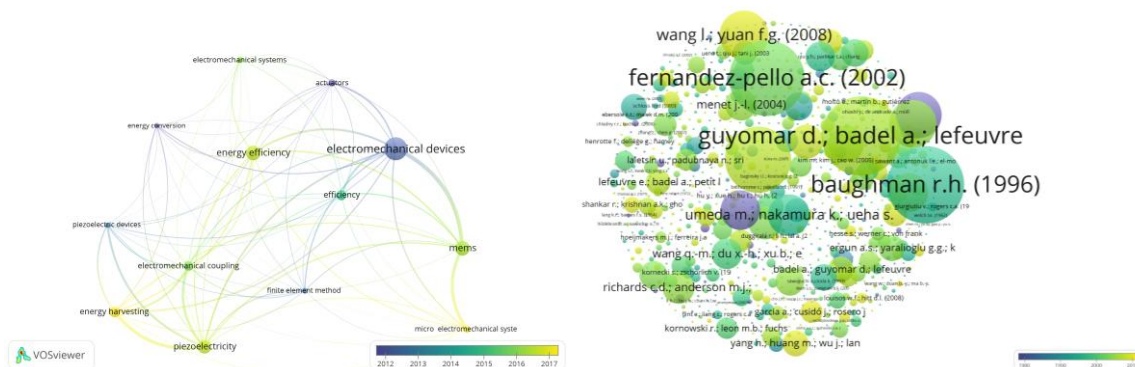


Figura 4.a) Ocurrencia de palabras clave del autor con un mínimo de 200 ocurrencias por palabra. Figura 4.b). Citas de autores por documento.

En la figura 4.b) se observa que los autores más citados son Guyomar D.; Badel A.; Lefeuvre E.; Richard C. con su trabajo “Toward energy harvesting using active materials and conversion improvement by nonlinear processing” y Baughman R.H. por “Conducting polymer artificial muscles”, Fernandez-Pello A.C. con el artículo “Micropower generation using combustion: Issues and approaches”.

De las publicaciones por tipo de revista, se tiene que, de un total de 2,190 fuentes, de las que tienen más de 15 documentos sobresale la revista “Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering” con un total de 145 documentos que han sido citados 1,544 veces.

En cuanto al tipo de fuente, la tabla 1 muestra las principales revistas y se compara el total de documentos por revista, el número de citas totales y el artículo más relevante con su cantidad de citas. Como puede observarse la revista que más ha publicado sobre el tema es “Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering” con un total de 145 documentos, esta revista tiene como áreas de objetivo y categorías las siguientes: ciencias computacionales, ingeniería, ciencia de materiales, matemáticas, física y astronomía. Como segundo lugar se tiene a la revista “Smart Materials and Structures” que tiene un total de 68 artículos. Esta otra revista tiene dedicado a los avances técnicos de materiales, sistemas y estructuras inteligentes; incluyendo sistemas inteligentes y actuación, estructuras adaptativas y control activo.

Journal	Documents	Total times cited	The mos cited paper	Cited by
Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering	145	1544	Ultrahigh strain response of field-actuated elastomeric polymers	185
Smart Materials and Structures	68	3587	Analysis of power output for piezoelectric energy harvesting systems	688
Journal of Intelligent Material Systems and Structures	53	1586	The effect of non-linear piezoelectric coupling on vibration-based energy harvesting	183
Journal of Physics: Conference Series	51	70	Power electronics performance in cryogenic environment: Evaluation for use in HTS power devices	9
SAE Technical Papers	50	407	The third generation of valvetrains - New fully variable valvetrains for throttle-free load control	110

Tabla 1. Principales revistas con documentos publicados referente a las palabras clave “efficiency AND electromechanical”

Conclusiones

Al realizar una búsqueda con las palabras clave “efficiency AND electromechanical” en la base de datos Scopus y analizar los datos con VOSviewer se puede observar que de los años 1941 a 1991 existen pocos registros de documentos publicados con respecto al tema, posterior a este periodo sobresalen los clusters con otras palabras clave identificadas con “energy harvesting”, “microelectromechanical systems”, “energy efficiency” y “piezoelectric”. El cluster que inicia con “energy harvesting” tiene fuertes conexiones con “microelectromechanical systems” que han sido temas de alto interés desde el año 2005, así como con las palabras clave de “piezoelectric” y “efficiency”, que complementan el área de estudio. Las palabras relacionadas a la investigación de recolección de energía versan en temas del estudio de materiales piezoeléctricos, con sus propiedades eléctricas y el interés de hacer más eficientes la transferencia mecánica de energía por estos materiales hacia la energía electromecánica (Priya et al., 2019).

El otro cluster de investigación está en la eficiencia energética, que tiene conexiones débiles con los sistemas electromecánicos y los motores de inducción, mediante el control y la utilización de actuadores para el control, así como los modelos matemáticos utilizados para simular los sistemas de control, con áreas de estudio para autos eléctricos y conversión electromecánica y acelerómetros.

Un pequeño cluster que se puede identificar es el que provienen del modelado, encaminando las publicaciones a transitorios electromagnéticos, que complementan el tema con redes inteligentes y simulación de sistemas de potencia y finalmente con una débil pero significativa conexión hacia la inteligencia artificial.

Podemos entonces observar que la investigación con la relación de palabras “efficiency AND electromechanical” está enfocada mayormente a la evaluación de sistemas micro electromecánicos con materiales piezoeléctricos.

Limitaciones

Es importante señalar que la revisión bibliométrica es una excelente herramienta para el análisis temas de publicación de información científica, sin embargo, el presente estudio no profundiza en el contenido de los artículos revisados, únicamente se realiza una revisión sobre las palabras clave y las tendencias de investigación a través de los años marcados.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían centrarse en buscar las conexiones con otras áreas de estudio, refinando la búsqueda a con palabras clave sobre los temas de interés y evaluando nuevas conexiones entre áreas y definir temas de investigación y colaboración al respecto.

Referencias

- Anekunu, A. Y., Chowdhury, S. P., & Chowdhury, S. (2013). A review of research and development on switched reluctance motor for electric vehicles. *2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/PESMG.2013.6672494>
- Chadegani, A. A., Salehi, H., Yunus, M. M., Farhadi, H., Fooladi, M., Farhadi, M., & Ebrahim, N. A. (2013). A Comparison between Two Main Academic Literature Collections: Web of Science and Scopus Databases. *Asian Social Science*, *9*(5), p18. <https://doi.org/10.5539/ass.v9n5p18>
- Diachenko, G. G., & Aziukovskyi, O. O. (2020). Review of methods for energy-efficiency improvement in induction machines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, *1*, 80–88. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-1/080>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, *133*, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- E, J., Ding, J., Chen, J., Liao, G., Zhang, F., & Luo, B. (2021). Process in micro-combustion and energy conversion of micro power system: A review. *Energy Conversion and Management*, *246*, 114664. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114664>
- Gevorkov, L., Domínguez-García, J. L., & Romero, L. T. (2022). Review on Solar Photovoltaic-Powered Pumping Systems. *Energies*, *16*(1), 94. <https://doi.org/10.3390/en16010094>
- Guyomar, D., Badel, A., Lefeuvre, E., & Richard, C. (2005). Toward energy harvesting using active materials and conversion improvement by nonlinear processing. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, *52*(4), 584–595. <https://doi.org/10.1109/TUFFC.2005.1428041>
- Li, Q., Zhang, G., Liu, F., Han, K., Gadinski, M. R., Xiong, C., & Wang, Q. (2015). Solution-processed ferroelectric terpolymer nanocomposites with high breakdown strength and energy density utilizing boron nitride nanosheets. *Energy and Environmental Science*, *8*(3), 922–931. Scopus. <https://doi.org/10.1039/c4ee02962c>
- Priya, S., Song, H.-C., Zhou, Y., Varghese, R., Chopra, A., Kim, S.-G., Kanno, I., Wu, L., Ha, D. S., Ryu, J., & Polcawich, R. G. (2019). A Review on Piezoelectric Energy Harvesting: Materials, Methods, and Circuits. *Energy Harvesting and Systems*, *4*(1), 3–39. Scopus. <https://doi.org/10.1515/ehs-2016-0028>
- Richards, C. D., Anderson, M. J., Bahr, D. F., & Richards, R. F. (2004). Efficiency of energy conversion for devices containing a piezoelectric component. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, *14*(5), 717–721. <https://doi.org/10.1088/0960-1317/14/5/009>
- Shu, Y. C., & Lien, I. C. (2006). Analysis of power output for piezoelectric energy harvesting systems. *Smart Materials and Structures*, *15*(6), 1499–1512. Scopus. <https://doi.org/10.1088/0964-1726/15/6/001>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, *84*(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

Notas Biográficas

El **Ing. Pedro Flores Sánchez** actualmente es estudiante de la Maestría en Eléctrica Electrónica en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y es consultor independiente en eficiencia energética en sistemas de bombeo de agua potable.

El **Dr. Luis Cisneros Villalobos** es profesor de la Maestría en Eléctrica Electrónica en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

El **Dr. Zakaryaa Zarhri** es profesor de la Maestría en Eléctrica Electrónica en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

El **Dr. Mario Limón Mendoza** es profesor de la Maestría en Eléctrica Electrónica en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Sistema Experimental para la Cosecha de Energía Termoeléctrica, Aprovechando el Calor de Tuberías de un Calentador de Agua de Uso Residencial

Ing. Víctor Jair Gayosso Juárez¹, M. En. I. Andrés Alfonso Andrade Vallejo², Dr. Olivares Robles Miguel Ángel³

Resumen—En este trabajo se presentan los resultados experimentales que proporcionan una estimación de la energía generada al aprovechar el calor de tuberías de un calentador con módulos termoeléctricos. Con un banco de prueba se emula el agua caliente a la salida de un calentador de paso de uso residencial. La conversión de energía térmica a eléctrica se realiza utilizando módulos termoeléctricos 3-TEC1-12706 y 1-TEC1-127-1.0-2.5P que se colocan sobre un intercambiador de calor, por el cual circula agua a una temperatura promedio de 78.5°C. Con estas condiciones se genera una diferencia de potencial de 5.12V. Al conectar una batería de litio modelo 18650MP con los módulos termoeléctricos, se presenta una corriente de 62.3 mA. Con este sistema se genera una potencia de 0.21886 Watts y una carga del 8.3% en la batería, en 2 horas; la cual puede ser utilizada para la ignición del combustible en estos calentadores de agua.

Palabras clave—Módulos termoeléctricos, cosecha de energía, generación de potencia, calor residual.

Introducción

A consecuencia del impacto ambiental en las últimas décadas, la cantidad de baterías convertidas en residuos alcanzo un total de 35,500 toneladas anuales. Estas eran principalmente de uso doméstico, ya que muchos electrodomésticos requieren de estos dispositivos; como relojes de pared, controles de televisores, lámparas, juguetes, para el encendido de un calentador de agua de paso, entre otros. Una vez cumplida su vida útil, las baterías se tiran a la basura sin tomar en cuenta el riesgo que conllevan para el ecosistema (Angarita, Godoy and Devasto 2016). El uso de las baterías convencionales se podría reducir o hasta eliminar con la aplicación de módulos termoeléctricos (TEM)(Rodríguez, et al. 2013) (Snyder 2009). El funcionamiento de los TEM se basan en el efecto Seebeck, con el que se genera una potencia eléctrica al someterse a una diferencia de temperaturas. Los gradientes de temperatura están presentes en entornos naturales y creados por el hombre; estos ofrecen una oportunidad para cosechar la energía (Snyder 2009). Se emite calor en grandes cantidades al ambiente, pero a temperaturas demasiado bajas para ser aprovechadas por sistemas convencionales de conversión de energía; por lo que se desperdicia al no ser utilizada (Xiangrong, et al. 2022). Los TEM tienen la capacidad de convertir este calor residual en energía eléctrica, aun en condiciones desfavorables (Pfeiffelmann, Cemal Benim and Joos 2021). De acuerdo al Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México (CEPAL 2018), el 73% de la energía utilizada en el sector residencial es térmica; mientras que el 27% restante es eléctrica. Por lo tanto, es importante desarrollar y mejorar dispositivos tecnológicos que generen y almacenen la energía térmica y la eléctrica, para darle un uso posterior.

En este trabajo se presenta la factibilidad de recolección de energía termoeléctrica, que aprovecha el calor de la tubería de un calentador de agua de paso de uso residencial, para generar una potencia eléctrica. Para ello se construye un banco de pruebas que simula las condiciones del agua caliente que sale de dicho calentador. Con ello se obtiene una diferencia de temperatura con respecto al ambiente, que es transformada por TEM en una potencia eléctrica. Esta energía se utiliza para cargar una batería de litio que sustituya a la usada de manera convencional para generar un arco eléctrico y provocar la ignición del combustible del calentador; contribuyendo así a la reducción del impacto ambiental provocado por el desecho de baterías al medio ambiente. El banco de prueba que se construyó para el desarrollo experimental se describe a continuación.

Metodología

Descripción del equipo

El banco de prueba se construye con un intercambiador de calor de tubería de cobre que está en contacto con una placa de aluminio. Por el intercambiador se hace circular agua caliente proveniente de un termotanque; el cual, por medio de una fuente de calor, mantiene las condiciones de temperatura estables. Una vez que el agua haya realizado

¹ Ing. Víctor Jair Gayosso Juárez. Alumno en el programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Energéticos en el Instituto Politécnico Nacional. vgayossoj2100@alumno.ipn.mx.

² M. En. I. Andrés Alfonso Andrade Vallejo. Académico del Instituto Politécnico Nacional, campus ESIME Culhuacán. aandradev@ipn.mx; ing.andres.andrade@gmail.com.

³ Dr. Olivares Robles Miguel Ángel. Académico e Investigador en el Instituto Politécnico Nacional, campus ESIME Culhuacán. olivares@ipn.mx; molivares67@gmail.com.

el recorrido en el intercambiador, esta es devuelta al termotanque; evitando desperdiciar agua en el proceso experimental. Sobre la placa de aluminio se instalaron los TEM con un sistema de disipación de calor por medio de aletas con flujo forzado de aire. Estos están conectados a una batería de litio por medio de un control de carga; como se muestra en el diagrama de la figura 1.

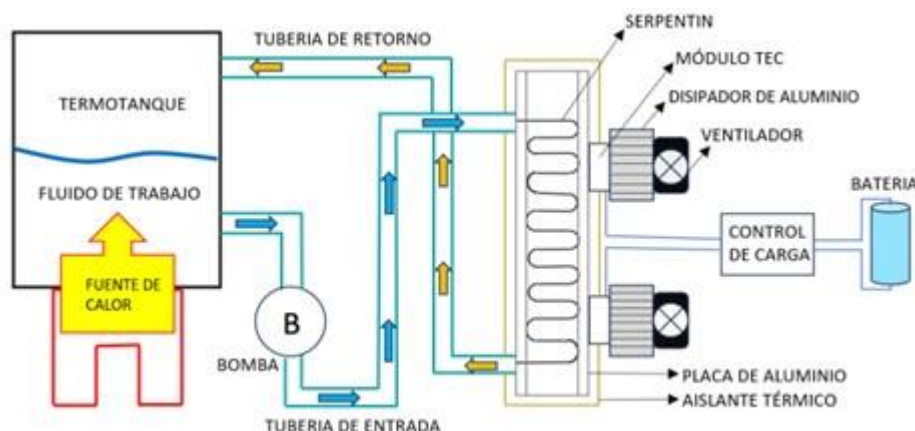


Figura 1 Diagrama esquemático del funcionamiento del banco de pruebas.

Los componentes del banco de pruebas se muestran en la figura 2 y se describen a continuación.

- a) Depósito de acero inoxidable (termotanque), capacidad de 30 litros de agua.
- b) Bomba recirculadora de Agua Caliente 120W de 3 velocidades. Marca Evans; Potencia de 0.16 HP; 3450 RPM; 110 V, 1.1 A.
- c) Intercambiador de calor con dimensiones base (10.5x16) cm y una altura de 23cm. Este se conforma por paredes de aluminio que hacen contacto por la parte interna con un serpentín de tubería de cobre de 3/8 pulgada, con 21 espiras rectangulares; se coloca aserrín en la parte interna del intercambiador como aislamiento térmico.
- d) 4 TEM. 3 modelos TEC1-12706 y uno TEC.127-1.0-2.5p.
- e) Disipadores de calor de aletas rectangulares de aluminio.
- f) Aislante térmico
- g) 3 ventiladores de plástico radox, 12v, 3w, 3000rpm; de 4" 8x8x2.5cm
- h) 2 baterías de litio modelo 18650MP, con una capacidad de almacenamiento de 1500 mAh a 3.6Volts.
- i) Termómetro Infrarrojo Digital de Temperatura de Alta Temperatura, -50~600 ° C / -58~1122 ° F, Termómetro Industrial Pistola.
- j) Multímetro digital, modelo MUT-830
- k) Termómetro marca Gain Express Holdings Ltd de tipo K de 4 canales, con termómetro digital de tipo K Metal y termómetro de sonda de talón. Rango de la sonda del talón -50 ~ 400° C (-58 ~ 752° F). Función de registro de lectura Max/Min / Avg. Precisión: $\pm 0.0015\%$ rdg $\pm 1^\circ$ C (1.8° F).

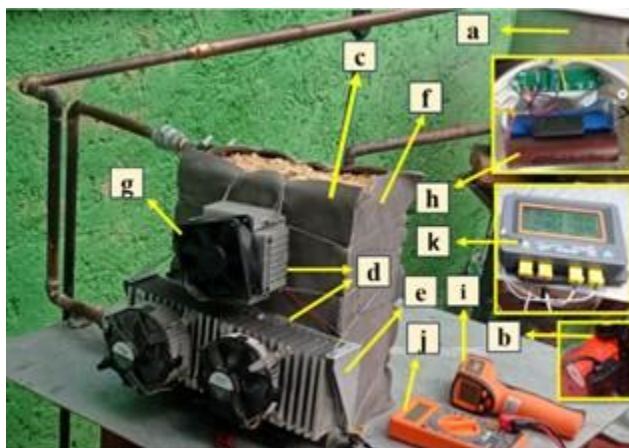


Figura 2. Elementos que constituyen al banco de pruebas.

En la figura 3, se muestra el diagrama de conexión eléctrica de los modelos de TEM con el regulador de carga y las baterías.

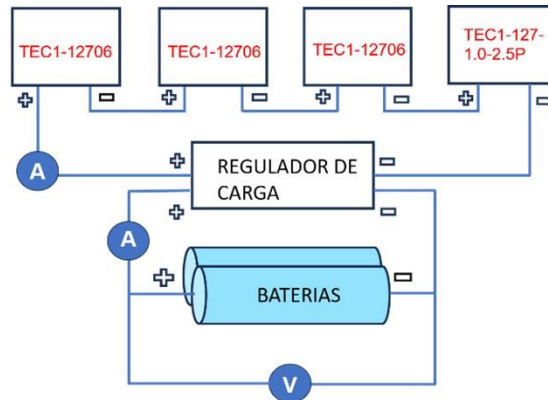


Figura 3. Diagrama de conexión eléctrica para la carga de las baterías.

Procedimiento

Se realizaron cinco pruebas experimentales, con duración 2 horas cada una; la secuencia de pasos se muestra en la figura 4. Estas fueron realizadas en el Estado de México, coordenadas 19°14'40.0"N 98°53'58.6"W. Hora de inicio 13:00 hora del centro.



Figura 4. Esquema de secuencia para las pruebas experimentales con el banco de prueba.

Al circular el fluido por el intercambiador de calor, se registran las temperaturas de entrada (T_e) y salida (T_s) de este; así como, la temperatura de la placa de aluminio (T_h), de los disipadores de calor (T_c) y del ambiente (T_{amb}). Con lo que se obtiene la diferencia de temperatura del TEM (ΔT_{TEM}).

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

La diferencia de potencial generada (ΔV_{TEM}) por los TEM, está definida por

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

La ΔV_{TEM} y la intensidad de corriente (I), se registran por medio de un multímetro durante las pruebas; en vacío (ΔV_{vac}) y con carga (ΔV_{car}). La potencia generada por los TEM (Pot) está definida por

$$Pot = \Delta V_{car} * I \quad (\text{Watts})$$

La capacidad de una batería se mide en amperios-hora (Ah). Esta se define al multiplicar la I por el tiempo en horas que tarda en cargarse. Así también, la carga de una batería se obtiene con el método de diferencia de potencial de circuito abierto.

Resultados

A continuación, se muestran los datos registrados de las temperaturas, la diferencia de potencial generada en vacío y cuando se conectan las baterías; así también, se muestra la potencia eléctrica generada. En la figura 5 se presentan las temperaturas promedio del fluido a la entrada (T_e) y salida (T_s) del intercambiador; las temperaturas del lado caliente (T_h) y frío (T_c) de los TEM.

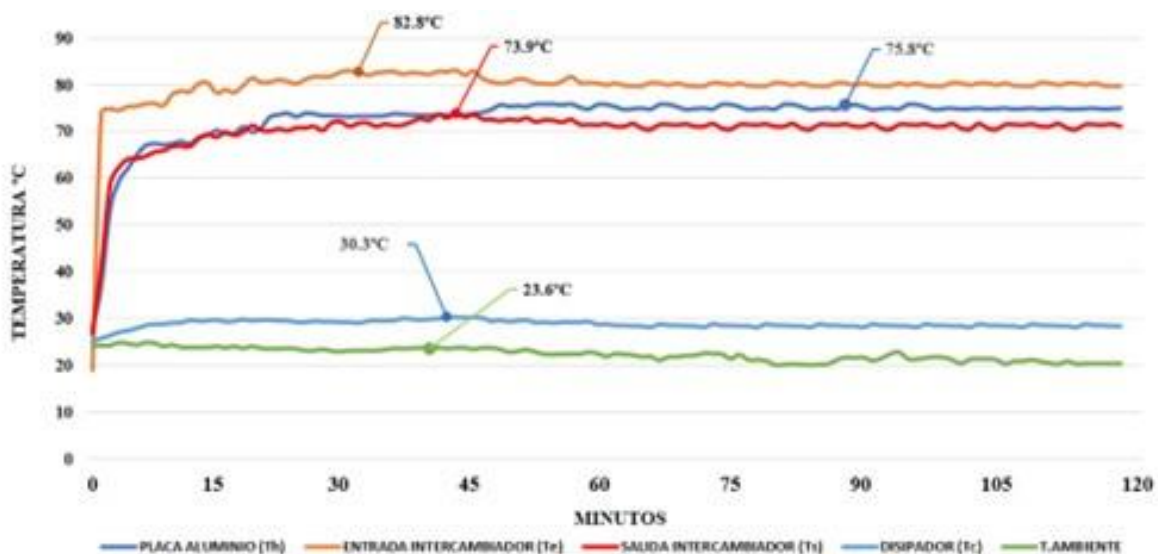


Figura 5 Temperaturas obtenidas del banco de pruebas del fluido caliente en el intercambiador de calor y a las que operan los TEM.

La temperatura del fluido decae $8.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ al pasar por el intercambiador de calor; por la energía que cede al ambiente por medio de los TEM. La temperatura T_h con la que estarán operando los TEM del lado caliente es de $75.8\text{ }^{\circ}\text{C}$; mientras que la T_c es de $30.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el lado frío. La T_c tiene un incremento de $6.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ comparada con la T_{amb} . Con los valores obtenidos de la T_h y T_c , se determina el comportamiento de la ΔT_{TEM} durante la experimentación; obteniendo un valor máximo de $52.15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En la figura 6 se presenta la diferencia de potencial generada con los TEM. En esta se puede observar el comportamiento de este conforme se incrementa la ΔT_{TEM} ; alcanzando su valor máximo de 5.12 volts en el minuto 15. En el minuto 30 se conecta la carga de las baterías por medio del regulador de carga; lo que representa una caída de potencial de 31%. Generando con los TEM hasta 3.53 volts, con una corriente eléctrica de 62.3 mA.

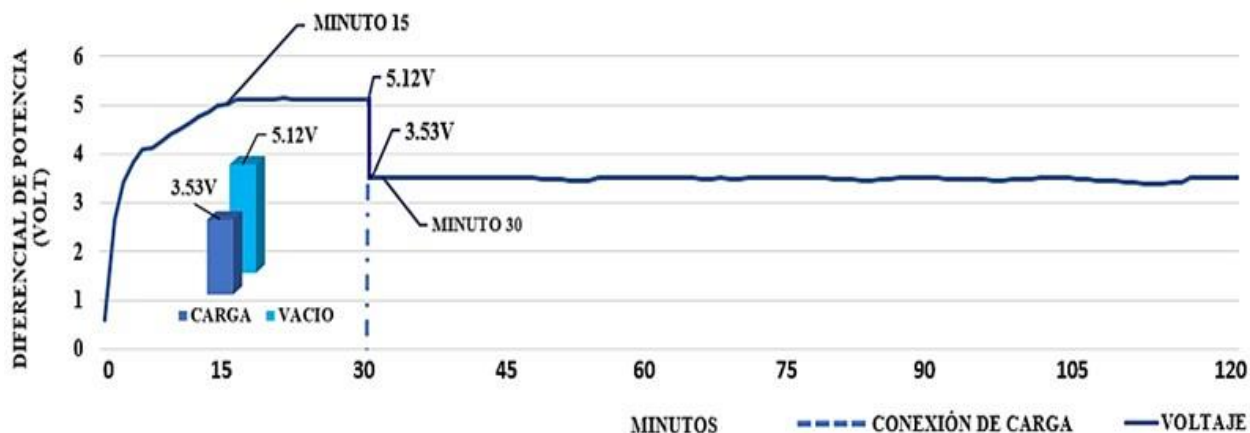


Figura 6. Diferencia de potencial generada por TEM en vacío y con carga al conectar un regulador de baterías.

Una vez obtenida la diferencia de potencial generada con los TEM, junto con la corriente eléctrica que circula en el circuito cerrado con el regulador de carga; se determina la potencia generada; la cual en promedio fue de 0.21886 Watts. Esta se muestra en la figura 7.

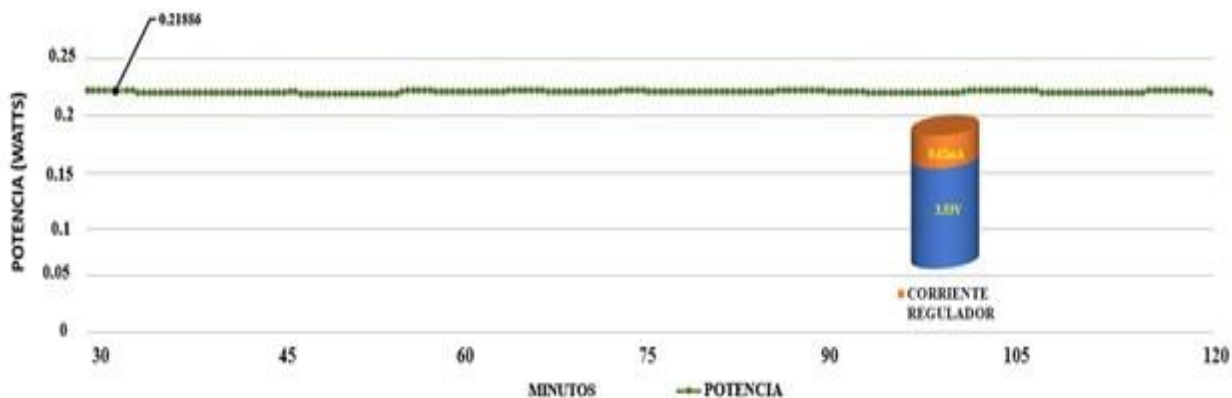


Figura 7. Potencia generada con los TEM; con la cual se carga las baterías.

Resultado de la experimentación, al generar una corriente eléctrica de 62.3 mAh, con lo que se logra incrementar 8.3% la carga de una batería de litio.

Análisis

Por medio del fluido caliente que circula por el intercambiador de calor, se logró obtener una diferencia de temperaturas (ΔT_{TEM}) de hasta 52.15 °C, con la que se operaron 4 módulos termoelectricos. Al conectarse en serie bajo la misma diferencia de temperatura, se generó una diferencial de potencial de 5.12 voltios en vacío. Al conectarse una carga, se obtuvo una caída de potencial del 31%; con lo que se generó una potencia de 0.21886 W, con una corriente de 62.3 mA. Con lo que se alcanza a cargar una batería de litio hasta 8.3 % en dos horas.

En el intercambiador de calor se presenta una disminución de temperatura en el fluido de hasta 8.9 °C; esto debido a pérdidas de calor al ambiente a través de los TEM; así como, por deficiencias de aislamiento propias del equipo experimental.

Conclusiones

En el sistema de calentadores de paso de uso residencial se emplean baterías desechables, las cuales generan un impacto negativo en el ambiente una vez concluida su vida útil. En este trabajo se presenta el aprovechamiento de calor de baja temperatura, para cargar una batería de litio; la cual es utilizada para el funcionamiento del mismo sistema sustituyendo a las baterías convencionales. Esto contribuye a reducir el impacto ambiental que se genera.

El calor de baja temperatura que existe en las salidas de las tuberías de calentadores de paso, se pueden aprovechar para generar una potencia eléctrica por medio de módulos termoelectricos. El fluido caliente presenta una disminución de temperatura de 8.9 °C, al circular por el intercambiador de calor; lo que no afecta la operación del equipo y el uso final al que está destinado el fluido caliente. Por lo que, dependiendo del uso y necesidades para lo que se requiere el fluido caliente en un proceso, esto puede ser una oportunidad para aprovechar el calor de baja temperatura.

La generación de potencia depende del número de módulos termoelectricos que se coloquen; así como, de la diferencia de temperatura que se genere. Por lo que diseñar el intercambiador de calor, obteniendo la mayor área con la menor pérdida de temperatura en el fluido, es primordial.

Referencias

- Angarita, K.A, Marcano Godoy, and P.L Devasto. "Contaminación de suelos por metales pesados debido a la presencia de pilas gastadas." *Revista de investigación* 40, no. 88 (2016): 78-104.CEPAL, NU. *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México, 2018*. Energía, Publicación de las Naciones Unidas, 2018, publicaciones@cepal.org.
- Pfeiffelmann, Bjorn, Ali Cemal Benim, and Franz Joos. "Water-Cooled Thermoelectric Generators for Improved Net Output Power: A Review." *Energies*, Diciembre 2021: 14-24.
- Rodríguez, A, D Astren, E Martínez, E Gubia, and Fj Sorbete. "Sensores autónomos termoelectricos para una planta de energía de biomasa." *MATERIALES ELECTRÓNICOS* 42, no. 7 (2013).
- Snyder, Jeffrey. «Thermoelectric Energy Harvesting.» En *Tecnologías de recolección de energía*, de S., Inman, DJ Priya, 325-336. Springer, Boston, MA, 2009.
- Xiangrong, Ma, Hub Shenhua, Huc Wuyuan, Luo Yuze, and Cheng Hao. "Experimental investigation of waste heat recovery of thermoelectric generators with temperature gradient." *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2022.

Instalación y Control de un Arreglo Fotovoltaico de 2 kW para Alimentar un Inversor Monofásico de Nueve Niveles

Ing. Juan Carlos Hernández Coyoth¹, Dr. Roberto Morales Caporal²,
Dr. Rafael Ordoñez Flores³, Dra. Haydee Patricia Martínez Hernández⁴, Dr. Raúl Cortes Maldonado⁵

Resumen— En este artículo se explica la instalación y conexión de un arreglo de ocho fotovoltaicos para la alimentación de un inversor monofásico multinivel. La conexión de la instalación consta de cuatro pares de paneles conectados en paralelo para mantener el voltaje constante y sumando la corriente máxima que cada par de paneles proporcionan, de este modo se tiene cuatro fuentes de energía de CD independientes, estas fuentes alimentan a cada uno de los puentes H del inversor multinivel. Se utiliza la técnica de control APOD para la conmutación de los MOSFET. Utilizando una topología de inversor multinivel, en este caso puentes H en cascada (CHB), permite generar una forma de onda de salida de voltaje más cercana a la senoidal. Se conecta una bomba de agua para el estudio del inversor, por medio de simulaciones en Matlab-Simulink.

Palabras clave—Paneles Fotovoltaicos, convertidor de potencia, inversor, APOD, multinivel.

Introducción

La energía eólica, geotérmica y solar son algunos recursos renovables que se pueden aprovechar de manera ilimitada (Morales et al., 2009), los paneles fotovoltaicos se emplean para convertir la energía solar en energía eléctrica en lugares aislados donde no existe red eléctrica, como en los campos de cultivo donde se requiere de energía eléctrica para activar sistemas de bombeo de agua (Morales et al., 2023). En los últimos años ha ido incrementado el interés de los inversores puente H monofásico (celda) en cascada debido a su alta eficiencia. (Al-Atbee & Abdulhassan, 2023). El concepto básico de la topología de inversores multinivel es que se agregan celdas en serie, con esta topología se obtiene de una onda senoidal aproximada a siendo en su etapa de control más sencilla a comparación de otras topologías (Gupta et al., 2020). Se realiza un inversor multinivel monofásico en cascada de topología H, donde en su primera etapa esta la conexión de los paneles fotovoltaicos que su salida de voltaje entrada al convertidor CD-CD para elevar el voltaje a 45 volts y posteriormente alimentar a cada celda del inversor para al final del inversor multinivel colocar un motor que acciona una bomba de agua que actúa como carga del sistema.

Instalación de arreglo fotovoltaico

Para poder implementar el inversor multinivel, en este caso se ha optado por utilizar un arreglo de paneles fotovoltaico ya que será nuestra fuente de alimentación para cada una de las celdas. Los paneles a utilizar son ocho en total, 4 monocristalinos y 4 policristalino de la marca Renesola modelo JC255M-24/Bbs, que de acuerdo a su placa de especificaciones ambos cuentan con las siguientes características indicadas en la tabla 1.

Potencia máxima	255 W	Corriente en corto circuito	8.86 A
Voltaje en circuito abierto	37.5 v	Máxima corriente con carga	8.39 A
Máximo voltaje con carga	30.5 v	Peso	19 Kg
Dimensiones(L*W*H)	1640*992*40 mm		

Tabla 1 Valores de propiedades del panel fotovoltaicos de la marca Renesola Mo. JC255M-24/Bbs

Observamos que la potencia máxima que nos proporciona el panel es de 255 W y el voltaje máximo cuando le conectamos una carga es de 30.5 volts. De acuerdo a su hoja técnica obtenida desde la página del fabricante (www.renesola.com, 2023), se encuentra una sección sobre la relación entre voltaje y corriente de acuerdo a la irradiancia que cae sobre el panel fotovoltaico, se muestra que a $200 W/m^2$ y a un voltaje de salida de 30 volts tan solo se tendrá una corriente máxima de 1.9 amperes mientras que al tener $1000 W/m^2$ se alcanza la corriente máxima de 8.6 amperes.

¹ Ing. Juan Carlos Hernández Coyoth Alumno de Maestría en Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Apizaco, México. m22371206@apizaco.tecnm.mx

² El Dr. Roberto Morales Caporal es Profesor-Investigador en el instituto Tecnológico de Apizaco, México. roberto.mc@apizaco.tecnm.mx

³ El Dr. Rafael Ordoñez Flores es Profesor-Investigador en el instituto Tecnológico de Apizaco, México. rafael.of@apizaco.tecnm.mx

⁴ La Dra. Haydee Martínez Hernández es Profesor-Investigador en el instituto Tecnológico de Apizaco, México. haydee.mh@apizaco.tecnm.mx

⁵ El Dr. Raúl Cortes Maldonado es Profesor-Investigador en el instituto Tecnológico de Apizaco, México. raul.cm@apizaco.tecnm.mx

La conexión de los paneles fotovoltaicos realizada con conectores tipo *mc4* en *Y* que tendrán la función de conectarlos en paralelo y *mc4* tipo *hembra* y *macho* para las salidas del arreglo, esto debido a que se harán módulos de 2 en paralelo tendiendo así 4 módulos como lo indica la ilustración 2.

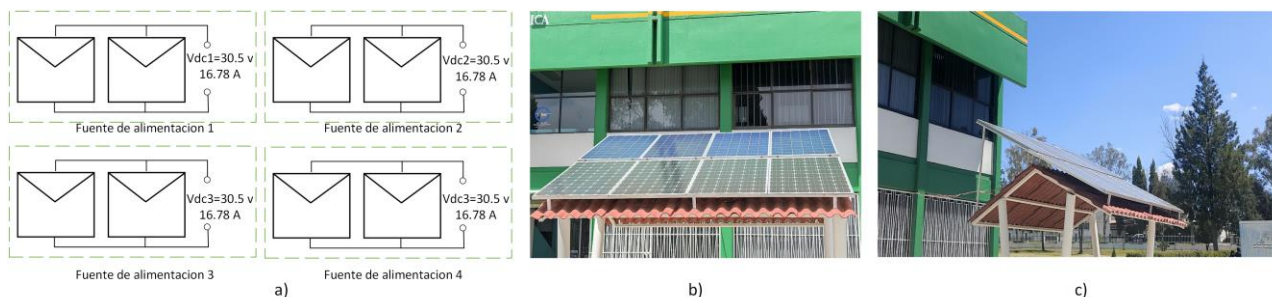


Ilustración 1 a) Diagrama de conexión de paneles fotovoltaicos. b) Arreglo de paneles fotovoltaicos. c) Inclinación de paneles fotovoltaicos Fuente propia

En la ilustración 2 a) se observa el diagrama donde se encuentran ocho paneles fotovoltaicos en pares como se indica en el recuadro verde los cuales están conectados en paralelo, por lo que tendremos cuatro pares de paneles con esa conexión y a su vez cuatro fuentes de alimentación independientes para el inversor multinivel. En la ilustración 2 b) tenemos el arreglo de paneles fotovoltaicos, estos tienen sus terminales en la parte posterior. Por lo tanto, de acuerdo a los valores de la tabla 1 tendremos por par un voltaje de 30.5 volts y una corriente máxima de 16.78 Amper por par. 2 c) En este apartado se visualiza la inclinación que tiene los PV es de 23°

Convertidor de CD-CD tipo Boost

Como se indicó en la sección anterior el voltaje de salida del arreglo fotovoltaico es de 30 volts, pero se necesita que la entrada a cada celda del inversor sea de 45 volts, esto debido a que a la salida se espera tener 127 volts rms donde $V_{rms} = 0.7071 * V_p$ sustituyendo los valores, $V_p = V_{rms}/.7071 = 127/.7071 = 179.6$ dividido entre el número de celdas igual a 45 volts es por eso que se utiliza un convertidor CD-CD el cual eleva el voltaje de entrada, pero reduce la corriente. Para esta aplicación de sistema de bombeo es suficiente la corriente de salida.

Un convertidor Boost también llamado convertidor elevador (Sorouri et al., 2022), es un dispositivo donde la tensión de salida es mayor a la tensión de entrada. De acuerdo con la topología de este convertidor, ilustración 3, FETD es un interruptor unidireccional en tensión y corriente, controlado a ON y a OFF (transistor bipolar, MOSFET, IGBT, etc.). Por su parte, D1 debe ser un diodo rápido que minimice el fenómeno de recuperación inversa ante la conmutación de alta frecuencia propia del convertidor. V_{dc} es la fuente de alimentación para el inversor, a la salida del convertidor se obtiene una tensión continua que presentará un rizado en función de los valores de L y de C, en relación a la frecuencia de conmutación.

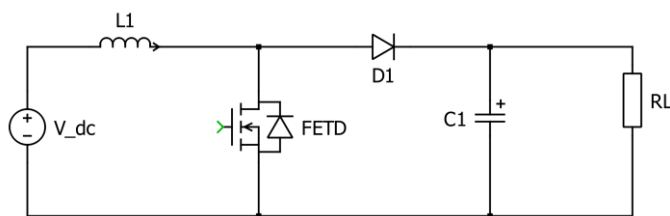


Ilustración 2 Convertidor de CD-CD tipo Boost

Diseño de convertidor Boost

Como se mencionó anteriormente, un convertidor Boost eleva el voltaje con respecto a la salida. A continuación, se muestra el diseño del convertidor para obtener los valores del inductor y el capacitor. Primero se toma en cuenta los valores que ya conocemos, en este caso están mostrados en la tabla siguiente:

Voltaje de entrada	Voltaje de salida	Frecuencia	Corriente de entrada	Rizo en capacitor
30.5 v	45 v	10 KHz	16 A	5%

Tabla 2 Valores conocidos para el diseño del convertidor Boost

Partiendo de estos valores y de acuerdo al autor (Valderrama et al., 2011) podemos conocer el ciclo de trabajo del MOSFET a partir de la ecuación siguiente:

$$V_o = V_i / (1 - D)$$

Donde V_o es el voltaje de salida, V_i es el voltaje de entrada y D el ciclo de trabajo, se despeja D para conocer el ciclo de trabajo del convertidor Boost, de acuerdo a los valores de la tabla 2 y sustituyendo en la ecuación 1.

$$D = \left(-\frac{V_i}{V_o} \right) + 1 = -\frac{30.5}{45} + 1 = 0.322$$

De igual manera se calcula el valor de la capacitancia y como se indica en la tabla se propone un rizo de capacitor del 5%, la ecuación es la siguiente y al sustituir los valores correspondientes se tiene:

$$C = \frac{V_o D}{f R \Delta V_o} = \frac{45 * 0.322}{60 * 1 * 0.05} = 0.0016F$$

Para conocer el valor del inductor, la ecuación que lo define se encuentra a continuación.

$$L = \frac{[V_o D (1 - D)^2]}{2 I_o f} = \frac{[45 * 0.32 (1 - 0.32)^2]}{2 * 16 * 10000} = 28 \mu H$$

Al simular este convertidor con los valores ya calculados anteriormente se tiene la siguiente salida de voltaje mostrado en la figura 4.

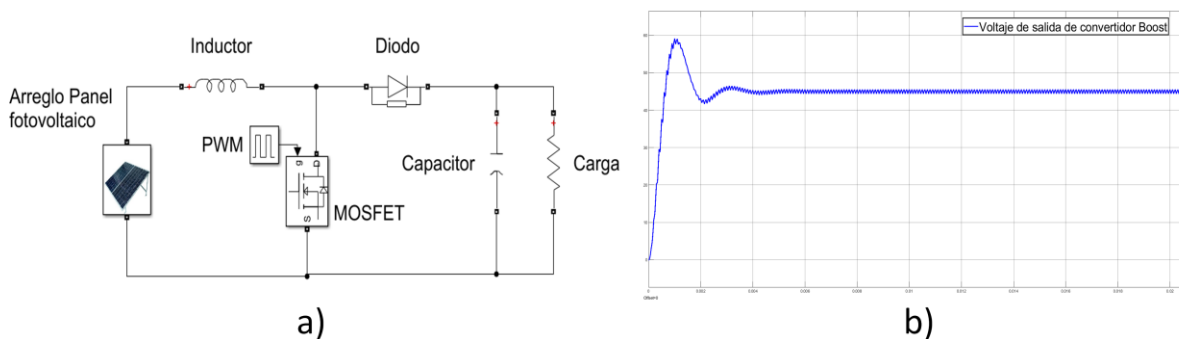


Ilustración 3 a) Circuito para simulación de convertidor Boost, b) salida de voltaje de convertidor Boost

En la ilustración 4a) se muestra el circuito del convertidor Boost donde la fuente de alimentación es el arreglo fotovoltaico de salida 30.5 volts, los demás componentes son los ya diseñados en esta sección y el PWM con un ciclo de trabajo de 32.5% con una frecuencia de 10kHz. En la ilustración 4b) se muestra la salida del convertidor, donde se observa que tiene un rizo el cual es de 5 % del voltaje de salida, mientras que el valor RMS medido en la salida del convertidor es de 45 volts, es decir el voltaje al cual se calcularon los componentes en esta sección.

Inversor multinivel monofásico de puente H en cascada

Los dispositivos que transforman corriente continua (CD) en corriente alterna (CA) son comúnmente llamados inversores. El trabajo de un inversor es modificar un voltaje de entrada en CD para obtener un voltaje de salida en CA, simétrico, con la magnitud y frecuencia deseadas. Las formas de onda del voltaje de salida de los inversores ideales deberían ser senoidal. Pero las formas de onda de los inversores prácticos no son senoidales y contienen armónicos que afectan la calidad de energía. (Rashid, 2015)

Topología de inversores

Los inversores multinivel suelen tener una mayor eficiencia en la conversión de la energía y permiten un control más preciso de la energía. Existen diversas topologías de inversor como:

Topología	Usos	Ventajas	Desventajas	Referencia
Inversor de voltaje con diodo enclavado	-Procesos industriales -Sistemas PV interconectados a red.	-Efectivo en sistemas trifásicos	-Tiene más elementos de fabricación	(Li et al., 2012)

Inversor de voltaje con capacitor flotante	-Elevada potencia	-La cantidad de niveles se puede aumentar colocando más celdas	-Necesidad de mas capacitores e interruptores.	(Aguilar-López et al., 2020)
Inversor de voltaje con capacitor flotante	-Sistemas PV monofásicos.	-Bajo costo de producción	-Utiliza una fuente independiente por cada celda	(Lee et al., 2021) (Busarello et al., 2018)

Tabla 3 Comparación entre distintas topologías de inversor multinivel.

De acuerdo a la tabla 3 el inversor CHB es óptimo para esta aplicación, ya que es de baja potencia y se tiene las suficientes fuentes de alimentación para dicho dispositivo. El inversor a utilizar está compuesto por 4 celdas, es decir se tiene 16 interruptores de potencia, y cuatro fuentes de alimentación, que como ya se ha mencionado, la energía eléctrica de CD se obtendrá de un arreglo de PV.

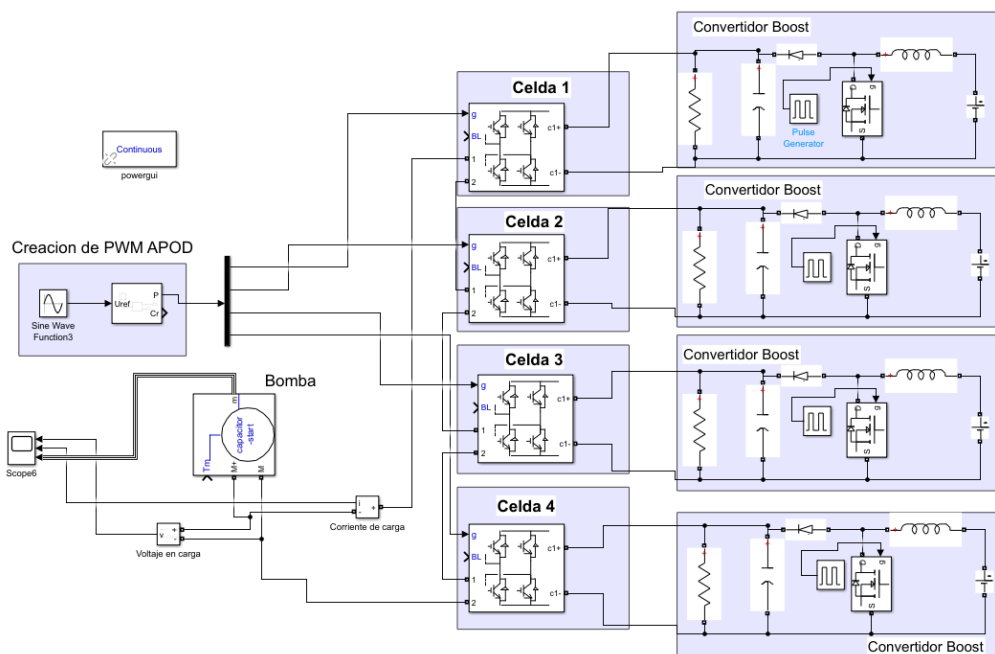


Ilustración 4 Inversor de voltaje multinivel monofásico en Matlab/Simulink

En la ilustración 5 se muestra como está compuesto el inversor monofásico multinivel de la topología CHB, donde se tiene cuatro celdas conectadas en serie lo cual nos permite que, mediante la conmutación de los interruptores de potencia, nos entregue el voltaje de 9 niveles.

Voltaje	Corriente	Frecuencia	Potencia
120v	4A	60 Hz	½ HP

Tabla 4 Valores de motor para la simulación.

En la primera etapa del convertidor se encuentran los paneles PV que serán la fuente de energía que nos entrega 30.5 volts, pero como se menciona es necesario que sea de 45 v por lo tanto se optó por utilizar un convertidor Boost para elevar el voltaje. A la salida del convertidor es donde ya se alimenta cada celda por independiente. La celda 1 está conectada a la celda 2 y la celda dos a la tres y por último esta a su vez a la celda 4, la parte positiva de la celda 1 y la parte negativa de la celda 4 está conectado a un motor que funge como la bomba con las características de la tabla 4.

Técnica de modulación para Inversor multinivel.

Existen diversas técnicas de modulación para el control de inversores multinivel, como control vectorial espacial, eliminación selectiva de armónicos, PWM vectorial espacial y PWM senoidal (SPWM). Para esta aplicación se utiliza el SPWM con una variante llamada multicarrier.

Alternative Phase Opposite Disposition (APOD)

La disposición alternativa de fases opuestas o APOD, está basada en señales triangulares que se encuentran en un desfase de $180^\circ/n$ entre sí, esta técnica es la que se utiliza en este proyecto debido a que es la más común y fácil de aplicar. Es necesario tener una señal de referencia y señales triangulares.

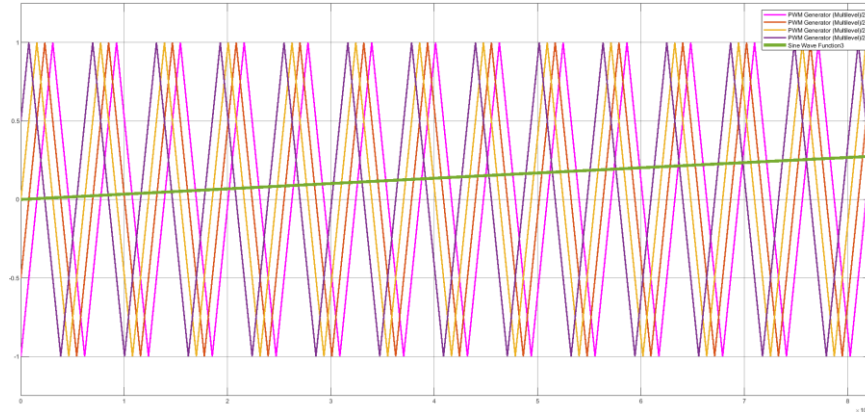


Ilustración 5 Ondas triangulares para el PWM multicarrier de inversor multinivel

En la ilustración 6 se tiene 4 señales triangulares a 16200Hz, las cuales como se mencionó son para el control APOD donde cada una corresponde a una celda a controlar, la comparación de esta señal con respecto a la onda seno de referencia que en la ilustración se ve que apenas va iniciando esto debido a que la señal de referencia seno es de 60 Hz es decir es más lenta que las señales triangulares, esta comparación da salida a el PWM que conmutara los MOSFET en el CHB.

Resultados simulados

Se simulo el sistema con ayuda de Matlab-Simulink, donde en la ilustración 7 se muestra la salida del inversor multinivel donde, en la primera parte de la simulación se observa el voltaje a la salida del inversor CHB, la simulación es de apenas un segundo, pero se aprecia la forma de onda que tiene en este lapso de tiempo. Se logra ver el voltaje en la parte superior de la figura donde la forma de la onda es escalonada debido a los nueve niveles que compone el inversor ya que el cruce por cero cuenta como nivel.

En la parte media de la ilustración 7 se observa la corriente inicial alrededor de los 25 a 30 amperes además se nota que la corriente se deforma al iniciar la simulación ya que el sistema está en reposo y cuesta para arrancar. La forma de la onda de la corriente es la más interesante al tener una onda de salida casi senoidal. Mientras tanto en la

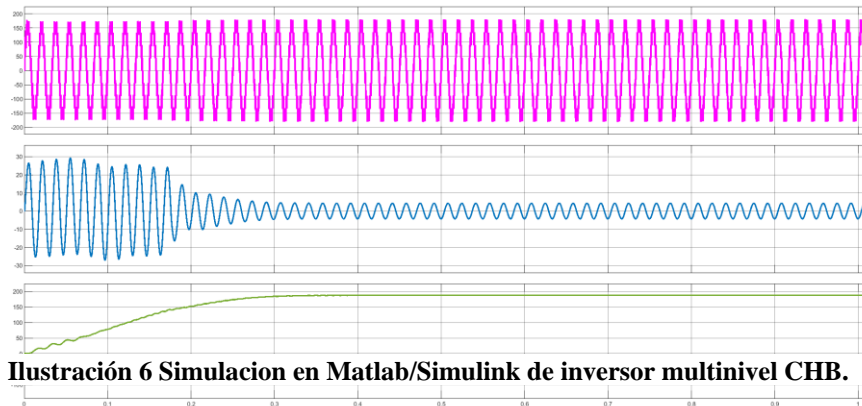


Ilustración 6 Simulación en Matlab/Simulink de inversor multinivel CHB.

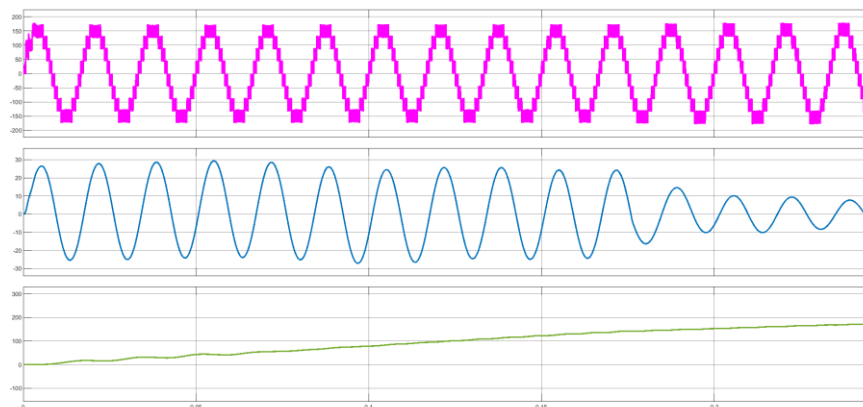


Ilustración 7 Zoom a Simulación de inversor multinivel en Matlab-Simulink

gráfica inferior se muestra la velocidad que tiene el rotor del motor de la bomba, llegando a casi 200 rad/s en su estado estable.

Posteriormente con el paso del tiempo en la simulación la corriente se estabiliza y baja su valor llegando a los 4 amperes aproximadamente, y visualizando que tiene la corriente tiene un retraso con respecto al voltaje. En la ilustración 7 se muestra un zoom a la simulación de la ilustración 6 donde se nota más a detalle la forma de onda del voltaje, la corriente y la velocidad. El THD de nuestro sistema en cuanto a voltaje se refiere fue de 16% y el THD de corriente de tan solo 0.6%.

Conclusiones

El diseño de inversor multinivel permite obtener una forma de onda de salida casi sinusoidal, con una baja distorsión armónica. Esto es esencial para aplicaciones sensibles a la calidad de la energía. Es posible agregar más niveles para aumentar la capacidad del inversor según sea necesario. Se demostró cual es el proceso para poder realizar el inversor desde la fuente de alimentación hasta llegar a la salida en la carga a utilizar. Debido a la baja potencia que demanda la aplicación es favorable realizar este proyecto. Se espera que esta investigación sea de ayuda para futuros proyectos para el desarrollo de nuevas topologías y métodos de control.

Referencias

- Aguilar-López, B. A., Juárez-Abad, J. A., Barahona-Avalos, J. L., Mayoral-Lagunes, R., Linares-Flores, J., & Contreras-Ordaz, M. A. (2020). Control para el voltaje de salida de un inversor multinivel de capacitores flotantes. *Ingenius*, 24, 68–80. <https://doi.org/10.17163/ings.n24.2020.07>
- Al-Atbee, O. Y. K., & Abdulhassan, K. M. (2023). A cascade multi-level inverter topology with reduced switches and higher efficiency. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 12(2), 668–676. <https://doi.org/10.11591/eei.v12i2.4138>
- Busarello, T. D. C., Mortezaei, A., Paredes, H. K. M., Al-Durra, A., Pomilio, J. A., & Simoes, M. G. (2018). Simplified Small-Signal Model for Output Voltage Control of Asymmetric Cascaded H-Bridge Multilevel Inverter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 33(4), 3509–3519. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2017.2704919>
- Gupta, H., Yadav, A., & Maurya, S. (2020). Multi carrier PWM for cascade topology of multilevel inverter. *2020 International Conference on Recent Trends on Electronics, Information, Communication & Technology (RTEICT)*, 328–332. <https://doi.org/10.1109/RTEICT49044.2020.9315586>
- Lee, M., Yeh, C.-S., & Lai, J.-S. (2021). A Hybrid Binary-Cascaded Multilevel Inverter With Simple Floating-Capacitor-Voltage Control. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 36(2), 2218–2230. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2020.3007122>
- Li, J., Huang, A. Q., Liang, Z., & Bhattacharya, S. (2012). Analysis and Design of Active NPC (ANPC) Inverters for Fault-Tolerant Operation of High-Power Electrical Drives. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 27(2), 519–533. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2011.2143430>
- Morales, R., Huerta, E., & Martínez, H. (2023). Artificial Neural Network-Based Control and FCS-MPC for DC/DC and CHB Multilevel Converters for PV Water Pumping Systems. *International Conference on Electrical Engineering*.
- Morales, R., Ordóñez, R., Morales, M. A., & Flores, V. (2009). Control System Design and Simulation of an AC/DC - DC/DC - DC/AC Power Converter for a Permanent Magnet Wind Power Generator in Rural Power Generation. *2009 International Conference on Electrical, Communications, and Computers*, 79–83. <https://doi.org/10.1109/CONIELECOMP.2009.59>
- Rashid, M. H. (2015). *ELECTRÓNICA DE POTENCIA Cuarta edición*.
- Sorouri, H., Sedighzadeh, M., Oshnoei, A., & Khezri, R. (2022). An intelligent adaptive control of DC–DC power buck converters. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 141, 108099. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108099>
- Valderrama, F. F., Moreno C, H., & Vega, H. M. (2011). Análisis, simulación y control de un convertidor de potencia DC- DC tipo boost. *Ingenium*, 44–55. www.renesola.com. (2023, septiembre 24). <https://es.renesola-energy.com/>

Reducción de SCRAP en Área de Calidad para una Empresa de Giro Médico: Un Caso de Aplicación de A3

Ing. Fernanda Ibarra García¹, Mtra. Claudia Alvarez Bernal², Mtro. Francisco Javier Soto Valenzuela³,
Mtra. Elisa Francelia López Gutiérrez⁴, Mtro. Jose Luis Quintero Hernández⁵ y Mtro. Juan Luis Martínez Adame⁶

Resumen— Las empresas siempre están en busca de nuevas mejoras continuas para aumentar la eficiencia y su compromiso con los clientes. La reducción de costos en una manufacturera es sumamente importante para su desempeño, la reducción de costos es uno de los temas más abordados en las empresas, otro punto importante es la reducción de desperdicios o “scrap”, lo cual es de suma importancia para toda empresa ya que entre menos desperdicios mayor flujo de material se obtendrá. Esta investigación se enfoca la reducción del 25% de desperdicios en el área de PVC, buscando las potenciales causas raíz que provocan el problema. Mediante herramientas de análisis como 5’s, Kaizen, entre otros, aplicando principalmente la metodología del A3, ya que se genera una de las mayores pérdidas monetarias (scrap), en el área de PVC, tiene por objetivo Implementar acciones de mejora para reducir el 25% de desperdicios, atacando las causas raíz del problema para solucionarlo y generar una gran reducción de material no conforme. El proyecto fue finalizado con una mejora del 31% de reducción de scrap, actualización de instrucciones de trabajo, entrenamiento al personal y controles de equipamiento para el personal.

Palabras clave— A3, industria médica, ahorros.

Introducción

Dentro de un mercado altamente competitivo respecto a los objetivos estratégicos de cada empresa, se encuentra al tope de la lista generar la mayor cantidad de utilidades, para esto es necesario fabricar productos de alta calidad, que en de sus procesos generan bajos índices de desperdicios, ya sea por productos defectuosos, mala gestión de materia prima o mal procesado de parte de la mano de obra a disposición, factores que afectan la aceptación del cliente y por ende los ingresos de la empresa. (Ovalle, 2021).

Conforme el paso de los años, la ingeniería ha revolucionado e innovando la industria. La industria manufacturera busca ofrecer servicios y/o productos de alta calidad, los cuales conllevan una serie de pasos y métodos a seguir para que este refleje en cada experiencia con su cliente la misma satisfacción definiendo así sus procesos y procedimientos, mismos que ese encuentran definidos y documentados preservando la integridad de estos y con ello, su mejora continua. La manufactura ha ido evolucionando a medida que las empresas empezaron a mejorar continuamente en pequeñas etapas, se dieron cuenta de las necesidades comerciales, de la relación que existe entre la innovación del producto y su proceso y el desarrollo de equipos multifuncionales. (Escalona, 2015).

La empresa bajo estudio, siempre está en busca de mejoras continuas, para aumentar la eficiencia y su compromiso con los clientes. La reducción de costos en la industria manufacturera es sumamente importante para su desempeño. Ya que siempre busca mejorar la rentabilidad, y, en consecuencia, la productividad, pero sin dejar a lado la calidad.

Esta planta industrial siendo una de las mejores empresas del país, se encuentra ubicada dentro del parque industrial Roca Fuerte en la ciudad de Guaymas, Sonora, México, es una compañía Global con más de 110 años de experiencia combinada en el procesamiento de polímeros, la cual cree que la innovación es fundamental para apoyar a sus clientes en un mundo en constante cambio y adaptarse a sus necesidades técnicas para obtener los mejores resultados posibles. Con organizaciones de ventas en 30 países, la empresa apoya a los clientes mucho después de que se complete una venta, ya sea proporcionando servicios técnicos continuos o recomendando los mejores productos para optimizar el proceso de flujo de fusión y reducir los costos. Diseñan, fabrican y comercializan más de 500,000

¹ Ing. Fernanda Ibarra García es egresada del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas del Instituto Tecnológico de Sonora, en la ciudad de Guaymas, Sonora, México, fernada.ibarr@potros.itson.edu.mx

² Mtra. Claudia Alvarez Bernal es docente del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas del Instituto Tecnológico de Sonora, en la ciudad de Guaymas, Sonora, México, claudia.alvarez19300@potros.itson.edu.mx (autor corresponsal)

³ Mtro. Francisco Javier Soto Valenzuela es egresada del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas del Instituto Tecnológico de Sonora, en la ciudad de Guaymas, Sonora, México, francisco.soto17870@potros.itson.edu.mx

⁴ Mtra. Elisa Francelia López Gutiérrez es docente del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas del Instituto Tecnológico de Sonora, en la ciudad de Guaymas, Sonora, México, elisa.lopez17875@potros.itson.edu.mx

⁵ Mtro. José Luis Quintero Hernández es docente del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas del Instituto Tecnológico de Sonora, en la ciudad de Guaymas, Sonora, México, jose.quintero@itson.edu.mx

⁶ Mtro. Juan Luis Martínez Adame es docente del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas del Instituto Tecnológico de Sonora, en la ciudad de Guaymas, Sonora, México, juan.martinez8370@potros.itson.edu.mx

productos para más de 200,000 instalaciones de clientes en una amplia gama de sectores, tales como electrónicos, médicos, electrodomésticos, de energía, transporte, construcción, ensamblaje y acabado de productos en general. Invierten anualmente alrededor del 2.33% de los ingresos por ventas de la compañía en investigación, desarrollo e ingeniería, en el 2021 las inversiones superaron los 599,25 millones de dólares. Manejan una presencia manufacturera establecida en más de 40 países. (Registros internos, 2022)

En el presente es necesario cumplir con los estándares de la manufactura para lograr entrar a competir en un mercado cada vez más exigente; para esto se debe buscar la mejora continua, la satisfacción de los clientes y la estandarización y control de los procesos. El cumplimiento de los estándares de buenas prácticas de manufactura no solo impacta positivamente en la reputación de las empresas de fabricación, sino que también reduce las retiradas de lotes y los informes negativos por parte de los consumidores. Es necesario contar con un equipo de trabajadores calificados que se centren en mejorar los procedimientos de manufactura actuales y cumplir con las buenas prácticas de manufactura. Los miembros deben realizar evaluaciones de la calidad de las operaciones para identificar problemas y desarrollar las medidas correctivas adecuadas. Parte de la responsabilidad del equipo también es realizar un seguimiento programado de los instrumentos, equipos, procesos y habilidades del personal. (Boost Cosulting, 2022).

A continuación, se presenta el análisis PESTEL que se le realizó a la empresa para obtener un mayor conocimiento sobre la empresa en todos sus aspectos, ver Figura 1.



Figura 1. Análisis de factores PESTEL, Fuente: Elaboración propia, 2022

Anteriormente se muestra lo que es un instrumento de planificación estratégica para definir el contexto del área de la empresa a estudiar. Se analizaron todos los factores que pueden influir en los procesos para la reducción de scrap que se logra llegar, se observa que los factores económicos y legales son los que más afectan a la empresa, debido a que continuamente las leyes de otros países cambian afectando normas ambientales, políticas de y con eso afectar el precio de la materia prima para la realización de los productos. La estructura del personal del departamento bajo estudio de la empresa se basa principalmente en el supervisor del área que sería un ingeniero encargado de controlar entradas y salidas correctas, después el jefe de línea del área que se encarga en controlar todo el proceso de resortes, desde que llegan al cuarto, la limpieza, la entrada y salida de hornos, cortes, enfriamientos y la revisión final antes de volver a salir a empaquetados que es un proceso fuera del cuarto. A continuación, en la figura 2 se muestra la cadena de valor de la empresa.



Figura 2. Cadena de Valor de la empresa, Fuente: Elaboración propia, 2022

En la figura anterior se describe la gama de actividades que se requiere para llevar el producto desde su concepción, pasando por las fases intermedias de la producción y antes de la entrega de los consumidores finales, y su disposición final después de su uso. A continuación, en la figura 3 se muestra el diagrama SIPOC por sus siglas en

inglés, el cual ayuda a analizar los procesos y entornos, tomando en cuenta a los proveedores (S), entradas (I), procesos (P), salidas (O), y usuarios (C).



Figura 3. Diagrama SIPOC, Fuente: Elaboración propia, 2022

En el diagrama anterior se visualiza como opera el proceso en relación con proveedores, entradas, procesos, salidas y usuarios, conforme en el proceso de ensamblado de las piezas del área, demostrando desde donde se consiguen los cables, como se lleva a cabo el proceso de un área a otra y a donde es que finaliza el producto antes de ser entregado al cliente final. La empresa medica cuenta con diferentes líneas de producción, se encarga de fabricar una gran cantidad de piezas, componentes, ensambles y subensambles. Estos son destinados a diferentes lugares del mundo, por lo cual la producción es grande, y sería casi imposible no tener defectos o pérdidas en el proceso de producción. Este proyecto está enfocado en el cuarto de PVC, para poder lograr un ahorro de costos, disminuyendo pérdidas en el proceso de producción.

El problema surgió a partir del aumento exponencial de material en disposición de ingeniería, el cual en una elevada proporción tenía como defecto componentes dañados por procesos relacionados a los de ensamblado, generando así altas cantidades de material no conforme e impactado directamente al métrico de scrap en dólares en la planta. A continuación, en la figura 4, se presentan los gráficos de la empresa sobre las pérdidas generadas de los números de parte por el gran porcentaje de scrap adquirido desde el mes de octubre del 2021 al 20 de mayo del 2022.

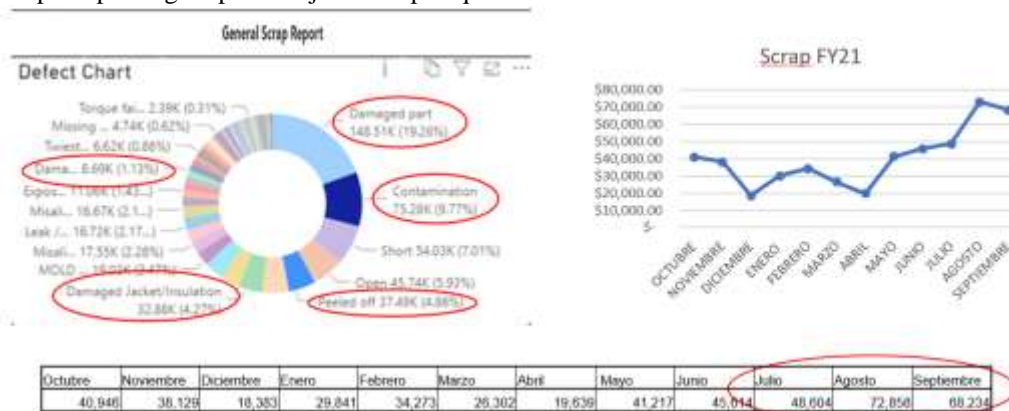


Figura 4. Gráfico de pérdidas scarp, Fuente: Elaboración propia, 2022

En la figura 4 se muestra la pérdida que existe de recursos monetarios en la empresa, debido a los desperdicios creados en el proceso de inspección de las piezas. En el área de PVC se tiene un incremento en el desperdicio de componentes desde que se instaló la línea de inspección del área, lo que ocasionó insatisfacción en el cliente ocasionándole a la empresa una pérdida de \$484,030 dólares por año fiscal, teniendo un cuello de botella en los meses señalados, por lo tanto, se tiene la siguiente pregunta de investigación ¿Qué acciones de mejora se deberán de implementar de tal manera que se reduzca el scrap del área de PVC? Para atender la problemática antes descrita se propone como objetivo en la investigación implementar acciones de mejora para reducir el 25% de desperdicios, atacando las causas raíz del problema para solucionarlo y generar una gran reducción de material no conforme.

Descripción del Método

Se considera como objeto bajo estudio el proceso de creación de cánulas, cuyo objetivo fue identificar las causas raíz del problema de contaminación en varios números de cables en los que se trabajan diariamente, con objeto de implementar una estrategia oportuna para reducir el porcentaje de desperdicios, atacando las causas del problema para así solucionarlo y generar una gran reducción de material no conformante. El procedimiento empleado para la investigación de este proyecto fue el A3, el cual es una metodología utilizada para identificar problemas y proponer soluciones, es una forma dinámica de pensar en la que la información se organiza y resume de forma clara y objetiva para lograr la meta establecida (Mathews, 2011). Como primera fase es *Analizar las causas* por medio de la observación en este apartado se diferenciaron entre los hechos y las opiniones con respecto a la causa y el efecto del problema, determinando las principales causas de rechazo, un análisis de los 5 porqués y se elaboró un diagrama de Ishikawa para determinar la causa raíz. En la segunda fase es *Establecer contramedidas*, una vez identificadas las causas se establecieron las contramedidas o medidas de contención sugeridas adaptándolas a las medidas correctivas, para que se resuelva la causa fundamental del problema, involucrando al personal del área de PVC, y como producto se elaboró un plan de acción para implementar estas acciones. Para la tercera fase es *Implementar las contramedidas*, con la involucración del personal e ingenieros, se llevaron a cabo las actividades establecidas en el plan de acción, obteniendo resultados y conclusiones. Las acciones que se tomaron en cuenta son las mejores para aplicar en el área de trabajo de producción y así obtener una solución al problema que genera una gran pérdida de scarp. En la cuarta fase *de Situación objetivo* la situación ideal del objetivo es disminuir la cantidad generada de scarp y lograr ahorrar monetariamente a la empresa, se realizó un análisis de los beneficios generados por la implementación de las contramedidas. Finalizando con la quinta fase de *Seguimiento de las acciones*, en la cual se realizó una actualización a las instrucciones de trabajo de cómo debe ser el flujo del proceso de limpieza para seguir evitando las contaminaciones o faltantes en las piezas a trabajar dentro de la celda. Se colocaron las instrucciones como ayuda visual en cada área de trabajo donde se encuentra cada operador, para cuando necesite verificar algún proceso este se encuentre a su alcance.

Resumen de Resultados

Una vez desarrollado el procedimiento Se encontró que dentro del área de PVC había mucho descontrol dentro de los procesos desde que entraba el material hasta que salía de las líneas de producción, con esto se tomó en cuenta todo el proceso de inicio a fin y se observó que no se llevaban correctamente los pasos, por eso se actualizaron las ayudas visuales como lo son las instrucciones de trabajo, se mejoró el área mejorando el layout y con esto cambiando las mesas de trabajo y herramientas que utilizaban los operadores en el cuarto, finalmente obteniendo una mejora dentro de los procesos desde el inicio hasta el fin, disminuyendo la cantidad de scarp de los productos. Con esto se obtuvo una base de datos la cual dio porcentajes y cantidades del scarp en forma de pérdidas y cuanto se ahorró monetariamente a la empresa conforme los cambios de mejora que se aplicaron. Se realizó un análisis completo del material no conforme dentro de la celda PVC, teniendo una comparación de datos obtenida del documento “Dispatch” del año fiscal 2021, véase Figura 5; haciendo una comparación con los datos del año 2021

con los datos del año fiscal actual al proyecto realizándose, que son los que se muestran en la Figura 6.

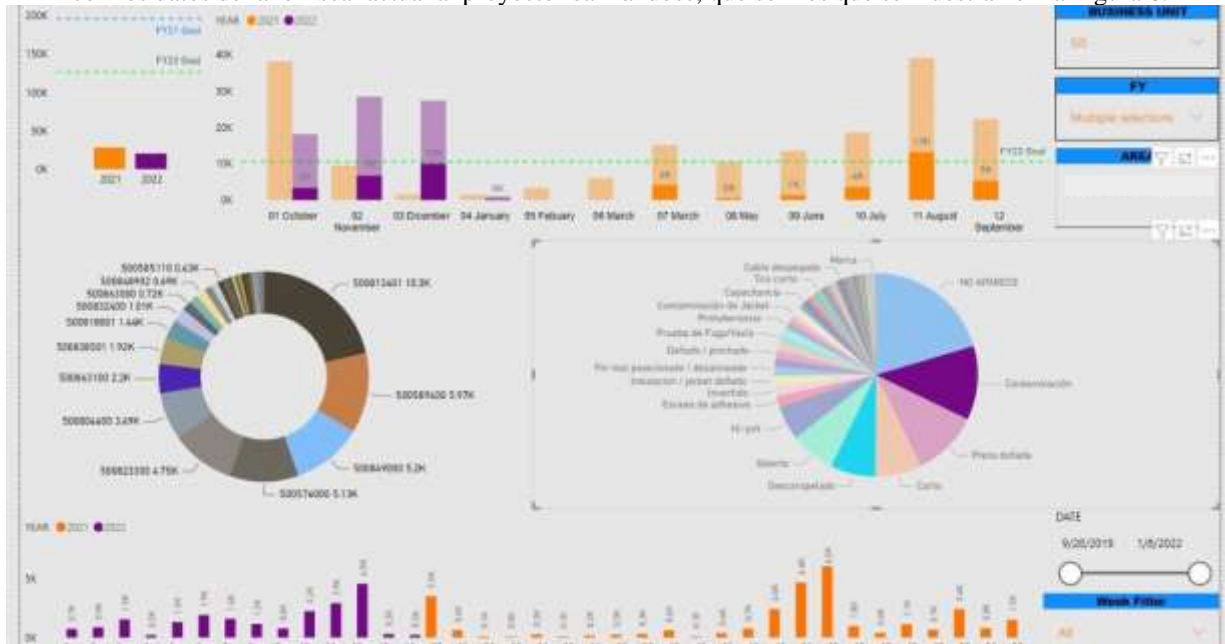


Figura 5. Base de datos de scarp, Fuente: Elaboración propia, 2022

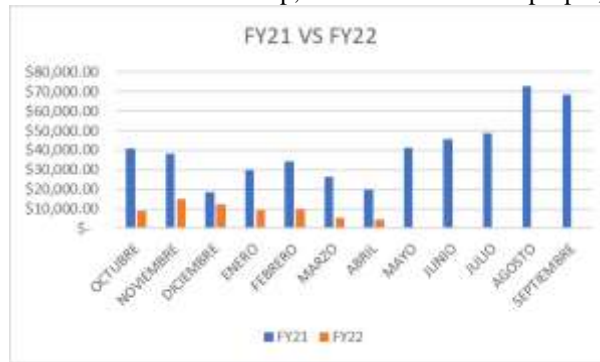


Figura 6. Gráfica comparativa de años fiscales, Fuente: Elaboración propia, 2022

En la gráfica anterior se muestra cómo se comporta la reducción de material no conforme del año 2021 contra el año 2022 en el área de PVC, esto quiere decir que los cambios que se le realizaron a la celda fueron necesarios para poder cumplir con la reducción de material no conforme requerido. Posteriormente fue necesario aplicar la técnica de los 5 porqué y la aplicación de un diagrama de Ishikawa para identificar la raíz del problema.



Figura 7. Análisis de Ishikawa, Fuente: Elaboración propia, 2022

Después de la aplicación y combinación de los dos elementos anteriores, pudimos identificar que las dos causas mayores de los contaminantes en las piezas fueron los siguientes: Contaminación en línea de producción, cánula dañada desde el proveedor, exceso de material de moldeo. Una vez identificadas las causas raíz de los

contaminantes, se procedió con la elaboración de actividades que ayudarán a reducir los defectos en las piezas y con ello obtener la mejora de la reducción de scrap.

PLAN DE MEJORA		
	(¿Qué?)	(¿Cuándo?)
1	Investigación de tipos de contaminaciones y/o defectos causantes de scrap en el área de recubrimiento	13-ene-22
2	Plan de reducción de flash en área de moldeo	19-jun-22
3	Evento 5's para mejora de flujo del proceso completo de la celda	29-mar-22
4	Estandarización de LayOut para estaciones de la celda después de Evento 5's	25-mar-22
5	Adecuación celda de recubrimiento (Aplicación de LayOut)	28-apr-22
6	Actualización de instrucción de trabajo del flujo correcto del proceso de limpieza dentro de la celda	12-feb-22
7	Entrenamiento en método de limpieza e inspección conforme la actualización de la instrucción de trabajo	10-may-22
8	Cambio de equipo para evitar contaminación en producción (batas, guantes, etc)	Completado

Figura 8. Plan de acción para contramedidas, Fuente: Elaboración propia, 2022

Entre las mejoras implementadas se encuentran a) Se realizó la implementación de tapaderas en el proceso de espera para el horno debido a que se observó que existe una larga espera de tiempo para las piezas y debido a que no tienen ninguna protección de los contaminantes del ambiente, los meten al horno sin una limpieza previa y se les queda adherido el contaminante y así se llevan al proceso de la celda PVC y ya es difícil poderle quitar la suciedad y con esto salen como scrap, b) Se realizó una alerta de calidad debido a que piezas salían pinchadas debido al mal uso sin cuidado de los auxiliares o puntas que utilizan en el proceso de limpieza, lo que se hizo fue redondear las puntas de los auxiliares para así evitar que suceda otra vez el mismo defecto y c) Se realizó un cambio en el proceso de limpieza e inspección dentro de la celda para la mejora del manejo de las piezas y con esto impedir que los materiales se dañaran o se pasara algún contaminante antes de entrar a los hornos. También mejoró la capacidad de la celda por el reacomodo de mesas de trabajo.

Conforme los cambios que se fueron proponiendo, se empezaron a aplicar en el mes de febrero, y gracias a eso se vio reflejado un ahorro de scrap de \$9322.45 USD por mes. La situación ideal del objetivo es lograr ahorrar a la empresa \$22,392.60 USD por año, si la tendencia de reducción sigue disminuyendo podría doblarse la cantidad y eliminar los defectos de contaminación de esa área casi completamente. Conforme el proyecto iba avanzando con los meses, en el 8vo mes de aplicación de este se obtuvieron los siguientes resultados de reducción de scrap y de ahorro hacia la empresa, generando una ganancia real de \$65,257.17 USD por año, queriendo decir que al mes son \$9322.45 USD.

Adicionalmente fue necesario actividades de seguimiento para el cumplimiento de la continuidad de la disminución de producto no conforme dentro de la empresa: a) Se realizó la actualización del libro de instrucción de trabajo de la celda para llevar un control y registro de los cambios realizados en ella, y con eso mismo tener un control de como realizan las actividades los operadores para en caso de que algún personal lo haga incorrectamente poderlo entrenar o capacitar conforme lo ya registrado dentro de la empresa, b) Se capacitó al personal nuevamente conforme a la nueva instrucción de trabajo actualizada para tener un control del flujo de las entradas y salidas de los materiales de la celda de recubrimiento, con eso obteniendo un mejor resultado en limpieza e inspección de los elementos y el personal trabaja más organizadamente y c) Se realizó una base de datos para un mejor control de los equipos de trabajo del personal, debido a que estos manejan auxiliares y solventes que destruyen su equipo, se hizo este control para tener una fecha la cual se realice la compra de equipo nuevo y seguro para los operadores.

Comentarios Finales

La empresa apoyó el proyecto en eventos los cuales fueron las juntas A3, Kaizen, 5's, entre otros. Lo que debe mejorar la empresa es el aplicar revisiones y/o auditorías en las áreas críticas donde más se presenten fallas en el proceso para así evitar producto scrap. La celda tiene un manejo de gente, máquinas, materiales y métodos con los pasos de los procesos puestos uno junto a otro a través del cual las partes son procesadas en un flujo continuo en orden secuencial. Esto permite que cada operador pueda comunicarse con los demás en caso de problemas o que puedan ayudarse y cooperar en caso de atrasos, ya que no se responsabiliza a cada operador por una sola operación, sino más bien se responsabiliza a todo el grupo de operadores por la celda para la cual deben tener la habilidad de una diversidad de operaciones. Debido al cambio de mejora que se le realizó la celda, ahora cuenta con ciertas ventajas las cuales son: Flexibilidad (la celda se adapte a cambios en el ambiente, tales como la incorporación de algún nuevo elemento), Re-configurabilidad (la celda manufacture diferentes productos) y Tolerancia a fallas (la celda trabaje eficientemente, aun y cuando exista alguna falla). Se realizó una actualización a las instrucciones de trabajo de cómo debe ser el flujo del proceso para seguir evitando las contaminaciones o faltantes en las piezas a trabajar dentro de la celda. Se colocaron las instrucciones como ayuda visual en cada área de trabajo donde se encuentra cada operador, para cuando necesite verificar algún proceso este se encuentre a su alcance.

El proyecto fue finalizado con una mejora del 31% de reducción de scrap, con espera de que este siga disminuyendo en el futuro, cumpliendo la mayoría de las metas propuestas y planteadas en el proyecto, satisfaciendo así las necesidades de la empresa en Guaymas, Sonora, implementando la metodología A3 y mejorando los procesos dentro de la celda para la reducción de scrap, lo cual fue algo novedoso en la empresa ya que quedó implementado el proceso correcto de la limpieza e inspección, debido a la mejora del cuarto. Como trabajo futuro se pretende que una vez se lleve a cabo todo el proceso de documentación se construya el elemento faltante y se agreguen a la celda todos los elementos, para evaluar cuál fue su impacto.

Referencias

- Boost Consulting (2022, noviembre 22). ¿Qué son y en qué consisten las Buenas Prácticas de Manufactura?. Recuperado de <https://boostconsulting.com.mx/blog/i/%C2%BFqu%C3%A9-son-y-en-qu%C3%A9-consisten-las-buenas-pr%C3%A1cticas-de-manufactura>
- Escalona M. I. (2015, diciembre 14). Estrategias y herramientas de manufactura. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/estrategias-y-herramientas-de-manufactura/>
- Matthews, D. D. (2011), The A3 Workbook. recuperado de: <https://books.google.com/books?id=yPd7k3rDqmIC&printsec=frontcover&dq=the+a3+workbook&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjKs4OCt933AhUXrmoFHSiGDb0Q6AF6BAGJEAI#v=onepage&q=the%20a3%20workbook&f=false>
- Ovalle O., O. D. (2021) Propuesta de mejora para la reducción de scrap en la producción de sacos de polipropileno mediante la aplicación de modelos DMAIC. Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20501/1/UPS-GT003276.pdf>
- Planta Industrial (2022) Registros internos de la empresa. Reportes anuales

Transferencia de Carga Ininterrumpida -como Implicación Material- entre Circuitos Eléctricos de Distribución de un Sistema Eléctrico: un Análisis Bibliométrico

Ing. Luis Edgar Lira Toral¹, Dr. Zakaryaa Zarhri^{2,*},
Dr. Luis Cisneros Villalobos³, Dr. Mario Limón Mendoza^{4,**}

Resumen—Este trabajo de investigación aborda por medio de un análisis bibliométrico, lo relativo a investigaciones coetáneas que se han realizado, con respecto a las transferencias de carga entre circuitos de distribución de energía eléctrica en media tensión, debido a que son maniobras realizadas exclusivamente por el suministrador de energía y que generalmente implican interrupciones de energía. Otro de los enfoques de este trabajo, es identificar investigaciones similares en otras latitudes, para consideraciones en un contexto más concreto, como el de Cuernavaca, Morelos; asimismo, en la discusión del artículo se considera analizar desde una óptica interdisciplinaria, por medio de analogías lógicas, establecer una topología conceptual que pueda ser útil para identificar por medio de conectores lógicos, cuando es que una transferencia de carga, en un sistema de distribución de energía eléctrica, implica una interrupción de energía, o no; lo cual, coadyuva al aprovechamiento de energía, tema demandado en las ciudades inteligentes.

Palabras claves—transferencia de carga, lógica simbólica, implicación material, topología, sistemas de distribución.

Introducción

El control y operatividad del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en México está conformado por nueve regiones de control y un pequeño sistema eléctrico aislado (*16 2022-2036 Capítulos 1 al 6.pdf*, s/f), jerarquizándose conforme a la generación de energía, así como a los niveles de transmisión o distribución de energía eléctrica, siendo este último nivel de tensión, definido en México, como Redes Generales de Distribución (RGD) (*CRE_311221.pdf*, s/f), de igual modo, tiene la más baja situación jerárquica (Cisneros Villalobos et al., 2022) de los bloques operativos que conforman al SEN, por lo que los niveles de tensión eléctrica de transmisión estandarizados en la Red Nacional de Transmisión (RNT) y la generación de energía eléctrica gozan de un especial análisis, configuración y topología - tanto conceptual, como estructural- para asegurar la continuidad y aprovechamiento de la energía eléctrica (*16 2022-2036 Capítulos 1 al 6.pdf*, s/f), para el caso de las RGD, en su operación, control y análisis predomina una operatividad radial (*CRE_311221.pdf*, s/f), por lo que se descuida la posibilidad de paralelamiento entre circuitos de distribución, como resultado de ello, no se procura que la transferencia de carga entre los circuitos de las RGD sea sin interrupción de energía por medio de una puesta en paralelo momentánea entre ellos (Cisneros Villalobos et al., 2022).

Ante la detección de esta baja jerarquización de las RGD en el SEN de México, así como la poca literatura existente para definir y determinar procedimientos que incluso sustenten teóricamente las transferencias de carga ininterrumpidas entre circuitos de distribución (Cisneros Villalobos et al., 2022); resulta necesario realizar un estudio bibliométrico para identificar tendencias de investigación, ya que la bibliometría al ser considerada la medida de textos e información (*Análisis bibliométrico*, s/f), puede emplearse para comprender el pasado, así como las directrices que puede tomar un tema de interés (*Análisis bibliométrico*, s/f), así como los distintos análisis que se realizan en otras latitudes sobre la cualidad operativa de las transferencias de carga, en sistemas eléctricos, sin que ello implique una interrupción y desaprovechamiento de la energía eléctrica, de igual modo, es prudente identificar el estado actual de la investigación sobre este tipo de maniobras operativas y de control que sólo son llevadas a cabo por parte del suministrador de energía (*Ley de la Industria Eléctrica*, s/f).

Los datos base para realizar este análisis bibliométrico, se obtuvieron por medio de la base de datos de Scopus, la cual, proporciona referencias bibliográficas y citas de la empresa Elsevier, así como de literatura peer review y contenido web, por medio de herramientas que permiten realizar seguimientos, análisis y visualizaciones de investigaciones de interés particular (*Base de datos de Scopus | Recursos Científicos*, s/f). Por lo que la exportación de la información de Scopus, se realizó por medio de archivos con extensión .CSV (*Crear o editar archivos .csv para*

¹ Luis Edgar Lira Toral es Estudiante de Maestría en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Morelos de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Cuernavaca, Morelos, México. luis.lirator@uaem.edu.mx

² El Dr. Zakaryaa Zarhri es Profesor investigador de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. z.zarhri@gmail.com *(autor de correspondencia)

³ El Dr. Luis Cisneros Villalobos es Profesor investigador de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. luis.cisneros@uaem.mx

⁴ El Dr. Mario Limón Mendoza es Profesor investigador de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. mario.limon@uaem.mx **(autor de correspondencia)

importarlos a Outlook - Soporte técnico de Microsoft, s/f), para poder ser visualizados por medio de software VOSviewer (“VOSviewer - Visualizing scientific landscapes”, s/f).

A su vez, se plantea en la investigación, proponer las iniciaciones de una topología conceptual, considerando la lógica simbólica, así como las maniobras de transferencia de carga, para que, por medio de una analogía interdisciplinaria, coadyuvar a identificar, por medio de conectores lógicos -implicación material; equivalencia material (*Irving M. Copi, Carl Kohen - Introducción A La Lógica | PDF | Argumento | Proposición, s/f*)- ante que escenarios puede presentarse, o no, una interrupción y desaprovechamiento de energía, es decir, coadyuvar a que una proposición de esa índole, pueda mostrar la forma lógica de la realidad que pone de manifiesto (*Tractatus Logico-Philosophicus, s/f*) en la totalidad de los hechos implicados en una maniobra de transferencia de carga.

Metodología

Obtención de datos

La página web de Scopus permite introducir palabras clave para acceder a las referencias de interés, de manera que, para este artículo de investigación, se optó por las palabras “uninterrupted AND load AND transfer”, el buscador de documentos en Scopus emplea los conectores booleanos AND para realizar la búsqueda de referencias bibliográficas, resultando 138 documentos relacionados con las palabras clave seleccionadas, debido a que la cantidad de documentos encontrados en la base de datos de Scopus no es exageradamente extensa, no se limitaron los años de búsqueda.

Procedimiento metodológico

La principal y única fuente de información para la realización de esta investigación ha sido la base de datos bibliográfica Scopus, utilizándose en la técnica de análisis bibliométrico para la visualización cuantitativa -por medio de VOSviewer- de datos que también pueden emplearse para crear redes o mapas bibliométricos que permitan una interpretación objetiva de la frecuencia con la que se producen artículos de investigación que pueden relacionarse con el tema de la transferencia de carga ininterrumpida, ya sea no solamente en sistemas de distribución, debido a que tales resultados, por medio de la visualización de las citas, también son de utilidad para inferir una jerarquización del tópico en los distintos ámbitos del uso de la energía, del mismo modo, es relevante identificar de forma cuantitativa que países, así como autores, están abordando e investigando el tema, a su vez, es relevante visualizar la coexistencia de las palabras clave empleadas.

Por otra parte, para el planteamiento de una topología conceptual que permita identificar cuando es que se presentan interrupciones de energía eléctrica, o no; se realiza un planteamiento empleando la lógica simbólica de los conectores lógicos de la implicación material, como el de la equivalencia material.

Asimismo, se presenta el caso de la condición operativa de las subestaciones eléctricas de las Redes Generales de Distribución (RGD) del municipio de Cuernavaca, Morelos; con respecto a las maniobras de transferencia de carga entre subestaciones de distribución de energía eléctrica, por medio de circuitos eléctricos de Media Tensión (M.T.).

Visualización de datos y su tipo de análisis

Para lograr visualizar los datos obtenidos de Scopus, se exportó tal información por medio de un documento con extensión CSV (valores separados por comas), el cual, es un archivo especial para crear o editar en Excel, con la particularidad, que en lugar de contener la información en columnas lo hace por comas (*Crear o editar archivos .csv para importarlos a Outlook - Soporte técnico de Microsoft, s/f*). Los archivos .CSV son compatibles con el software VOSviewer, que es una herramienta para construir y visualizar redes bibliométricas (“VOSviewer - Visualizing scientific landscapes”, s/f), la cual, se empleó para graficar la co-ocurrencia de las palabras clave utilizadas en el análisis bibliométrico, observándose en la figura 1, la red bibliométrica constituida con los criterios de análisis utilizados.

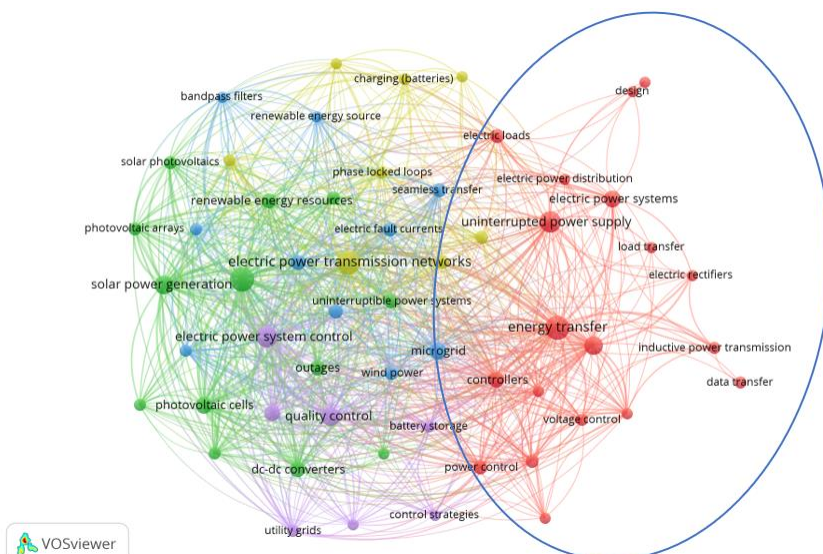


Figura 1. Red bibliométrica con base en el tipo de análisis de la variable Co-ocurrencia, de las palabras clave “uninterrupted load transfer”, creado en VOSviewer.

Por lo que puede observarse en la figura 1, la coexistencia de las palabras clave “uninterrupted AND load AND transfer” tiene una coherencia con la topología o condición operativa esperada en las RGD (*CRE_311221.pdf*, s/f), asimismo no se excluye o aíslan las palabras clave empleadas con otros aspectos importantes de otros bloques que conforman todo un sistema eléctrico, como lo es el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en México.

A su vez, llama la atención que sólo se hallen 138 documentos en la base de datos bibliográfica de Scopus, relacionados con las palabras clave del tema de investigación, siendo ello un indicio importante para tener nociones cuantitativas de la tendencia de la investigación sobre las transferencias de carga ininterrumpidas, así como las que no; Otro de los aspectos objetivos que nos permite visualizar una red bibliométrica, es el de visualizar los periodos en los que con mayor frecuencia se ha investigado sobre el tema, para este análisis se consideró un periodo de 10 años, del 2013 al 2023. En la figura 2. Se muestra el mapeo de los 138 documentos encontrados, lográndose apreciar que el tema es totalmente coetáneo y que del 2018 a la fecha ha aumentado el interés por aportar hacia el tema.

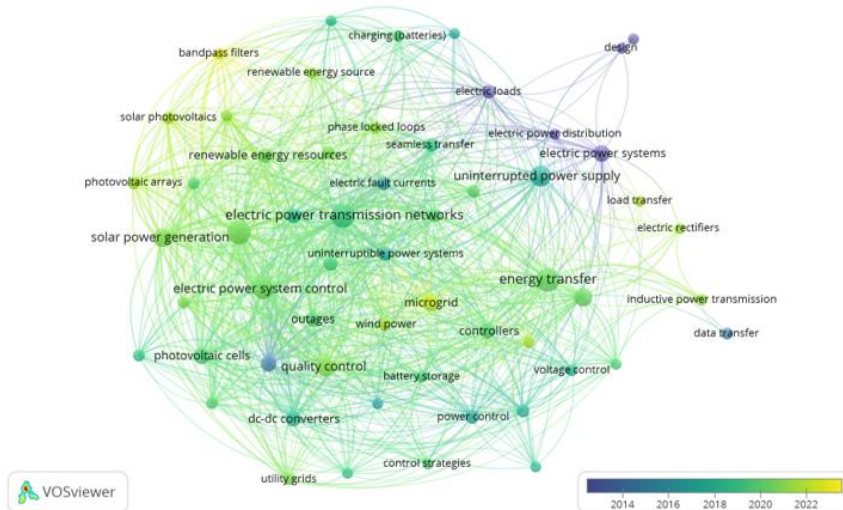


Figura 2. Red bibliométrica con base en el tipo de análisis de la variable Co-ocurrencia, de las palabras clave “uninterrupted load transfer”, para el periodo del 2013 al 2023.

En ese mismo periodo puede visualizarse, por medio del análisis de acoplamiento bibliográfico, las naciones que están atendiendo investigaciones relacionadas a las palabras claves empleadas en el análisis bibliométrico, por lo que en la figura 3, se visualiza el mapeo de la red de países con mayor tendencia a abordar investigaciones de este tipo.

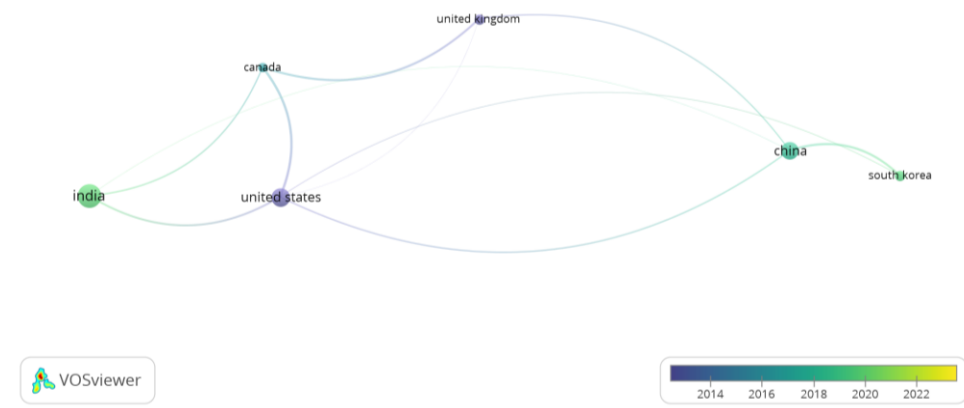


Figura 3. Red Bibliométrica de países con el mayor número de acoplamiento bibliográfico.

Analogía lógica, análisis interdisciplinario

Abordando el control y operatividad del SEN en su nivel de la RNT desde un análisis lógico, puede notarse que opera conforme a una equivalencia material o bicondicional proposicional (\Leftrightarrow), debido a que con base en las condiciones materiales derivadas de una topología conceptual operativa al nivel jerárquico de generación y transmisión de energía eléctrica; las centrales de generación, así como la (Red Nacional de Transmisión) RNT logran paralelarse y sincronizarse en mallas o anillos eléctricos que permiten aislar fallas sin que se interrumpa el suministro de energía eléctrica a gran escala. Para el caso de la RNT con respecto a las Redes Generales de Distribución (RGD), aparecen dos comportamientos en el control y operatividad de la conectividad de estos dos grandes bloques del SEN, tanto hay casos en que su topología conceptual, como estructural, operan en una implicación material (\rightarrow) o como equivalencia material (\Leftrightarrow) (Irving M. Copi, Carl Kohen - *Introducción A La Lógica | PDF | Argumento | Proposición, s/f*), debido a que existen situaciones operativas que demandan una u otra; pero debido a la jerarquización del SEN, no se analiza con la misma atención, el bloque del SEN de las RGD, es decir, un análisis operativo y de control entre las mismas RGD, quedando una topología conceptual -principalmente- que opta por qué las RGD operen conforme a una (\rightarrow) implicación material (Irving M. Copi, Carl Kohen - *Introducción A La Lógica | PDF | Argumento | Proposición, s/f*).

Propiciando una operación radial de las RGD, cuando la topología estructural de las RGD favorece una operación conforme a una doble implicación material, es decir, paralelar y sincronizar circuitos de distribución para transferir carga entre circuitos sin un tiro de carga previo, implicando, interrupciones de energía eléctrica y su desperdicio por maniobras operativas, por lo que abordar la operatividad y control de la RGD desde tablas lógicas, favorecerán una topología conceptual que permita introducir Dispositivos Electrónicos Inteligentes (DEI's) en la topología estructural de las RGD, favoreciendo su control y automatización en vías de lo demandado por las ciudades inteligentes.

RGD del municipio de Cuernavaca

Las Redes Generales de Distribución (RGD) del municipio de Cuernavaca están compuestas por las subestaciones eléctricas de Cuernavaca (CUE), Morelos (MOR), Tabachines (TBH) y Civac (CVA) con sus respectivos alimentadores de potencia en 23 kV, así como por sus redes en media tensión, por medio de las cuales se distribuye la energía eléctrica al público en general.

En tales RGD, la puesta en paralelo entre circuitos de distribución de 23 kV sólo puede llevarse a cabo entre las subestaciones CUE y TBH, así como entre circuitos de distribución eléctrica derivados de la misma subestación, por lo que para la puesta en paralelo entre circuitos de distribución derivados de las subestaciones MOR y CUE, carecen de esa cualidad operativa, así como entre los circuitos de las siguientes combinaciones entre las subestaciones: MOR-TBH, MOR-CIV, CUE-CIV y TBH-CIV.

Ante tal escenario las maniobras de transferencia de carga entre circuitos de distribución sin interrupción de energía, que pueden llevarse a cabo desde el Centro de Control de Distribución (CCD) (*CRE_311221.pdf, s/f*) correspondiente, se ve limitado a la combinación entre un par de subestaciones, de las seis posibles combinaciones, que pueden presentarse entre las cuatro subestaciones que forman parte de las RGD del municipio de Cuernavaca, por lo que este tipo de maniobras programadas o de emergencia suman interrupciones al suministro de energía eléctrica al público en general, por carecer de las implicaciones materiales que permiten paralelar circuitos de distribución.

	S.E. CIV	S.E. CUE	S.E. MOR	S.E. TBH
S.E. CIV	PARALELO			
S.E. CUE		PARALELO		PARALELO
S.E. MOR			PARALELO	
S.E. TBH		PARALELO		PARALELO

Tabla 1.- Combinaciones entre subestaciones con la cualidad de transferencia de carga sin interrupciones de energía eléctrica por medio de la puesta en paralelo entre dos circuitos de distribución de energía eléctrica, así como la puesta en paralelo de circuitos de distribución derivados de la misma subestación.

Resultados

Con base en los 138 documentos encontrados en la base de datos de Scopus, se puede inferir que el tema de la transferencia de carga entre circuitos de distribución sin interrupción de energía eléctrica, se ha abordado en muy pocas ocasiones y que se está ante la posibilidad de abordar un tema de investigación novedoso, el cual, es totalmente acorde a la demanda coetánea, de las ciudades inteligentes, de un desarrollo sustentable de la industria eléctrica, del mismo modo, garantizar su operación continua, eficiente y segura en beneficio de los usuarios (*Ley de la Industria Eléctrica, s/f*) del servicio de energía, por lo que investigar sobre cómo pueden reducirse e incluso eliminarse las interrupciones de energía por las maniobras de transferencia de carga, abre una posibilidad nueva de análisis de las RGD para abordarlas, desde una perspectiva de análisis, que contrarreste con la poca jerarquización de la que ha padecido, en contraste a los análisis e investigaciones de los que gozan las redes de transmisión, así como las fuentes de energía eléctrica, ya que, debido a que las RGD normalmente operan de forma radial, no se planifica en la topología o condición operativa de las subestaciones de distribución, que puedan paralelarse entre sí por medio de sus circuitos eléctricos en media tensión (M.T.).

Otro de los hallazgos importantes obtenidos del presente análisis bibliométrico, son los pocos países que están abordando temas relacionados a las transferencias de carga ininterrumpidas, situación, que también es de llamar la atención para el caso de México, ya que al ser maniobras realizadas exclusivamente por el suministrador de energía, siendo la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el único ente autorizado para realizar maniobras en las RGD del país (*CRE_311221.pdf, s/f*), limita las posibilidades de que investigaciones de este tipo, sea de interés de otros.

Asimismo, la maniobra de transferencia de carga entre circuitos de distribución, desde un análisis lógico es una implicación material, del mismo modo, puede tener una doble implicación material, ya que, cuando se tienen las condiciones para que opere una doble implicación o equivalencia material: se evitan los tiros de carga, y por ende, interrupciones en el suministro de energía eléctrica, pero en el caso de que la implicación material, solo sea transferir carga, sin que exista una correspondencia o equivalencia material por parte del circuito que debe de recibir la carga eléctrica, existirá una interrupción de energía.

Conclusiones

Pese a que en la base de datos de Scopus se hayan encontrado un cierto número de documentos, no debe de tomarse la impresión de que no se esté ante un tema de investigación, ya que la misma operatividad de los generadores eléctricos y la RNT, demuestran que los circuitos eléctricos pueden operar sincronizados, siempre y cuando cumplan con las condiciones de un mismo nivel de tensión, misma frecuencia, mismo número y secuencia de fase, así como un mismo desplazamiento angular (Cisneros Villalobos et al., 2022) entre las fases a sincronizarse para operar bajo una condición operativa de sincronismo entre circuitos, tal evidencia, demuestra que las RGD pueden sincronizarse para la transferencia de carga entre circuitos de distribución, y así, evitar interrupciones y desperdicio de energía eléctrica por maniobras de mantenimiento o de emergencia, las cuales, son exclusivas del suministrador de energía.

Consecuentemente, al operar por lo general las RGD de forma radial, es que se ha descuidado las investigaciones y análisis de los sistemas de distribución más allá de su topología o condición operativa (*Ley de la Industria Eléctrica, s/f*), siendo esto una limitante en los temas de investigación que pueden abordarse en los sistemas de distribución, inclusive, desde perspectivas o análisis distintos a los concernientes a la ingeniería eléctrica.

Limitaciones

De hecho, al realizar este artículo considerando una analogía lógica de los conectores de implicación material, así como el de la equivalencia material, demuestra que puede continuarse con el análisis para trabajos futuros, al proponer hacer una comparativa, entre las tablas de verdad de la lógica simbólica de los conectores lógicos empleados en el presente artículo de investigación, en contraste con la secuencias de maniobras de la transferencia de carga sin interrupción de energía, así como con la maniobra de transferencia de carga, en la que está implicada la interrupción de energía.

Referencias

- 16 2022-2036 Capítulos 1 al 6.pdf*. (s/f). Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de https://www.cenace.gob.mx/Docs/16_MARCOREGULATORIO/Prodecen//16%202022-2036%20Cap%C3%ADtulos%201%20al%206.pdf
- Análisis bibliométrico: Salud y calidad de vida*. (s/f). Recuperado el 20 de septiembre de 2023, de <https://es.scribd.com/book/436279084/Analisis-bibliometrico-salud-y-calidad-de-vida>
- Base de datos de Scopus / Recursos Científicos*. (s/f). Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de <https://www.recursoscientificos.fecyt.es/licencias/productos-contratados/scopus>
- Cisneros Villalobos, L., Vera Dimas, J. G., Martínez Oropeza, A., Tecpoyotl Torres, M., & López Sesenes, R. (2022). UNINTERRUPTED LOAD TRANSFER BETWEEN TWO DISTRIBUTION FEEDERS WITH DIFFERENT POWER SOURCES. *DYNA ENERGIA Y SOSTENIBILIDAD*, 11(1), [18 P.]-[18 P.]. <https://doi.org/10.6036/ES10379>
- CRE_311221.pdf*. (s/f). Recuperado el 19 de septiembre de 2023, de https://dof.gob.mx/2021/CRE/CRE_311221.pdf
- Crear o editar archivos .csv para importarlos a Outlook—Soporte técnico de Microsoft*. (s/f). Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de <https://support.microsoft.com/es-es/office/crear-o-editar-archivos-csv-para-importarlos-a-outlook-4518d70d-8fe9-46ad-94fa-1494247193c7>
- Irving M. Copi, Carl Kohen—Introducción A La Lógica | PDF | Argumento | Proposición*. (s/f). Scribd. Recuperado el 27 de septiembre de 2023, de <https://es.scribd.com/doc/145950302/Irving-M-Copi-Carl-Kohen-Introduccion-a-La-Logica>
- Ley de la Industria Eléctrica*. (s/f). Recuperado el 20 de septiembre de 2023, de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIElec.pdf>
- Tractatus Logico-Philosophicus: Biblioteca de Grandes Escritores*. (s/f). Recuperado el 18 de septiembre de 2023, de <https://es.scribd.com/book/282876750/Tractatus-Logico-Philosophicus-Biblioteca-de-Grandes-Escritores>
- VOSviewer—Visualizing scientific landscapes. (s/f). *#Yosigopublicando*. Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de <https://yosigopublicando.ugr.es/recurso/vosviewer-visualizing-scientific-landscapes/>

Metodologías en la Gestión Ambiental: Aplicación en un Centro de Investigación

MIATS. Zalluly Lona Miranda¹, Dra. María del Carmen Torres Salazar², Dra. Mariana Romero Aguilar³, Dra. Viridiana Aydeé León Hernández⁴

Resumen— Las prácticas ambientales promueven la generación de procesos sustentables en Instituciones de Educación Superior refleja el trabajo realizando desde 2002 en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) con el objetivo de mitigar los impactos ambientales generados por actividades sustantivas y adjetivas. El reto es implementar un Sistema de Gestión Ambiental, basado en la Norma ISO 14001:2015, para alcanzar su política ambiental.

El objetivo de esta investigación es identificar la factibilidad de implementar el SGA en un Centro de Investigación (CI) evaluando sus actividades utilizando herramientas de gestión ambiental que permitan proponer estrategias para su operación. Debe ser replicable y/o escalable en otras unidades. La unidad de estudio es un CI porque este sitio se llevan a cabo procesos de investigación, docencia, capacitación, desarrollo social, y mantenimiento estructural; actividades con logísticas y procedimientos particulares, que promueve que se puedan transferir las estrategias determinadas a necesidades puntuales de otras unidades.

Palabras clave— Indicadores, gestión ambiental, sistemas de gestión ambiental, análisis de riesgo, cumplimiento legal.

Introducción

Actualmente, uno de los principales detonantes en el despertar de la conciencia ambiental está relacionada con la crisis socioambiental. Resultado de una reflexión sobre el estilo de vida actual. Por lo anterior, se han impulsado la realización de acciones humanas con la finalidad de disminuir, detener y/o superar el deterioro de la naturaleza. Además del aumento en la presión sobre el medio, el crecimiento poblacional ha generado un desigual acceso y distribución, a los sistemas socio-económicos de utilización de los recursos naturales y a las características propias de la tecnología moderna (Bravo, 2012).

Es importante precisar que la participación de los agregados sociales (como las Instituciones de Educación Superior) desempeñan un papel importante en el logro del desarrollo sustentable, en acciones como organización social, inversiones en capital humano o incremento en la cohesión social. Para el análisis y cuantificación del cumplimiento de la sustentabilidad, es de suma relevancia la creación e implementación de indicadores, los cuales constituyen una herramienta para la simplificación, cuantificación y análisis de información técnica que permiten su comunicación a diversos grupos de importancia (Estrella y González, 2017).

Adicionalmente, la generación de indicadores es puntualizar la interconexión de las actividades con respecto al equilibrio ambiental. El análisis de la consecuencia de la emisión de los contaminantes y generación de estrategias que garanticen la disponibilidad y calidad de los recursos son también objetivos de los indicadores ambientales. Lo que permite asegurar que las acciones realizadas por el colectivo social tengan un alcance a mediano y largo plazo, permitiendo un impacto positivo en el medio natural. Una herramienta que permite lo anterior mencionado, es la gestión ambiental, la cual permite un monitoreo y control de las actividades en pro del ambiente.

El primer paso en los procesos de gestión, están basados en la obtención de la información específica que permitan cuantificar el grado de cumplimiento de legal en materia ambiental, usando como referencia la legislación, normatividad y buenas prácticas aplicables a procesos de verificación. A este proceso se le conoce como evaluación del desempeño ambiental, la cual también traduce la valorización real de salidas y generación de contaminantes a través de los siguientes puntos: residuos sólidos, aguas residuales, consumo de energía y comportamientos ambientales del personal que se involucran en el propio funcionamiento del modelo de gestión ambiental (PROFEPA, 2011).

En los procesos organizacionales, es de suma importancia hablar de Gestión y Cultura Ambiental, lo que responsabiliza manera puntual a las IES como unidades educativas para incorporar estrategias que integren una cultura ambiental dentro de su comunidad y que sea replicable a otros sectores de la sociedad. Lo anterior se da principalmente

¹ La Mtra. Zalluly Lona Miranda es Maestra en Ingeniería Ambiental y Tecnologías Sustentables por la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. zalluly.lonamir@uaem.edu.mx

² La Dra. María del Carmen Torres Salazar es Profesora Investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). maria.torres@uaem.mx (autor corresponsal)

³ La Dra Mariana Romero Aguilar es Profesora Investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). marianara@uaem.mx

⁴ La Dra. Viridiana Aydeé León Hernández es Profesora Investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). yleon@uaem.mx

por los compromisos de las Universidades con la generación y transferencia del conocimiento. Actualmente, debe ser transversal a las funciones sustantivas de las IES, sobre todo, debido a la tendencia a nivel global que demuestra un claro compromiso en la incorporación de acreditaciones que permiten transitar hacia programas institucionales sostenibles y concebir al SGA como “una estrategia de integración de la gestión académica y administrativa de la comunidad universitaria” (Herrera y Molano, 2014; Calderón y Hernández, 2017).

Para el cumplimiento con ese compromiso ambiental, la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) trabaja desde 2002 en la promoción de la cultura ambiental entre su comunidad universitaria y la sociedad civil, a través de la creación en ese año del Programa de Gestión Ambiental Universitaria (PROGAU) y la actual Dirección de Gestión y Desarrollo Sustentable (DGDS), con el objetivo de reducir efectos ambientales derivados de las actividades universitarias. Su consolidación, han permitido procesos internos que permiten el desarrollo de un Sistema de Gestión Ambiental que permita evaluar indicadores del desempeño ambiental para lograr la sustentabilidad, a través de la protección del ambiente, la mitigación de efectos potencialmente adversos de las condiciones ambientales sobre la institución, el cumplimiento de los requisitos legales, la mejora de su desempeño ambiental; el manejo integral de sus residuos (con enfoque en el ciclo de vida) y la comunicación que pueda aplicar con la comunidad universitaria y las partes interesadas (DGDS, 2018).

Actualmente la UAEM cuenta con un SGA basado en lo establecido por la Norma ISO 14001:2015 para regular sus actividades inherentes a las funciones sustantivas y adjetivas en materia ambiental, que contempla los aspectos asociados con el contexto de la Institución, la identificación de las partes interesadas y sus requisitos. También, incluye la identificación de los aspectos e impactos ambientales, la comunicación interna y externa, el control operacional, la aplicación de un programa de auditoría interna y la revisión periódica por la alta dirección; todo ello bajo una perspectiva del ciclo de vida.

Este SGA, se requiere implementar en Centros de Investigación (CI), debido a su impacto en la formación de profesionistas, no solo son centros de enseñanza, también se realiza investigación que trasciende hacia resolver problemas sociales, son espacios de trabajo, y de formación de capital humano mediante cursos y capacitaciones por mencionar un par de ejemplos; por lo que modelar propuestas en su interior permite escalar las actividades y proyecciones a otros espacios más particulares. El complejo que se contempla como unidad de estudio fue fundado en 1992, actualmente se integra por 12 laboratorios de ciencias, un área de proyectos sociales y oficinas administrativas.

El edificio que alberga al CI se perfila como un edificio con principios de sustentabilidad que cumple con las normas específicas para su completo y seguro uso. Además, mantiene un firme compromiso en mitigar la huella ecológica mediante procesos experimentales de biorremediación, tratamiento de residuos, desarrollo de biofertilizantes, así como biocombustibles. Evaluar su modelo de gestión ambiental, permitirá diseñar estrategias para el cumplimiento del marco legal necesario para certificarse en materia ambiental y sumarse, así como parte integral del SGA de la UAEM. Se determina como unidad de estudio un Centro de Investigación (CI) porque se llevan a cabo procesos de investigación, docencia, capacitación, desarrollo social, y mantenimiento estructural; actividades que demandan logísticas y procedimientos particulares, lo que promueve que se puedan transferir las estrategias determinadas a necesidades puntuales de otras unidades.

Metodología

El diseño experimental contempla métodos cualitativos y cuantitativos, por lo tanto, se considera de corte mixto. La investigación inicio con la construcción de una encuesta de 66 ítems, constituida con dimensiones basadas en los principios ambientales de la norma 14001:2015, la cual fue aplicada de manera virtual al personal adscrito al CI con el propósito de analizar el grado de conocimiento y apropiación del SGA. Fue validada por expertos en materia ambiental y posteriormente de manera estadística a través del cálculo del coeficiente de alfa de Cronbach utilizando el software especializado Statistical Product and Service Solutions (SPSS). El análisis obtuvo un resultado de 0.727, que de acuerdo con el criterio de George y Mallery (2003) corresponde a ACEPTABLE, indicando que el instrumento cuenta con las características de ser aplicado.

Posteriormente, permitiendo identificar los riesgos significativos del CI, se realizó una Evaluación del Desempeño Ambiental constituida por 25 actividades. El método de análisis fue por medio de una Matriz de Identificación y Evaluación de Aspectos, Impactos y Riesgos Ambientales (MIEAIRA). Para la evaluación de generación de residuos peligrosos, fue necesaria una investigación documental que consistió en la revisión de bitácoras y manifiestos de entrega-transporte de residuos peligrosos, registrando los volúmenes y las características de los materiales que se envían a disposición final.

Resultados

Conocimiento y apropiación del SGA

La validación del instrumento fue a través de la realización de un pilotaje, en el cual 15 estudiantes de Licenciatura de temas relacionados con las Ciencias Naturales, a partir de los resultados, se realizó una proyección de la aplicación a la comunidad del CI y se realizaron las modificaciones con la finalidad que obtener la mayor información posible. Posteriormente, se realizó la aplicación de manera virtual al personal técnico, académico y administrativo que impactan de alguna forma en el Sistema de Gestión Ambiental, la encuesta estuvo activa durante un mes, con la finalidad de que la mayor parte de los trabajadores pudieran contestarla, su difusión fue a través de los medios oficiales del CI, con lo cual, se obtuvo un total de 53 encuestas respondidas de manera anónima, de las cuales los datos demográficos fueron los siguientes: 33 (62%) féminas, 19 varones (36%) y un participante (2%) que se abstuvo de responder. El rango de edad predominante fue de 25-34 años con 30 participantes (57%), el 8% corresponde a 4 participantes de “Más de 54 años”, y el 15% para las categorías “35-44” y “45-54” respectivamente, por último, el 6% restante es de la categoría “Menos de 24 años” con 3 participantes.

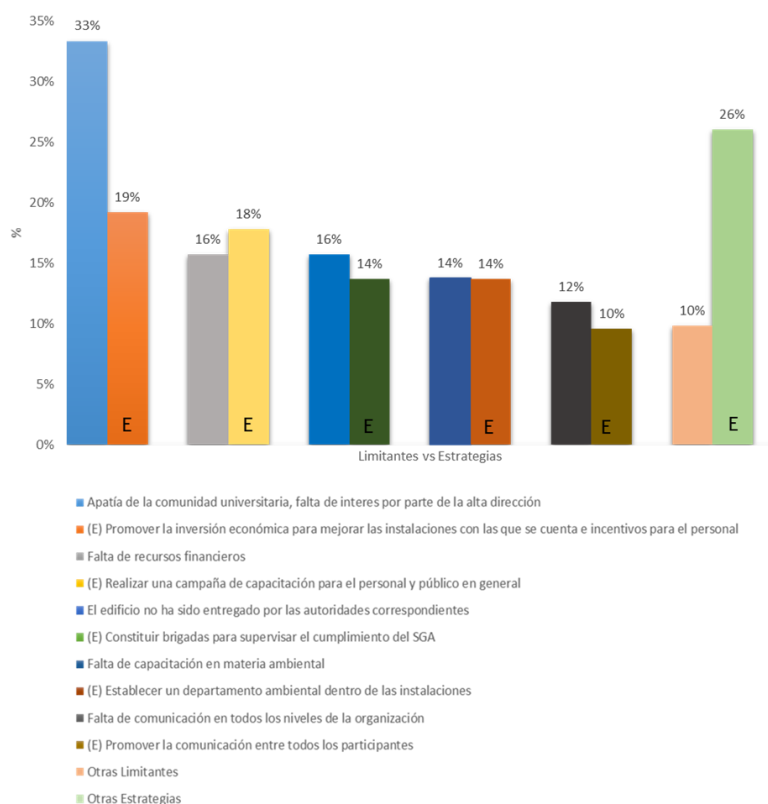


Figura 1. Limitantes de implementación vs Estrategias de mejora (E).

Por la actividad desempeñada dentro de la UA, la población preponderante fue la de “Estudiantes” con 36 encuestados, posteriormente “Investigador” con 10 participantes, para “Técnico Académico” se cuentan con 5 respuestas y 2 “Administrativos”. La antigüedad en la institución y en la adscripción “Menos de 5 años” y de “5 a 10 años” con 20 (38%) y 25 (47%) participantes respectivamente. Para revisar el grado de asociación entre las variables cualitativas, se realizó un análisis del coeficiente de correlación, comprobando si las limitantes de implementación requieren un análisis de causa raíz que permitan la aplicación de una mejora. Estadísticamente, los resultados cercanos a 1 fueron clasificados con correlación positiva e indican que hay una limitante y requiere una acción correctiva.

La Figura 1, muestra que las áreas de atención son: 1) apatía de la comunidad universitaria 2) falta de recursos económicos 3) realizar campañas de capacitación y constituir brigadas de supervisión para que opere el SGA 4) promover la comunicación en todo el espacio de CI.

Matriz de Identificación y Evaluación de Aspectos, Impactos y Riesgos Ambientales

Con el objeto de identificar los riesgos significativos con base en las actividades que se llevan a cabo al interior del CI, se realizó la construcción de la Matriz de Identificación y Evaluación de Aspectos, Impactos y Riesgos

Ambientales, se tomaron en cuenta 25 actividades entre funciones sustantivas y adjetivas, que contiene las esferas ambientales que posiblemente sufren impactos por la Institución y permite la toma de decisiones para contrarrestar los impactos ambientales que se están generando. En el cuadro 1, se observa la matriz binaria los procesos antrópicos en las columnas y de manera vertical las actividades propias de la organización.

Debido a que el área estudiada es un CI, como parte de sus funciones primordiales es la investigación mediante ensayos que generan aguas residuales y de residuos RP principalmente, también inciden en contaminación de suelo y de la atmosfera por emisiones en una responsabilidad incompleta por la ausencia de seguimiento en la disposición final de residuos. Adicional, en la mayoría de las actividades que se realizan existen un consumo de agua, la generación de aguas residuales y la contaminación de este recurso. La crisis hídrica es un tema de preocupación mundial por lo que destaca que es preciso generar propuestas que garanticen el reúso para su mejor aprovechamiento e implementar captadores de agua como estrategia.

Otra actividad recurrente es el consumo energético, la optimización con que se cuenta es que el edificio tiene sistema de apagado automático, pero es necesario orientar nuevas prácticas para la obtención de este recurso. Conformar brigadas que estén capacitadas para atender emergencias ambientales será preciso dentro de un plan de mejora continua, ya que, si de manera general tiene un buen desempeño, no están exentos de situaciones de riesgo.

Cuadro 1. Actividades sustantivas y adjetivas del CI y el total de riesgos para cada una de ellas.

Actividades		Consumo de recursos			Generación de residuos, emisiones y afectaciones al ambiente		
Funciones sustantivas	Investigación en cubículos	0	2	8	0	2	28
	Investigación y Docencia en campo	0	10	0	0	0	30
	Prácticas de laboratorio (docencia e investigación)	2	0	8	9	9	12
	Conferencias	0	6	4	0	5	25
	Docencia en aulas y cubículos	0	8	2	0	6	24
Funciones adjetivas	Uso de aires acondicionados	2	0	8	0	1	29
	Papelería y fotocopiado	2	0	8	0	1	29
	Uso de equipo de cómputo e impresión	3	0	7	5	0	25
	Servicio de cafetería	0	4	6	0	1	29
	Servicio de sanitarios	3	0	7	4	0	26
	Iluminación	4	1	5	0	3	27
	Mant. de áreas verdes	1	0	9	2	1	27
	Mant. de infraestructura	4	0	6	3	1	26
	Limpieza de instalaciones	4	0	6	4	0	26
	Control de plagas	1	0	9	3	2	25
	Administración	0	3	7	0	2	28
Eventos masivos	0	6	4	0	5	25	
Condiciones de riesgo	Incendio	2	0	8	9	0	21
	Fuga de gases	1	0	9	7	0	23
	Explosión	2	0	8	9	0	21
	Derrame químico	1	0	9	7	0	23
	Sismo	0	0	0	18	0	22
	Sequía	5	0	5	11	11	8
	Inundación	4	6	0	12	10	8

Residuos peligrosos (RP) generados

Como producto de una investigación documental se obtuvieron los datos de los RP generados por la unidad de estudio a partir de la revisión de las bitácoras de los laboratorios en contraste con los manifiestos entregados por la empresa responsable de llevarse estos residuos se generan anualmente alrededor de 2 toneladas. La categoría predominante es la de cepas y cultivos, seguida de los residuos no anatómicos, los datos se pueden observar en la figura 2. Se le concede la categoría de pequeño generador dado que generan una cantidad mayor a 400 kilogramos y menor a 10 toneladas en peso total de residuos al año”. Artículo 5º, fracción XX de la LGPGIR (LGPGIR, 2018).

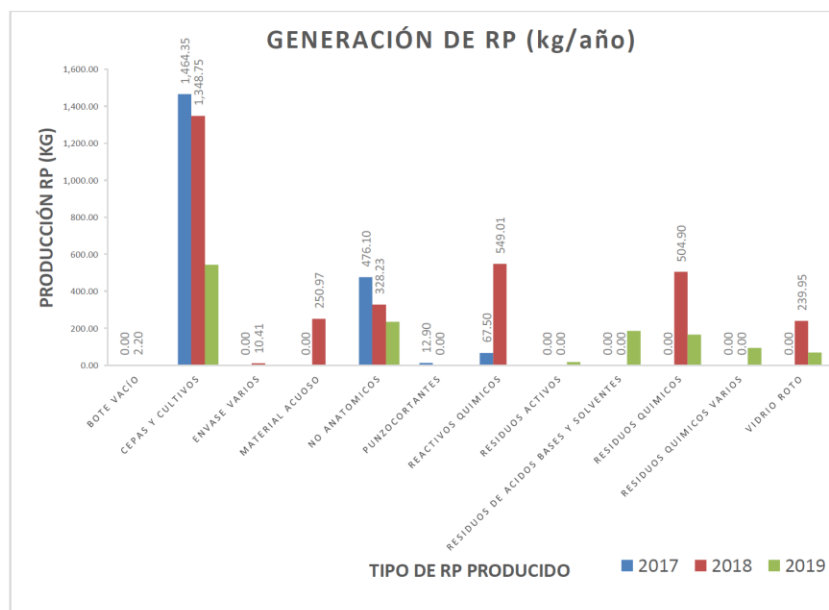


Figura 2. Generación de RP.

Conclusiones

Para poder incidir sobre los aspectos ambientales significativos la comunidad debe verse como agente de cambio para que la suma de esfuerzos integre beneficios económicos, ambientales y sociales, que promuevan la gestión de recursos, reducción de costos y el despertar de la conciencia ambiental. Esto permitirá identificar las áreas de oportunidad para que los SGA sean operables en las IES, y en particular al interior del CI estudiando.

El CI como una UA requiere asumir el compromiso de acercar el SGA a sus partes interesadas de una manera atractiva que comprometa a la adopción de una nueva estructura interna en ámbitos que incluyen, además de las funciones sustantivas de docencia, investigación y extensión, las políticas institucionales y la participación, gestión y ordenamiento ambiental (Callejas Restrepo, et al., 2018) para poder cumplir con la política ambiental universitaria. Definitivamente los estudiantes son parte importante del proceso, pero no se puede pretender escalar acciones si el personal que conforma el CI no resignifica el concepto de SGA y lo internaliza como parte de su estilo de vida dentro del aspecto laboral.

Referencias

- Alzate Ibáñez, A., Alzate Ibáñez, S., y Ramírez Ríos, J. (2018). MODELO DE GESTIÓN AMBIENTAL ISO 14001: EVOLUCIÓN Y APORTE A LA SOSTENIBILIDAD ORGANIZACIONAL. *Revista Chilena de Economía y Sociedad*, 74-85.
- Bravo Mercado, M. T. (2012). Los planes ambientales institucionales en la educación superior en México. *Construyendo sentidos de sustentabilidad (2002-2007)*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Calderón Cuartas, P. A., y Hernández Manizales, J. (2017). *Cultura y gestión ambiental universitaria: soy consciente, soy UCM*. Colombia: Centro Editorial Universidad Católica de Manizales.
- Callejas Restrepo, M. M. Sáenz-Zapata, O., Plata-Rangel, Á. M., Holguín-Aguirre, M. T., y Mora-Penagos, W. M. (2018). El compromiso ambiental de Instituciones de Educación Superior en Colombia. *Praxis & Saber Revista de Investigación y Pedagogía*, pp. 197-220.
- DGDS. (2018). *Sistema de Gestión Ambiental. Recuperado el enero de 2020, de Manual Ambiental*.
- Estrella Suárez, M., y González Vásquez, A. (2017). *DESARROLLO SUSTENTABLE. Un nuevo mañana (2a edición ed.)*. México: Grupo Editorial PATRIA.

- George, D., y Mallery, P. (2003). SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update (4th ed). Boston: Allyn & Bacon.
- Hansen, S. B., Mohamad, S. E., Padfield, R., Papargyropoulou, E., Salim, H. K., Syayuti, K., y otros. (2017). Global trends in Environmental Management System and ISO 14001 research. *Journal of Cleaner Production*, 1-30.
- Herrera Romero, J., y Molano Niño, A. (2014). LA FORMACIÓN AMBIENTAL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: UNA REVISIÓN NECESARIA. *Revista Luna Azul*, 186-206.
- ISO. (15 de agosto de 2015). NORMA INTERNACIONAL ISO 14001. Sistemas de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso. Ginebra, Suiza: ISO.
- LGPGIR. (19 de 01 de 2018). LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS. Recuperado el octubre de 2019, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_190118.pdf
- Senior, B. and Swailes, S., 2010. *Organizational Change*. Cuarta ed. Harlow: Pearson Ed.
- Sohal, A., & Zutshi, A. (2004). A study of the environmental management system (EMS) adoption process within Australasian organisations - Role of skateholders. *Technovation*, 371-386.

Importancia de la Industria 4.0 en las PyMEs Mexicanas

Dr. Sergio Raúl López Nieto ¹

Resumen—La innovación tecnológica, la implementación de nuevos modelos de manufactura y la generación de técnicas de producción eficientes han provocado que se incluya en el siglo XXI el término industria 4.0, aspecto clave en las pymes mexicanas, las cuales representan el 98 % de unidades económicas. En esta investigación, se analizó la influencia de la tecnología en las pymes establecidas en el municipio de Puebla, México con el objetivo de determinar el alcance que estos elementos tienen en los rubros de competitividad e implementación. Para ello, se utilizó un diseño de investigación no experimental transversal, ya que ninguna de las variables se manipuló y se midieron en un único momento. El estudio tuvo un nivel correlacional que asoció las variables industria 4.0 y tecnología, y tuvo un carácter explicativo porque presentó un entendimiento sobre el fenómeno examinado. Dentro de los principales hallazgos se detectó que la tecnología tiene una influencia relevante en la generación de la industria 4.0, en específico en los aspectos de las condiciones operativas, que comprenden infraestructura tecnológica y aplicación e implementación de tecnologías inteligentes.

Palabras clave— industria 4.0, tecnología, pymes

Introducción

La industria o revolución 4.0 permite incrementar el nivel de productividad, ya que facilita a las organizaciones trabajar con procesos altamente eficaces y eficientes, así como generar información que sirve de base para la toma de decisiones (García, 2020). Por eso, algunos autores contemporáneos han señalado que muchos empresarios se están centrando en aspectos relacionados con la eficiencia y la innovación (Ciprés, 1 de octubre de 2020; León, 2010; León-Pérez, 2019). En este mismo sentido, unos investigadores explican que la subsistencia de una pyme en el mercado depende de una buena gerencia y liderazgo, mientras que otros se refieren a las infraestructuras tecnológicas para hacerlas más competitivas e incluso expandirlas a nivel internacional.

Con base en lo anterior se puede afirmar que las tecnologías digitales están cambiando los modelos y estructuras de fabricación de las empresas, así como aquellos relacionados con el consumo, la comunicación y la interacción entre clientes y fabricantes. Por eso, resulta esencial trabajar en estrategias que permitan determinar si las pymes pueden incorporar la industria o revolución 4.0 en sus procesos y actividades diarias (Habib Mireles, 2022).

Al respecto, cabe señalar que si bien la sistematización de los procesos de control y la recopilación de información han sido factores claves para que las empresas sean más eficaces y eficientes, no todas cuentan con los recursos económicos para invertir en tecnología, lo que frena su desarrollo en el corto plazo.

Ahora bien, en cuanto a la conceptualización de la industria 4.0, surgen términos como *tecnologías disruptivas*, *big data*, *internet de las cosas* e *inteligencia artificial*, que no se limitan a un solo sector, sino que se expanden y pueden ser empleados como elementos estratégicos para impulsar un crecimiento acelerado y exponencial, y para reducir aquellos elementos que pudieran provocar pérdidas para una compañía.

Con el presente estudio, por tanto, se procura demostrar que la tecnología siempre ha jugado un papel importante para las organizaciones, pero cuando no se usa correctamente tiende a provocar errores y a desencadenar situaciones que pueden afectar no solo a la compañía, sino también a los clientes.

Por ello, en este trabajo se describe la situación general de las pymes ubicadas en el municipio de Puebla en cuanto a los elementos que promuevan la integración de la industria 4.0 a sus procesos, pues esta variable resulta vital para asegurar la permanencia, consolidación y desarrollo de cualquier empresa.

Marco Teórico

Industria 4.0

El concepto de Industria 4.0 comprende la integración de elementos digitales en tiempo real en proveedores, productores y clientes a lo largo de la cadena de suministro y cadena de valor (Barleta, Pérez y Sánchez, 2019), que se pueden emplear en diferentes fases de la operación de una organización con el objetivo de hacer más eficientes y controlados los procesos. Este término fue acuñado por la iniciativa alemana como una estrategia que involucra la tecnología en el sector industrial y la digitalización en los procesos de manufactura (Pineda de Alcázar, 2018). Se asocia a la cuarta revolución industrial donde hay un control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto

¹ Sergio Raúl López Nieto Dr. es docente asesor online del Instituto de Estudios Universitarios Plantel Puebla, sergio.lopez@ieu.edu.mx

Técnicas Avanzadas de Producción

Es importante mencionar que la manufactura avanzada, así como las técnicas avanzadas de producción, tienen un carácter transversal pues la mayoría de los sectores económicos emplean insumos o materias primas para su fabricación, por lo cual sus productos finales deben tener un alto contenido de diseño. Por otro lado, un rubro tecnológico complejo es necesario ya que les permitirá usar tecnologías de alto rendimiento para el modelado, simulación el análisis y técnicas de prototipado, las cuales otorguen productos funcionales y con una menor inversión económica.

Tecnologías inteligentes

Las tecnologías inteligentes están impulsando cambios en todos los sectores industriales a través de las redes de transmisión de datos de alta velocidad, el almacenamiento de información, el *e-business*, el *e-commerce*, y en general la sistematización de todas sus operaciones productivas y administrativas, lo cual está provocando la ruptura de barreras y paradigmas tradicionales en cuanto a la forma de hacer negocios y evolucionar en la manera de hacer las cosas.

Condiciones de la empresa

Desde el contexto del factor humano de las empresas, las condiciones bajo las cuales operan, representan uno de los rubros más importantes para la implementación de tecnologías y la generación de la industria 4.0, debido a que elementos clave como la cultura organizacional, la resistencia al cambio y la carente integración de procesos pueden llevar a que una organización no desarrolle de manera efectiva la implementación de elementos tecnológicos que les permitan una mejora gradual en sus operaciones administrativas y operativas.

Tecnología

La tecnología surge como una respuesta a la necesidad de poder manejar elementos tecnológicos desde una perspectiva estratégica. Se puede definir como un proceso de ejecución de actividades empresariales que puedan desarrollarse de una de una manera más eficiente de manera interna y que afecta a terceros (clientes), así como su funcionalidad en el desarrollo de nuevos productos y servicios (Somayya, 2015).

Internet de las cosas

El concepto de *internet* de las cosas es uno de los elementos actuales que se relaciona con la facilidad para conectar todo tipo de dispositivos a *internet*, incluyendo aquellos elementos tecnológicos como máquinas y herramientas. Este elemento, también es asociado al contexto de la innovación mediante el desarrollo de aplicaciones que permitan un fácil manejo de los procesos y de las herramientas empleadas en un contexto industrial (Zanella, Bui, Castellani, Vangelista y Zorzi, 2014).

Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial se define como un campo de la informática que se dedica a la resolución de problemas cognitivos que se asocian con la inteligencia humana; entendidos como aquellos que pueden adaptarse a situaciones cambiantes. Este concepto se desarrolla a través de sistemas informáticos, así como la disponibilidad de datos y los algoritmos que permiten establecer procesos mediante el involucramiento de la tecnología (Openshaw, 1997).

Gemelos digitales

El término de gemelos digitales está asociado a una tecnología de *software* que ayuda a representar de manera digital la realidad física bajo la cual opera un negocio o empresa (Alfonso, 2018), ya sea mediante cada uno de sus procesos, la obtención del producto final o la interacción de actividades. En este contexto, emplea recursos tecnológicos como el *Big Data*, el *internet* de las cosas, la inteligencia artificial y el *Machine Learning* con el objetivo de contar con herramientas que conlleven a la toma de decisiones y que también se complementen con factores como la simulación y la predicción.

Metodología

La presente investigación sobre la generación de la industria 4.0 en las PyME del municipio de Puebla corresponde al diseño no experimental ya que ninguna de las variables se manipulará durante el estudio, además será de carácter transversal, ya que las mediciones de las variables se realizarán en un único momento.

De acuerdo con el tipo de nivel de la investigación, es correlacional ya que asocia las variables de Industria 4.0 y tecnología, y tiene un carácter explicativo porque presentará un entendimiento sobre el fenómeno estudiado y la forma en que influye una variable sobre la otra mencionando el tipo de relación existente entre ambas. Tiene un enfoque de carácter mixto, ya que se contemplará recolección de datos con mediciones cuantitativas y cualitativas de las variables estudiadas: Industria 4.0 y tecnología. Para realizar la investigación se contemplan como objetos de estudio a cinco empresas ubicadas en el municipio de Puebla, las cuales poseen las siguientes características (INEGI, 2015):

- Similar número de empleados. Las pequeñas empresas contemplan de 11 a 50 empleados y las medianas de 50 a 100.
- Similar estructura jerárquica.
- Áreas o departamentos similares.
- Se ubican en zonas industriales del municipio.

La población contemplada es de 261 elementos de las empresas del sector manufacturero, que se encuentran actualmente laborando en las 5 empresas establecidas en el municipio de Puebla.

Se realiza el cálculo de la muestra utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NzZ^2pxq}{d^2x(N-1) + Z^2pxq}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra =?

N = Tamaño de la población = 261

Z = Nivel de confianza = 95% = 1.96

p = Probabilidad de éxito = 50%

q = Probabilidad de Fracaso = 50%

d = Margen de error = 5%

Una vez determinada la muestra, que corresponde a 169 sujetos, se realizó un muestreo, el cual consiste en la selección de un conjunto de elementos con características particulares que pertenecen a un grupo determinado con la finalidad de observarlos, estudiarlos y obtener información para la investigación. El tipo de muestreo que se desarrolló en la presente investigación es el probabilístico aleatorio, que contempló elementos dependiendo de una misma probabilidad de elección.

El instrumento utilizado para medir las variables fue (Münc y Ángeles, 1990) un cuestionario, que se aplicó vía *online* y presencial al personal operativo de las organizaciones estudiadas que comprendió preguntas relacionadas con la Industria 4.0 y tecnología. Los ítems se codifican a través de una escala de Likert nivel 5.

Una vez generado el cuestionario se realizó una validación por expertos, cuya finalidad fue conocer la probabilidad de error en la configuración del instrumento mediante el juicio razonable para tener estimaciones buenas, se aceptaron aquellas superiores al 80%. Una vez validado el cuestionario, se realizó una prueba piloto con los sujetos de estudio, posteriormente se analizaron los resultados, se realizaron los ajustes pertinentes y se procede a la aplicación.

La confiabilidad del instrumento se determina a través del método de consistencia interna basado en el alfa de Cronbach que permite estimar la fiabilidad de un instrumento de medida a través de un conjunto de ítems que se espera que midan el mismo constructo o dimensión teórica, para ello se emplea el *software* estadístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*, por sus siglas en inglés), obteniendo un resultado del instrumento de 0.985, que de acuerdo con el criterio de George y Mallery (2003) es excelente.

Resultados

Posterior a la aplicación del instrumento se realizó el procesamiento de la información recolectada, para ello se empleó el software estadístico SPSS versión 26, con el cual se realizaron las codificaciones correspondientes a cada uno de los ítems de las variables consideradas, obteniendo lo siguiente:

Con respecto al sexo de los 169 encuestados el 40.23% corresponde al género masculino mientras que el 59.76 corresponde al género femenino. En relación con su edad el 23.66% tiene entre 18 y 25 años, el 14.20% entre 26 y 30 años, el 28.99% entre 31 y 35 años, el 15.97% entre 36 y 40 años y finalmente, el 17.15% tiene más de 40 años, lo cual refleja que se tiene personal de la generación considerada como X y la generación Z o *millennial*.

En el rubro del nivel de estudios se tiene que el 1.7% tiene formación de nivel secundaria, el 8.2% de nivel medio superior, el 82.84% de licenciatura y el 7.1% tiene niveles superiores (posgrados). Respecto a la antigüedad del personal en la empresa se obtuvo que el 22.48% tiene menos de un año, el 52.07% entre uno y cinco años, el 4.14% entre seis y 10 años y el 21.30% más de 10 años laborando.

Finalmente, respecto al nivel de puesto desempeñado se tiene que el 20.71% corresponden a la gerencia, el 64.49% desempeña un rol de responsable, supervisor o jefe de área y el 14.79% tiene un puesto de nivel operativo.

El instrumento desarrollado contempló, además de los rubros demográficos anteriores, 59 ítems divididos en seis diferentes dimensiones de las cuales tres correspondían a la variable de industria 4.0 y tres a la variable de tecnología.

Dentro de la primera variable se consideraron las técnicas avanzadas de producción con siete preguntas, tecnologías inteligentes con nueve preguntas y las condiciones de la empresa con 15 preguntas; mientras que la variable segunda consideró el internet de las cosas con nueve preguntas, la inteligencia artificial con 10 preguntas y los gemelos digitales con nueve preguntas.

Con los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento se procedió a realizar el cálculo de cada una de las variables bajo sus diferentes dimensiones con el programa SPSS y posteriormente se calculó la correlación entre dichas variables para determinar la influencia de una sobre otra y el impacto que está generando en las PyME, lo cual es el objetivo de esta investigación.

De acuerdo con la correlación realizada se obtiene un valor de 0.78 clasificada como positiva alta lo cual indica que si existe una relación entre la generación de Industria 4.0 y la tecnología dentro de las PyME mexicanas.

Con base en esta información se realiza la correlación entre las diferentes dimensiones de cada una de las variables para detectar aquellas que tienen mayor influencia y poder determinar cuál es el impacto que generan. Dentro de éstas se encuentra que el ítem dos referente al internet de las cosas, que establece que el sitio web de la empresa pública información importante relacionada con su trabajo tiene una correlación de 0.83 con el ítem nueve de tecnologías inteligentes referente a la consideración del uso de tecnologías inteligentes para favorecer el crecimiento generalizado de las operaciones, y también con el ítem ocho de la dimensión condiciones de la empresa, que considera que la organización cuenta con las condiciones para adoptar nuevas formas de trabajo mediante tecnologías inteligentes, con un valor de 0.80.

Respecto al ítem número cuatro del internet de las cosas, que cuestiona sobre la contribución e influencia del internet en la forma de trabajo y operación de la empresa, se tiene una correlación con un valor de 0.81 con el ítem cuatro de las condiciones de la empresa, que considera importante que la empresa adopte a la brevedad nuevas tecnologías en su operación, y con el ítem número seis con valor de 0.82 donde se establece que es importante que en el trabajo haya interconectividad en todas las operaciones internas.

El ítem número nueve de la dimensión internet de las cosas, que contempla el flujo continuo de información a través de canales y dispositivos tecnológicos, se tiene una correlación de 0.83 con el ítem 14 de condiciones de la empresa que establece la preferencia de comunicarse con los compañeros en persona con respecto a otros métodos.

En la dimensión de inteligencia artificial el ítem uno, que establece que si la empresa cuenta con los softwares digitales necesarios para garantizar la calidad de los productos, se tiene una correlación de 0.84 con el ítem nueve de tecnologías inteligentes, que considera que se han gestionado correctamente el uso de tecnologías para favorecer el crecimiento de las operaciones, así mismo con el ítem 15 de condiciones de la empresa, que establece que la empresa se encuentra digitalmente lista para contribuir a la transformación tecnológica del país y ser un referente en su giro con un valor de 0.81.

El ítem dos referente a la inteligencia artificial que establece que los sistemas informáticos con los que cuenta la empresa son eficaces para la generación de productos, se tiene una correlación de 0.83 con el ítem ocho de tecnologías inteligentes, que menciona que la organización cuenta con las tecnologías inteligentes suficientes para satisfacer la demanda de sus clientes y con el ítem 14 de condiciones de la empresa, donde se establecen los medios de comunicación entre los compañeros con un valor de 0.81.

La pregunta número tres de la dimensión de inteligencia artificial, que contempla los sistemas implementados para la identificación de errores, tiene una correlación de 0.80 con las técnicas avanzadas de producción en su ítem cuatro donde se menciona que la empresa cuenta con los elementos tecnológicos necesarios para innovar constantemente.

La pregunta número ocho de inteligencia artificial, que plantea que los software y sistemas implementados en la empresa han sido adecuados y funcionales para las actividades y procesos que se desarrollan en la empresa se tiene una correlación de 0.8 con la pregunta 14 de las condiciones de la empresa, relacionada con los métodos de comunicación en el trabajo y con la pregunta 15 referente a la forma en que la empresa se encuentra digitalmente para contribuir en la transformación tecnológica del país, esta última con un valor de 0.88.

Por su parte, la pregunta nueve de la dimensión de inteligencia artificial que contempla que la empresa debe trabajar en la implementación de este factor de una manera más robusta y funcional, tiene una correlación de 0.8 con la pregunta dos de tecnologías inteligentes que considera que estos elementos han reducido los errores en las áreas productivas.

Respecto a la dimensión de los gemelos digitales el ítem número dos que establece que los sistemas integrados a los factores productivos han permitido la detección de anomalías o fallas en los procesos o productos, se tiene una correlación de 0.87 con la pregunta ocho de tecnologías inteligentes donde se establece que estas tecnologías son suficientes para satisfacer la demanda de los clientes, y de la misma forma con el ítem número 9 de esa misma dimensión con un valor de 0.80, que considera que la empresa ha gestionado correctamente las tecnologías para favorecer el crecimiento en sus operaciones. Además, tiene una correlación con un valor de 0.84 con la pregunta 14

de la dimensión condiciones de la empresa, referente a los métodos de comunicación, así como con la pregunta 15 respecto a la manera en que la empresa se encuentra lista para contribuir a la transformación tecnológica del país y ser referente en su giro con un valor de 0.87.

Asimismo, la pregunta tres de la dimensión de gemelos digitales, que establece el uso de los mismos para facilitar el desarrollo de las operaciones mediante la reducción de tiempos, tiene una correlación con un valor de 0.82 con la interrogante ocho de la dimensión de tecnologías inteligentes que contempla que éstas son suficientes para satisfacer la demanda de sus clientes, y con el ítem 14 de la dimensión condiciones de la empresa, respecto a los métodos de comunicación entre los colaboradores con un valor de 0.88.

Conclusiones

Con lo obtenido mediante el desarrollo de la investigación y la aplicación de los instrumentos, se puede concluir que la tecnología tiene una influencia relevante en la generación de la Industria 4.0 en las empresas del municipio de Puebla, principalmente en los aspectos de las condiciones operativas de la empresa que comprenden infraestructura tecnológica y la aplicación e implementación de tecnologías inteligentes.

Las técnicas avanzadas de producción tienen limitada influencia en la generación e industria 4.0 en el sentido de que solo se implementa en el uso de la tecnología en los procesos de transformación de insumos en productos terminados.

Por otro lado, la inteligencia artificial sigue siendo uno de los elementos clave que relaciona a la tecnología con la industria 4.0, seguido del internet de las cosas que permiten a las PyME tener un nuevo enfoque de competitividad por las nuevas tendencias en el mercado global, siendo esto un determinante en la continuidad del negocio e incluso en la expansión de sus productos a mercados internacionales.

Finalmente, el aspecto de los gemelos digitales sigue reflejando poca influencia en la generación de la Industria 4.0, esto puede deberse al rezago tecnológico que aun presenta México en cuanto a algunos dispositivos de manufactura que operan con modelos matemáticos y de tercera dimensión que, si bien pueden ser implementados, representan para este tipo de empresas una inversión difícil de costear

Referencias

- Alfonso, M. (03 de julio de 2018). *¿Qué es un Digital Twin o gemelo digital y de dónde vienen?* Recuperado el 30 de octubre de 2020, de <https://www.economiadehoy.es/noticia/33238/tecnologia/que-es-un-digital-twin-o-gemelo-digital-y-de-donde-vienen.html>
- Barleta, E., Pérez G. y Sánchez, R. (2019). *La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0*, Boletín FAL N° 375, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Julio.
- Ciprés, D. (01 de octubre de 2020). *Gemelo Digital para industria y procesos logísticos*. Recuperado el 30 de octubre de 2020, de <https://www.itainno-va.es/blog/logistica/gemelo-digital-para-industria-y-procesos-logisticos/>
- García, A. (2020). *Los retos para las Pymes en el contexto de la industria 4.0: una revisión teórica*. México: UNAM.
- George, D. and Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference 11.0 update*. Boston: Allyn & Bacon.
- Habib Míreles, L. (2022). Presencia de los pilares de la industria 4.0 en la formación de ingenieros en el noreste de México. *Revista cubana de Educación Superior*, 41 (2), 19. Epub 10 de mayo de 2022. Recuperad en 30 de abril de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142022000200019&lng=es&tlng=es.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. (2015). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH)*. INEGI. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2018/>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. (2015). *Cálculo de los índices de productividad laboral y del costo unitario de la mano de obra*. México.
- León, J. (2010). La inteligencia artificial convencional y la inteligencia artificial distribuida (IAD) en los programas espaciales de observación de la tierra. *Análisis Geográficos*, 44, 129-143
- León-Pérez, J.C. (2019). Impacto de las tecnologías disruptivas en la percepción remota: big data, internet de las cosas e inteligencia artificial. *UD y la Geomática*, 14, 54-61. DOI: <https://doi.org/10.14483/23448407.15658>
- Münch, L. y Ángeles, E. (1990). *Métodos y técnicas de investigación*. México: Trillas.
- Openshaw, S. and Openshaw, C. (1997). *Artificial intelligence in Geography*. Inglaterra: John Wiley.
- Pineda de Alcázar, M. (2018). La Internet de las Cosas, el Big Data y los nuevos problemas de la comunicación en el Siglo XXI, en *Mediaciones Sociales*, 17, 1-24
- Somayya, R. R. (enero de 2015). *Internet of Things (IoT): A Literature*. Obtenido de http://file.scirp.org/pdf/JCC_2015052516013923.pdf
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L. and Zorzi, M. (2014). Internet of Things for Smart Cities. *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*, 22-32

Notas Biográficas

El Dr. Sergio Raúl López Nieto es docente de tiempo completo de la modalidad online en el Instituto de Estudios Universitarios. Tiene la maestría en Ingeniería Administrativa y Calidad por la Universidad La Salle Benavente Puebla y es Ingeniero Industrial con especialidad en Procesos de Manufactura y Desarrollo Empresarial por el Tecnológico Nacional de México Campus Puebla. Ha laborado en los departamentos de Calidad de diversas empresas manufactureras y de servicios logrando certificaciones en ISO 9001:2008 y 2015, además ha participado con ponencias en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad del Valle de Puebla, Universidad CEUNI y UPAEP.

Aplicación de Materiales Híbridos a Base de Fibras Naturales en la Industria Aeroespacial

Brenda Lopez Reyes¹, Dra. Miriam Siqueiros Hernández², Dra. Virginia García Angel³,
M.C. Ana María Castañeda⁴ y Dr. Benjamín González Vizcarra⁵

Resumen— Para la presente investigación se realizó una revisión bibliográfica sobre los materiales compuestos híbridos, los cuales son aquellos que consisten en la integración de un refuerzo adicional o de un material compuesto tipo sándwich con núcleo de panal de abeja o metálico. Parte de la exploración fue enfocada en la comparación de los beneficios que arrojan. Adicionalmente, se realizó una búsqueda enfocada en materiales híbridos conformados por fibras sintéticas y naturales, donde se logró identificar los beneficios que brinda la incorporación de estas fibras. Como parte de las posibles aplicaciones se encontró la integración en componentes para aeronaves, tales como: revestimientos del fuselaje, superficies de control, álabes de turbinas, entre otros. Una vez realizada la investigación, se llegó a la conclusión que al utilizar materiales híbridos reforzados con fibras naturales en la industria aeroespacial se abre un área de oportunidad para la manufactura e implementación de los mismos.

Palabras clave—compuestos, fibras naturales, hibridación, refuerzo metálico, aeroespacial.

Introducción

A lo largo de la historia la sociedad se ha visto altamente influenciada por la relación que se tiene con los materiales. Inclusive, es común denominar eras en base al material más utilizado en ese periodo. Con el paso de los años, se ha tenido un avance exponencial en las técnicas y procesos de manufactura en materiales, donde, ya no se utilizan exclusivamente materiales encontrados en la naturaleza; sino que se han creado supermateriales con propiedades significativamente mejores en comparación a los materiales comunes.

En la actualidad se ha adoptado una clasificación de materiales que los divide en 5 categorías principales en base a sus características: metales, cerámicos, polímeros, semiconductores y materiales compuestos. Sin embargo, es posible encontrar subcategorías dentro de los rubros principales como lo son los materiales híbridos.

Materiales compuestos e híbridos

Como se mencionó anteriormente en la introducción, dentro de la clasificación de materiales se encuentran los materiales compuestos y los materiales compuestos híbridos. Estos se diferencian debido a las distintas propiedades que manejan, así como la cantidad de componentes; sin embargo, son categorías similares en la cuestión de mejorar propiedades de un elemento estudiado individualmente.

Materiales compuestos

Un material compuesto, definido por Guerrero, Dávila, Galeas, Pontón, Rosas, Sotomayor y Valdivieso (2011), es un sistema en el que se combinan dos o más materiales que se diferencian en función, forma o composición, con el fin de obtener un material con propiedades únicas. La utilización de materiales compuestos revoluciona la industria ya que permite reducir pesos, dimensiones y generar características que no se podrían con un material individual.

Los materiales compuestos están conformados en su mayoría por una matriz y uno o más refuerzos, ya sea en partículas, bigotes (whiskers), fibras o laminas. Comúnmente, los más conocidos son los materiales de matriz polimérica (usualmente resinas epóxicas o poliéster) reforzados con algún tipo de fibra (fibra de vidrio, fibra de carbono, fibra de Kevlar, etc.).

¹ Brenda Lopez Reyes es estudiante, actualmente cursa el 6to. semestre de la carrera Ingeniería Aeroespacial en la Facultad de Ingeniería, Campus Mexicali, UABC brenda.lopez.reyes@uabc.edu.mx

² La Dra. Miriam Siqueiros Hernández es profesora de tiempo completo de la carrera Ingeniería Aeroespacial en la Facultad de Ingeniería, Campus Mexicali, UABC. miriam.siqueiros@uabc.edu.mx (autor correspondiente)

³ La Dra. Virginia García Angel es profesora de tiempo completo de la carrera Ingeniería Aeroespacial en la Facultad de Ingeniería, Campus Mexicali, UABC. virginia.garcia@uabc.edu.mx

⁴ La M.C. Ana María Castañeda es profesora de tiempo completo de la carrera Ingeniería en Mecatrónica en la Facultad de Ingeniería, Campus Mexicali, UABC. ana.castaneda@uabc.edu.mx

⁵ El Dr. Benjamín González Vizcarra es profesor de tiempo completo de la carrera Ingeniería Mecánica en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Unidad Valle de la Palmas, UABC. bgonzalez79@uabc.edu.mx

Materiales híbridos

De forma similar a los materiales compuestos, un material híbrido es “aquel que incluye en su composición al menos dos tipos de fracciones o unidades de diferente naturaleza, siendo, normalmente, una orgánica y otra inorgánica, las cuales se combinan a escala nanométrica” (García, 2012). Si bien tiene una alta similitud por definición, es correcto diferenciarlos. Para fines descriptivos es posible utilizar a los materiales híbridos como una subclasificación de los compuestos, determinando que el material híbrido es aquel material compuesto al que se le añade un refuerzo de distinta naturaleza.

Un notable ejemplo de los materiales híbridos más utilizados en la industria mecánica-aeroespacial son los de estructura tipo sándwich, donde se tienen dos capas de un material relativamente delgado y resistente al que se le llama skin (usualmente desempeñado por laminados), separado por un núcleo de mayor espesor. Con los laminados tipo sándwich es posible obtener ventajas notables en la reducción de peso, maniobrabilidad y aislamiento térmico (Iza, 2012), siendo estas características deseables para materiales de uso aeroespacial. “Los paneles sándwich son el epítome del concepto de material híbrido. En ellos se combinan dos o más materiales con una geometría y escala específicas, conformando las caras y el núcleo, para proporcionar a la estructura una rigidez y resistencia elevadas con un peso lo más liviano posible” (Herrerros, Suárez, Pinilla, Miguel, López y Diez de Ulzurrun, 2008).

Beneficios de la hibridación para un material compuesto

Si bien, los materiales compuestos ya presentan una gran ventaja en la relación resistencia-peso comparado con los materiales sólidos, es posible optimizarlo por medio de la hibridación. La hibridación consiste en tener como base un material compuesto de dos elementos y agregarle un refuerzo adicional que permita mejorar las cualidades originales, para esto es posible utilizar diferentes métodos como lo son el adicionar un material fibroso o particulado de otro origen, o realizar un laminado tipo sándwich.

Analizando la hibridación por medio del adición de fibras esto no es más que el resultado de hacer una mezcla entre diferentes tipos de fibras, ya sea en tejido o libres, para reforzar una matriz polimérica. Un ejemplo de esto son materiales de matriz epóxica con fibra de vidrio y fibra de Kevlar como refuerzos. Las fibras utilizadas para la mezcla pueden ser de diferentes orígenes como fibras petroplásticas, poliméricas o naturales.

Implementación de elementos tipo Sándwich

En el caso de tomar un enfoque hacia los laminados tipo sándwich, existen diversos factores que influyen en el desempeño mecánico del material como lo son: la relación de espesor núcleo-capas o la configuración del núcleo que se utilice. Zurita-Caisaguano, Coello-Tapia y Jácome-Guevara (2022) proponen tres configuraciones principales para el núcleo como se muestran en la figura 1.

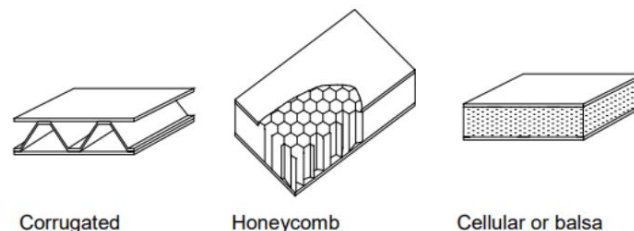
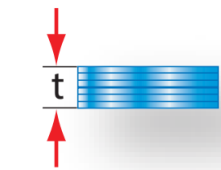
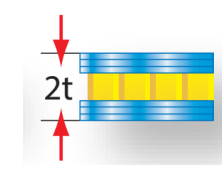
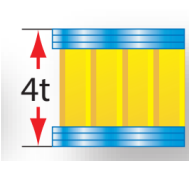


Figura 1. Configuración de núcleos para compuestos sándwich. (Zurita-Caisaguano et al., 2022)

El tipo de núcleo a utilizar se designa en base a las propiedades que se desee mejorar, puesto que la utilización de núcleos corrugados (corrugated) o de tipo panal (honeycomb) permiten hacer una reducción significativa en el peso; sin embargo, no proporciona una mayor resistencia o rigidez. Por otra parte, de utilizar un núcleo sólido, este puede aumentar la rigidez del producto final; no obstante, la reducción de peso será determinada por la densidad que tenga el material del núcleo. “La construcción en sándwich tiene una alta rigidez a la flexión con un peso mínimo en comparación con la construcción de aluminio y compuesto laminado” (Galindo, 2019). En el cuadro 1 se presenta una comparativa entre el espesor, fuerza de flexión y peso de un material sólido contra materiales laminados tipo sándwich realizada por la Administración Federal de Aviación de Estados Unidos (FAA) en 2018.

	Material sólido	Espesor de núcleo t	Espesor de núcleo $3t$
			
Espesor	1.0	7.0	37.0
Fuerza de flexión	1.0	3.5	9.2
Peso	1.0	1.03	1.06

Cuadro 1. Comparación entre espesores de núcleo tipo panal y sus propiedades. (Federal Aviation Administration, 2018)

Actualmente, existen diversos materiales de tipo sándwich ya patentados como lo es el MaLECoN, un material cuya composición está formada por láminas apiladas de acero y material compuesto de matriz de viniléster y refuerzo de fibra de vidrio, este presenta diversos beneficios dentro de los cuales destacan su baja densidad relativa, resistencia al impacto elevada comparada con otros compuestos y una buena resistencia a la flexión. En base a las pruebas realizadas por Herreros, Suárez, Pinilla, Miguel, López y Diez de Ulzurrun en 2008 se obtuvo un módulo de elasticidad de 17 GPa y un valor de tensión de plastificación de 285 MPa. Estas propiedades hacen de ese material un gran candidato para aplicaciones navales, automotrices y aeroespaciales.

Es importante mencionar que al momento de trabajar con materiales compuestos de estructuras tipo sándwich se está manejando un material anisótropo, lo que quiere decir que las propiedades son direccionales, por lo que es necesario realizar diseños que tomen en cuenta la dirección de la fuerza y la orientación del material. Además, se debe tomar en cuenta que si se está trabajando con materiales de distintos orígenes es necesario prestar atención al coeficiente de expansión térmica para que no existan delaminaciones en el compuesto.

Implementación de fibras naturales

En la actualidad, se está investigando la implementación de fibras naturales como refuerzo en materiales compuestos de matriz polimérica. Kotik (2019) menciona que las principales motivaciones para esta investigación son los beneficios sociales, el costo y peso relativamente bajos, las buenas propiedades mecánicas y el hecho de que son materiales sustentables. Sin embargo; es necesario tomar en cuenta el proceso que requieren las fibras de origen vegetal para que no sufran una degradación antes de cumplir con su tiempo de vida.

Aplicado a la industria aeroespacial, los argumentos más beneficiosos serían la reducción en peso y costo, así como las buenas propiedades mecánicas que los materiales reforzados con fibras naturales pueden desempeñar. Entre las fibras naturales más destacadas se encuentran: fibra de corteza de banano, de coco, de abacá, de cáñamo, de lino de algodón y yute.

Si bien, lo deseable sería desplazar la utilización de fibras petroplásticas, de vidrio y de carbono por la contaminación que se genera al producirlas, es posible hacer combinación de fibras creando materiales híbridos que aprovechen las propiedades de los materiales naturales y así extraer los beneficios de ambos refuerzos. Pablo Daniel Mazón Ortiz (2018) realizó pruebas donde se caracterizó un material de matriz epóxica reforzada con una capa de fibra de video y dos capas de tejido con fibra de caña guadua y algodón, donde obtuvo que este compuesto posee un esfuerzo máximo de tracción de 131 MPa, un módulo de elasticidad en tracción de 2694.962MPa, un esfuerzo máximo de flexión de 124.61MPa, un módulo de elasticidad de flexión de 6601.54MPa y una resistencia al impacto de 6.01J. En la figura 2 se muestran las fallas que tuvieron las probetas en las pruebas realizadas por Mazón.



Figura 2. Falla de probetas de material compuesto de matriz epóxica reforzada con fibra de vidrio y tejido de fibras naturales de caña guadua y algodón. (Mazón, 2018)

Con los resultados de la prueba anterior se demuestra que el material puede desempeñar funciones semiestructurales como las que actualmente son desempeñadas por laminados con fibra de carbono o fibra de vidrio sola. Asimismo, se han realizado estudios en materiales compuestos híbridos de abacá-vidrio-poliéster y abacá-vidrio-propileno para promover la utilización de fibras naturales en conjunto con fibras sintéticas.

Por otra parte, una manera de incorporar fibras naturales a materiales compuestos híbridos es por medio de la realización de paneles estructurales tipos sándwich. Chithra Devi, Girimurugan, Nanthakumar, Rajasekaran, Hasane Ahammad y Joe Patrick Gnanaraj (2022) realizaron estudios donde se caracteriza un material híbrido compuesto por un laminado con fibras de agave sisal y banano, matriz de resina epóxica, y un núcleo formado por un honeycomb de cartón. Como resultado de las pruebas realizadas se obtuvo que en base a la configuración de las fibras es posible alcanzar un esfuerzo máximo a la tensión de 88 MPa, un esfuerzo máximo a la flexión de 123 MPa y una resistencia al impacto de 4.5 J. Por lo que se considera un material competitivo en base a sus cualidades mecánicas. En la figura 3 se muestra un diagrama de la composición del material a probarse.

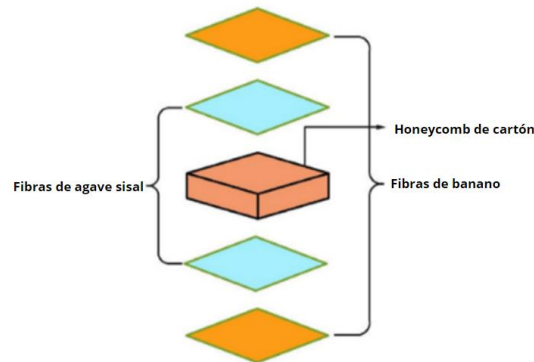


Figura 3. Composición del material tipo sándwich con fibras naturales de banano y agave sisal. (Chithra Devi et al., 2022)

La incorporación de fibras naturales tanto a materiales compuestos como a materiales híbridos permite un desempeño mayor o igual a otros tipos de fibras, mientras se obtienen beneficios como: menor costo de producción, mayor disponibilidad de recursos para refuerzo y el beneficio social de promover la reducción en la huella de carbono en la producción de materiales. Para la industria aeroespacial, el uso de materiales compuestos e híbridos con fibras naturales es factible en base a las propiedades mecánicas que presentan, además de obtener los beneficios económicos y ambientales que traen consigo las fibras de origen natural.

Aplicaciones aeroespaciales

La utilización de materiales compuestos y materiales compuestos híbridos es fundamental en la industria aeroespacial, pues actualmente la mayoría de las aeronaves cuentan con elementos de distintos compuestos fibrosos, así como estructuras tipo sándwich. Una gran cantidad de empresas de aviación comercial han optado por implementar este tipo de materiales puesto que está comprobado que estos, al reducir peso, logran un ahorro de combustible de hasta el 20% y por ende una disminución igual en las emisiones de dióxido de carbono (Restrepo, Loaiza, 2012).

La empresa Boeing cuenta con modelos donde la mayoría de los elementos exteriores están conformados por materiales compuestos. En la figura 4 aprecia que la aeronave Boeing 787 Dreamliner está constituida 50% por materiales compuestos y materiales híbridos de acuerdo a lo mencionado por Restrepo y Loaiza (2012). Principalmente el exterior del avión se compone de láminas de fibras de carbono y paneles tipo sándwich de fibra de carbono con núcleo de panal de abeja. Los materiales híbridos tipo sándwich se encuentran en el recubrimiento de los motores, así como en superficies de control primarias (timón de dirección y elevadores) y secundarias (aletas marginales), partes donde se acumulan los esfuerzos aplicados.

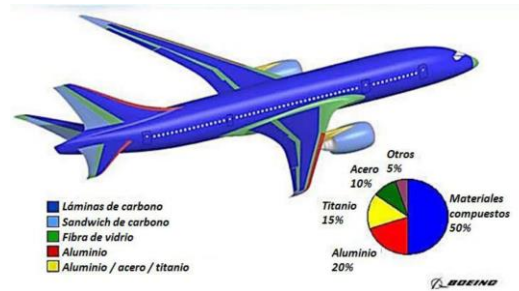


Figura 4. Composición de un Boeing 787 Dreamliner. (Restrepo, Loaiza, 2012)

De igual manera, la compañía Airbus utiliza materiales compuestos para los recubrimientos exteriores del modelo A350 XWB. A esta aeronave también se le conoce como el “avión verde” puesto que, al estar constituido en su mayoría por materiales compuestos de fibras y matriz epóxica, cuenta con un consumo de combustible 25% menor al de sus competidores fabricados de aluminio (Carbone, 2016). En la figura 5 se muestra los materiales utilizados y su ubicación para la construcción del A350 XWB.

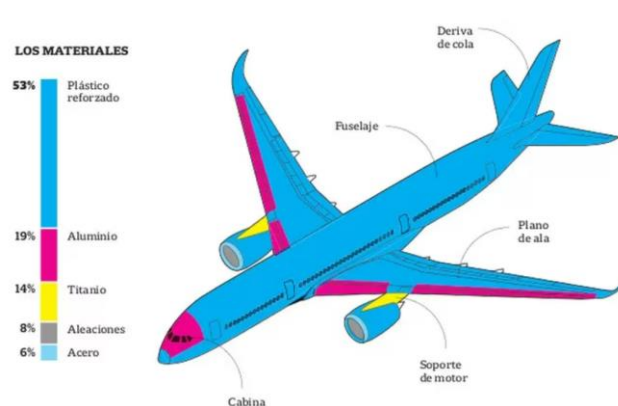


Figura 5. Composición de un A350 XWB. (Carbone, 2016)

La empresa Airbus también utiliza materiales híbridos tipo sándwich como lo es GLARE[®], el cual es material constituido por láminas apiladas de aluminio y material compuesto de matriz epóxica y fibra de vidrio. Los nuevos modelos de la aeronave Airbus A380 cuentan con 27 paneles de GLARE[®] principalmente en el fuselaje, estos le permiten reducir peso no solo por el material del recubrimiento, sino que este material necesita una menor cantidad de refuerzos para sostenerse. (Gardiner, 2016).

La utilización de materiales híbridos como GLARE[®] y MaLECoN destacan la utilización de laminados de fibra con matriz epóxica y refuerzo metálico en la industria del transporte, puesto que al implementar el núcleo metálico aumenta la resistencia mecánica; no obstante, existe la limitante del coeficiente de expansión térmica. Ambos ejemplos mencionados utilizan fibra de vidrio; sin embargo, queda abierta la posibilidad de estudiar utilizar fibras de diverso origen para generar materiales avanzados mediante la creación de paneles tipo sándwich con futura aplicación estructural aeroespacial para recubrimientos exteriores en aeronaves.

Los materiales compuestos y materiales híbridos desempeñan un papel esencial, no solo en la aviación comercial, sino que estos tienen aplicaciones en aviones de combate, helicópteros y vehículos espaciales. Actualmente, se sigue trabajando en la mejora y optimización de materiales híbridos, siendo así un mercado cotizado y un área de

oportunidad para investigadores de diversas ramas como lo son: la ingeniería de materiales, ingeniería mecánica o ingeniería aeroespacial.

Comentarios Finales

Conclusiones

La utilización de materiales compuestos y materiales compuestos híbridos en la industria aeroespacial ha logrado una mejora exponencial en el rendimiento de aeronaves; sin embargo, todavía es posible progresar. Con la presente investigación se demostró la necesidad de estudiar el desempeño mecánico de distintos materiales como lo son las combinaciones entre materiales híbridos y los materiales compuestos de fibras naturales puesto que ambos traen beneficios destacables en los rubros estructurales y de costos.

La implementación de fibras naturales en los materiales compuestos permite encontrar una opción sustentable con la que se logra reducir costos de producción. Asimismo, se tiene una fuente constante de materia prima sin pérdidas en el rendimiento estructural del material. Por otra parte, la utilización de materiales compuestos tipo sándwich permite hacer una reducción notable en el peso o generar un aumento significativo en la resistencia mecánica.

Es por esto que a partir de los datos obtenidos por medio de la revisión bibliográfica se concluyó que los materiales híbridos a base de fibras naturales con refuerzo metálico tienen un amplio abanico de aplicaciones en la industria aeroespacial como lo es en la construcción de superficies exteriores e interiores en aeronaves.

Recomendaciones

Como trabajo futuro se propone manufacturar y llevar a cabo pruebas experimentales donde se utilicen diferentes proporciones de fibras naturales (entre ellas fibras de abacá, yute, coco, banano, caña, etc.) en materiales compuestos tipo sándwich, donde el núcleo sea una lámina metálica (preferentemente aluminio). También es pertinente realizar pruebas donde el material de la piel esté conformado por fibras sintéticas y naturales, ya sea en fibras largas o en tejido.

Referencias

- Carbone, F. (2016). *El mejoramiento genético también llegó a la industria aérea*. La Nación. <https://www.lanacion.com.ar/economia/el-mejoramiento-genetico-tambien-llego-a-la-industria-aerea-nid1885418/>
- Chithra Devi, R., Girimurugan, R., Nanthakumar, S., Rajasekaran, P., Hasane Ahammad, S., Joe Patrick Gnanaraj, S. (2022). Experimental study of mechanical properties of Sisal/banana fiber hybrid sandwich composite. *Materials Today: Proceedings*, 68(5), 1793-1799. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.10.082>
- Federal Aviation Administration. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook—Airframe*. U.S. Department of Transportation. https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/amt_airframe_hb_vol_1.pdf
- Galindo, J. (2019). *Manufactura y caracterización mecánica de estructuras tipo sándwich fabricadas por infusión al vacío para componentes aeronáuticos* [Tesis de maestría, Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial]. <https://cidesi.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1024/388/1/M-JTGG-2019.pdf>
- García, M. (2012). *Materiales híbridos orgánicos-inorgánicos basados en disilanos como unidades estructurales* [Tesis de doctorado, Universitat Politècnica de València]. <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16982/tesisUPV3909.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gardiner, G. (2016). *The resurgence of GLARE*. *Composites World*. <https://www.compositesworld.com/articles/the-resurgence-of-glare>
- Guerrero, V., Dávila, J., Galeas, S., Pontón, P., Rosas, N., Sotomayor, V., Valdivieso, C. (2011). *Nuevos Materiales Aplicaciones Estructurales*. <https://www.researchgate.net/publication/262524558>
- Herreros, M., Suárez, J., Pinilla, M., Miguel, S., Lopez, F., Diez de Ulzurrun, I. (2008). *MaLECoN: un nuevo material híbrido laminado fibra-metal para construcción naval*. <https://oa.upm.es/4229/>
- Iza, M. (2012). *Modelación de un sistema estructural alternativo, prefabricado de bajo peso, para una vivienda de dos pisos. (paneles metálicos con inyección de poliuretano de alta densidad)* [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5986/1/CD-4765.pdf>
- Kotik, H. (2019). Fibras naturales y compuestos reforzados con fibras naturales: la motivación para su investigación y desarrollo. *Revista Matéria*, 24(3). <https://www.scielo.br/j/rmat/a/cHyhNKhpdxKWkddvQGPQnn/?lang=es&format=pdf>
- Mazón, P. (2018). *Caracterización mecánica del material híbrido de matriz epóxica reforzada con fibra de vidrio y tejido de fibras naturales de caña guadua y algodón para la determinación de propiedades mecánicas en aplicaciones industriales* [Tesis de grado, Universidad Técnica De Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28763/1/Tesis%20I.%20M.%20M.%20484%20-%20Maz%20c3%b3n%20Ort%20c3%adz%20Pablo%20Daniel.pdf>

Restrepo, A., Loaiza, H. (2012). Modelo de estimación diferencial de la propagación térmica en 3D mediante diferencias finitas. *Sistemas & Telemática*, 10(21), 9-26. <https://www.redalyc.org/pdf/4115/411534388001.pdf>

Zurita-Caisaguano, J., Coello-Tapia, L., Jácome-Guevara, J. (2022). Análisis sistemático de estructuras de materiales compuestos (carbono-epoxi) tipo sándwich, utilizadas en aplicaciones aeronáuticas. *Dominio de las Ciencias*, 7(2), 886-906. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2682>

Prototipo Robótico Automatizado para Costura e Inspección de Bolsas de Aire

Alfredo Olivas Mendoza¹, Luis Carlos Méndez González², Osslan Osiris Vergara Villegas³

Resumen—Las bolsas de aire son cojines inflables que protegen a los tripulantes de golpearse con el interior de un vehículo u otros objetos durante una colisión. Las bolsas de aire pueden salvar vidas, por lo tanto, su manufactura es un proceso crítico. Para apoyar el proceso de producción de bolsas de aire, se fabricó un prototipo robótico automatizado para coserlas e inspeccionarlas. El prototipo se construyó bajo los parámetros definidos por la industria automotriz y sus partes principales son la estación de carga y descarga, la máquina de coser, el robot colaborativo y el sistema de visión por computadora. El prototipo fue instalado y probado con éxito en una planta de Chihuahua, México. Como resultado del proceso de pruebas se comprobó que el prototipo puede realizar la producción y lecturas de ciclo de la unidad de operación bajo los estándares de la industria automotriz.

Palabras clave— Robot Colaborativo, Bolsas de Aire, Seguridad en Vehículos, Coser, Inspección Automática.

Introducción

La industria automotriz es uno de los pilares más importantes de la economía mundial. Particularmente en México, la producción de vehículos se incrementó en un 14% durante el primer semestre de 2023 (Alvarez, 2023). El proceso de producción de un vehículo es complejo, y uno de los elementos prioritarios consiste en la inclusión de elementos de seguridad para los tripulantes (Bayer et al. 2023).

Los elementos de seguridad típicos de un vehículo moderno son los cinturones de seguridad, las bolsas de aire, los frenos antibloqueo (ABS), el control de tracción y de estabilidad, el monitoreo de la presión de las llantas y la cámara de reversa (Sekar et al. 2023). Durante una colisión, las bolsas de aire protegen a los pasajeros de golpearse con el interior del vehículo o con otros objetos. Por lo tanto, se debe poner especial atención en el proceso de manufactura de las bolsas de aire (Khandelwal & Manoov, 2017).

El módulo de las bolsas de aire se diseña para inflarse y después desinflarse rápidamente durante una colisión e incluye una bolsa de tela flexible, el sistema de inflado y el sensor de impacto. Hay cuatro tipos principales de bolsas de aire: frontales, laterales, de rodilla y de cortina trasera. Sin embargo, aun cuando las bolsas de aire se incluyen en un vehículo para proteger al pasajero, en muchas ocasiones también les causa lesiones (O'Donovan et al, 2020).

El nylon 6.6, el polyester y el kevlar son los materiales más utilizados para fabricar las bolsas de aire. Además, la tecnología involucrada en el proceso de manufactura de las bolsas de aire es compleja (Ali et al., 2020). En la primera etapa el material se corta en paneles circulares con una cortadora laser. Después, la bolsa se ensambla con dos piezas circulares de telas cosidas entre sí. Inmediatamente después, se realiza la inspección de calidad visual de las costuras. Finalmente, si la bolsa cumple con los criterios de calidad se dobla cuidadosamente de manera similar a como se hace con un paracaídas (Nayak et al., 2013).

La etapa en la que la bolsa de aire se cose es un proceso artesanal que realiza con mucho cuidado por operadores experimentados, de lo contrario, la bolsa no se inflara de manera adecuada. Además, se debe asegurar que las puntadas sigan un patrón definido. Por lo tanto, para realizar y verificar la producción de bolsas de aire, se diseñó y fabricó un prototipo robótico automatizado cuyas partes principales son la estación de carga y descarga, la máquina de coser, el robot colaborativo y el sistema de visión por computadora.

Diseño y Fabricación del Prototipo

En la Figura 1, se muestra el esquemático del prototipo robótico fabricado. Todos los elementos fueron agrupados en una estación de manufactura con el objetivo de trabajar en conjunto para el proceso final. El elemento principal es un brazo robótico colaborativo UR3e de “Universal Robots” (UR3e Collaborative Robot, 2023).

1 Alfredo Olivas Mendoza es alumno de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Además, es el director del área de Finanzas de Durol Sistemas y Servicios. a182833@alumnos.uacj.mx

2 Dr. Luis Carlos Méndez González es profesor investigador del departamento de ingeniería industrial y manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. luis.mendez@uacj.mx

3 Dr. Osslan Osiris Vergara Villegas es profesor investigador del departamento de ingeniería industrial y manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. overgara@uacj.mx

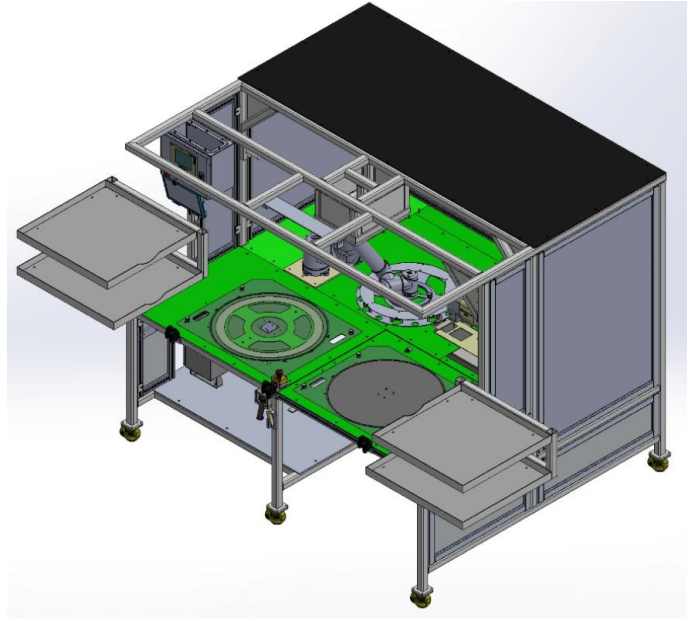


Figura 1. Esquemático del prototipo robótico.

El brazo del robot fue empotrado en una base y se compone de juntas y tubos. Después, contiene un hombro en cuyo extremo se conecta el instrumental que sujetará la bolsa de aire para colocarla en la estación de coser, y girarla durante el proceso de costura. Además, al final del brazo se colocó la cámara industrial para realizar el proceso de inspección.

Para manipular el brazo robótico se desarrolló una interfaz gráfica de usuario. El objetivo es que un operador le pueda “enseñar” al robot la trayectoria que se debe seguir al coser. El operador manipula con sus manos el robot y se detiene en puntos específicos los cuales son grabados en un script. Además, en la interfaz se pueden correr y crear nuevos programas para la manipulación del robot. Con la función PolyScope se apoya el posicionamiento del robot y se programan la serie de movimientos que el robot debe realizar cuando vaya a coser (Kanipu et al., 2020).

Cuando la bolsa es colocada en la estación de prueba se activa el proceso de producción. El robot toma la bolsa y la comienza a girar para seguir una trayectoria definida. La máquina de coser es controlada en su parámetro de velocidad y tipo de costura. Además, mientras se realiza la costura, el sistema de visión realiza el análisis de la puntada y ofrece un reporte final del proceso (Kosaka et al., 2022).

Las pruebas automatizadas, se realizaron con el objetivo de detectar fallas. Una falla se genera cuando el sistema no puede coser de manera correcta una bolsa de aire. en el caso que este no pueda coser de forma los equipos o productos, y de tal manera reemplazar la ejecución de pruebas manualmente. En este caso en específico, la realización de las pruebas a los equipos de coser, son colocados y conectados por el usuario, para que después el equipo, realice las pruebas necesarias, y de esta manera validar la secuencia que esta tiene. Gracias a las corridas de prueba, se logró validar el sistema y como consecuencia, se mejoró el desempeño. El beneficio directo se observa en que se genera menos desperdicio de material.

Descripción del Método

La base del prototipo robótico fue desarrollada mediante el software de diseño asistido por computadora (CAD) SolidWorks y programada con PLC's siemens. El objetivo de la máquina fue duplicar la producción de bolsas de aire que actualmente realiza el cliente. Para comenzar, se realizó una prueba manual, para entender completamente todo el proceso de producción. De tal forma se pudo desarrollar paso a paso el método para la manufactura total del producto.

El prototipo se desarrolló bajo la premisa de reducir el tiempo de ciclo manual. El objetivo es reducir los tiempos de despliegue, por lo que la automatización agiliza el tiempo en el que se fabrica el producto. Las empresas se enfocan en automatizar las actividades repetitivas que no demanden inteligencia humana, y así, poder dedicar un mayor tiempo a las pruebas críticas y a potenciar la calidad del producto final, dejando las actividades básicas a las pruebas automatizadas.

Después del análisis se hizo la propuesta y se diseñó el prototipo de la máquina de coser. El diseño del prototipo es completamente editable para cualquier modificación que se pudiera presentar. Los cambios se pueden realizar en los materiales, en las dimensiones y en la localización de cada uno de los equipos de prueba.

Una vez que se realizó el diseño del prototipo, se comenzó con la realización de la interfaz hombre-máquina con el fin de realizar el monitoreo de comunicación de la maquina con el usuario y sus componentes. Además, con la interfaz se pudo comprobar que se cumpliera con todas las funcionalidades. La interfaz se realizó mediante el software de programación TIA portal (Balla et al., 2023). TIA portal es un programa sencillo e intuitivo para crear sistemas hardware, y software de prueba, que permite integrar tanto la programación como el monitoreo de una máquina. En la Figura 2 se muestra la interfaz gráfica de usuario para el prototipo desarrollado.

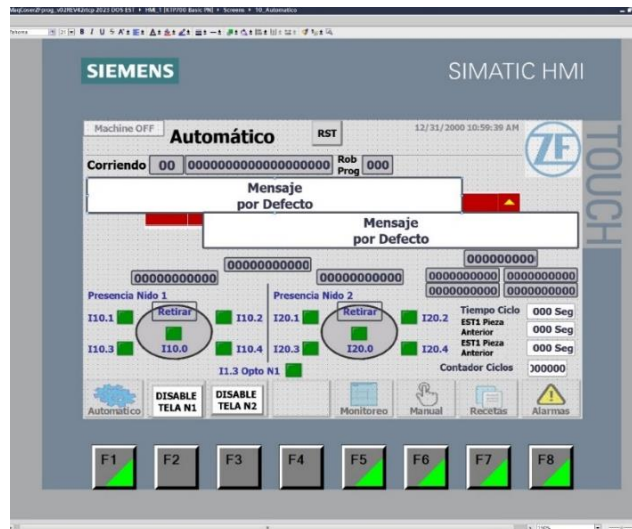


Figura 2. Interfaz gráfica de usuario para el prototipo robótico de costura.

Después de realizar la interfaz gráfica se comenzó con la construcción del prototipo. La construcción se realizó con la ayuda de planos en dos dimensiones obtenidos a partir del diseño en 3D. En la Figura 3 se muestra el prototipo construido, como se puede observar se tuvo mucho cuidado con el proceso de dimensionamiento.



Figura 3. Prototipo robótico para costura e inspección de bolsas de aire.

Después de la construcción del prototipo se procedió a la realización de pruebas de costura, esto como actividades finales y así verificar los errores que existían al momento de coser y a su vez realizar las modificaciones necesarias que se fueran requiriendo. En la Figura 4, se muestra un acercamiento de la máquina de coser y del proceso de sujeción de la bolsa de aire.



Figura 4. La máquina de coser y la sujeción de la bolsa de aire.

Resultados

El prototipo se desarrolló a lo largo de un año como parte de un desarrollo para la industria automotriz. Además, en la estación se utilizaron componentes de buena calidad, siempre teniendo en cuenta los costos. Es decir, se buscó un equilibrio entre costo y calidad. Los materiales, componentes y refacciones, son fáciles de encontrar en el mercado, por lo que la construcción del prototipo no requiere de materiales difíciles y puede ser replicado. El día de hoy, se espera la masificación para obtener mejores resultados y más venta del producto.

En conjunto el prototipo realizado ofrece la posibilidad de realizar pruebas de funcionamiento automatizadas, para así poder determinar si el robot de costura cose de la manera ideal y en el tiempo que está predefinido por el cliente. Las mediciones se pueden obtener gracias a la estructura de programación visual gráfica que se implementó por medio del software TIA Portal. El recorrido diseñado para robot es el encargado de realizar la costura en la bolsa de aire la cual es sometida a prueba, y de esta manera el robot toma el plato que contiene la bolsa de aire sujeta mediante electroimanes y lleva el plato hacia la máquina de coser y prosigue al trabajo de costura, después, es llevado a su punto de inicio para su inspección. Si la pieza es buena se acepta y si no es una pieza rechazada.

En la Figura 5 se muestra el ejemplo de una costura correcta y una incorrecta. La bolsa de la izquierda fue cosida correctamente. Mientras que, en la bolsa de la derecha se puede apreciar que tiene una doble costura por lo que la bolsa es rechazada.

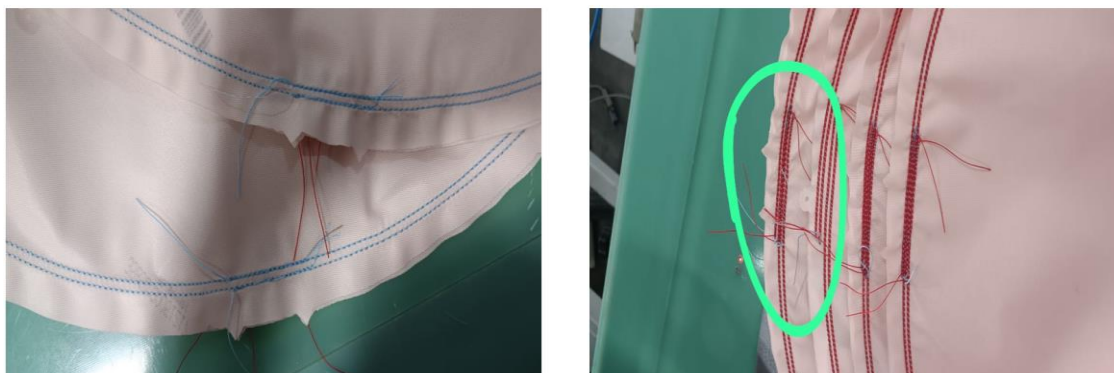


Figura 5. A la izquierda se observa una bolsa correcta, a la derecha una bolsa incorrecta.

El proceso de inspección de calidad se realiza al momento en el que se realiza el proceso de costura. Se realizó un conjunto de 100 pruebas para verificar la exactitud del proceso. El proceso de inspección se basa en la técnica de aprendizaje profundo (Deep Learning). Al final del proceso de pruebas se obtuvo una efectividad del 97.7% pudiendo realizar la inspección dentro del tiempo de ciclo establecido, el cual es menor al realizado con el proceso manual.

Conclusiones

El equipo automático de costura para bolsas de aire fue un desarrollo exitoso, debido a que se cumplió cabalmente con las expectativas del cliente. El proceso de fabricación, costura e inspección de la bolsa de aire se realiza de forma exitosa en tiempo real.

La realización del proyecto resultó un gran desafío. El proceso de aceptación del cliente fue muy demandante y con una calidad que debía ser excepcional y crítica. Afortunadamente, se pudieron realizar todas y cada una de las actividades en tiempo y forma, basadas en un cronograma de actividades. Dichas actividades se definieron desde el inicio del proceso de planificación del proyecto.

En un futuro, se buscará realizar cambios para poder hacer más eficiente la funcionalidad del equipo, y así poder tener un mayor rango de producción que acapare más tipos de bolsas de aire, así como la optimización del equipo mismo para su mejor aprovechamiento dentro de la maquiladora y que esta no ocupe demasiado espacio. Asimismo, no se debe olvidar el factor económico del equipo, y para ello, se continuará con la reducción de costos al buscar nuevos componentes que ayuden con las tareas que se requieran añadir, pero con un bajo costo y de buena calidad.

Referencias

- Ali, S., Abdalla, I., Elamin, M., Ahmed, H., Jiang, X. "Enhancing the Properties of Nylon 66 Fabric Coated with a Combination of PVA and SiO₂ Nanoparticles Composite for Vehicle Airbag Application," *Journal of Industrial Textiles*, vol. 51, no. 2, pp. 3330-3346, 2022.
- Alvarez, L. "COVID-19 Crisis and the Automotive Industry in Mexico: Public Policies and Firm Strategies," *International Journal of Automotive Technology and Management*, vol. 23, no. 1, pp. 42-59, 2023.
- Balla, M., Haffner, O., Kucera, E., Ciganek, J. "Educational Case Studies: Creating a Digital Twin of the Production Line in TIA Portal, Unity, and Game4Automation Framework," *Sensors*, vol. 23, no. 10, pp. 1-35, 2023.
- Bayer, S., Enderle, T., Kengo, D., Wolf, M. "Automotive Security Testing-The Digital Crash Test," *Proceedings of the 3rd CESA Automotive, Electronics Congress*, vol. 1, Paris, Francia, pp. 13-22, 2016.
- Kanipu, M., Materna, Z., Bambusek, D., Beran, V. "End-User Robot Programming Case Study: Augmented Reality vs. Teach Pendant," *Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, New York, USA, pp. 281-283, 2020.
- Khandelwal, D., Manoov, R. "Airbag ECU Coupled Vehicle Accident SMS Alert System," *Proceedings of the 2017 International Conference on Inventive Computing and Informatics (ICICI)*, Coimbatore, India, pp. 82-87, 2017.
- Kosaka, N., Du, M., Okamiya, Y., Hirata, K., Tamura, M., Chida, Y., Tanemura, M., Yamazaki, K., Kataoka. "Control System Development for Automation of Curve Sewing Operations and Experimental Verification," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 55, no. 27, pp. 31-36, 2022.
- Nayak, R., Padhye, R., Sinnappoo, K., Arnold, L., Behera, B. "Airbags," *Textile Progress*, vol. 45, no. 4, pp. 209-301, 2013.
- O'Donovan, S., Van Den, C., Baldock, M., Byard, R. "Injuries, Death and Vehicle Airbag Deployment," *Medicine, Science and the Law*, vol. 60, no. 2, pp. 147-149, 2020.
- Sekar, A., Azess, M., Al-Turjman, F. "A Comprehensive Survey on Security Issues in Vehicle-to-Grid Networks," *Journal of Control and Decision*, vol.10, no. 2, pp. 150-159, 2023.
- UR3e Collaborative Robot. <https://www.universal-robots.com/products/ur3-robot/>. Accessed: 01-08-2023.

Fabricación de un Adoquín Ecoeficiente Incorporando Residuos de Caucho Recuperado de Neumáticos

Ing, Adriana Karolina Ortega Medina¹, Dr. Sergio Valle Cervantes², Dr. César Alfonso Valdés Ramírez³, Dr. Roberto Valencia Vázquez⁴, Dr. Luis Armando de la Peña Arellano⁵, M.C. Rafael Lucho Chigo⁶

Resumen—En este artículo se presentan los resultados de una investigación que tenía como principal objetivo analizar el impacto ambiental generado por fabricar adoquines, mediante la aplicación de un Análisis de Ciclo de Vida, los cuales presentan una adición de caucho triturado obtenido de llantas desechadas, proporcionando resistencias aceptables por normativa. Se utilizó material de las llantas fuera de uso con el fin de lograr una reducción en los volúmenes de este tipo de desecho, ya que actualmente es una de las principales problemáticas medioambientales.

De acuerdo con las diversas pruebas analizadas se obtuvo un diseño de adoquín con las siguientes características: resistencia a la compresión de 287 kg/cm², absorción a la humedad de 10.5 % y una mitigación al ambiente de dióxido de carbono del 25 %.

Palabras clave— Adoquín, caucho, análisis de ciclo de vida (ACV)

Introducción

El reciclaje desempeña un papel importante para la conservación del medio ambiente, sobre todo de aquellos productos que tienen una composición compleja como es el caso de los neumáticos. Ya que estos tienen una degradación lenta y propicia la generación de fauna nociva y aumenta significativamente la posibilidad de grandes incendios. Por ello se busca dar un nuevo uso a las llantas desechadas, con la finalidad de reducir estos impactos y buscar alternativas que sean rentables y aplicables.

Una de las áreas con mayor capacidad de aprovechamiento de este desecho, es la construcción, ya que las características con las que cuenta el caucho ensambla con las que se busca en los elementos constructivos. Por ejemplo, alta resistencia para soportar abrasión, durabilidad, repelente de agua, resistencia química y térmica, entre otros.

En este proyecto se trabajó para encontrar un diseño para un adoquín, el cual está modificado con caucho granulado, obtenido de llantas desechadas. Se realizaron 18 diseños con diferentes proporciones de cemento, arena, agua y caucho en dos diferentes tamaños 3 y 5 mm. Obteniendo un total de 216 especímenes los cuales se dividieron en tres pruebas de ensaye: Resistencia a la compresión, absorción de humedad, abrasión.

A estos dieciocho modelos diferentes se les aplicó un análisis de ciclo de vida, de acuerdo con la metodología ReCiPe, con ayuda del software SimaPro, el cual facilitó la obtención de los resultados en diversas categorías de impacto ambiental. Una de ellas es presentada en los resultados del presente y se denomina como “Índice de Cambio climático (ICC)” la cual consiste en determinar la cantidad de kilogramos que se producen de dióxido de carbono (CO₂) por alguna actividad, proceso o producto, en este caso es por la fabricación de los diferentes modelos mencionados. Los cuales se compararon con los procedimientos en donde se fabricaron adoquines con tres dosificaciones diferentes, pero sin añadir caucho.

Una vez determinados los resultados de las pruebas y del impacto ambiental, con ayuda de una optimización de respuesta se logró determinar el mejor diseño para fabricar adoquines.

Metodología

Procedimiento de fabricación

1. Modelado

Como primera instancia de acuerdo con bibliografía se encontraron diseños de diversos adoquines, de los cuales se tomó el mejor el cual consistía en una dosificación de 1:4 (una parte de cemento por cuatro partes de agregado fino). En seguida se optó por realizar diseños de 1:3 y 1:5, incluyendo el elegido bibliográficamente. Después se buscó en el mercado los diferentes tamaños que tenía el caucho ya granulado, y se encontraron de 3 y 5 mm. Y finalmente se eligió trabajar con 3 porcentajes diferentes de agregado (arena) sustituido por el caucho 5, 7 y 9%.

¹ Ing. Adriana Karolina Ortega Medina Estudiante de maestría en el Inst Tecnológico de Durango

² Dr. Sergio Valle Cervantes Catedrático en el Instituto Tecnológico de Durango

³ Dr. César Alfonso Valdés Ramírez Catedrático en el Instituto Tecnológico de Durango

⁴ Dr. Roberto Valencia Vázquez Catedrático en el Instituto Tecnológico de Durango

⁵ Dr. Luis Armando de la Peña Arellano Catedrático en el Instituto Tecnológico de Durango

⁶ M.C. Rafael Lucho Chigo Catedrático en el Instituto Tecnológico de Durango

Una vez contemplados los parámetros a utilizar, con ayuda de software estadístico se realizaron de manera aleatoria las diferentes combinaciones que se pueden hacer, tomando en cuenta ejecutar 3 réplicas para cada diseño. Esto nos dio como resultado 18 diseños diferentes para las mezclas, por las 3 réplicas, nos dan 72 adoquines. Y estos se realizaron para tres pruebas diferentes (compresión, absorción y abrasión) que son las indicadas por normativa para los adoquines. Teniendo un total de 216 adoquines modificados con caucho. más los adoquines que se elaboraron sin caucho, pero con las mismas dosificaciones 1:3, 1:4 y 1:5, para poder elaborar una comparativa.

2. Selección y preparación de materiales

Se realizó una programación con ayuda de software para agilizar las cantidades de material que se emplean según las piezas que se deseen fabricar, como se muestra en la siguiente figura:

	PIEZAS 3mm			PIEZAS 5mm	
	1	310		1	5
CEMENTO (kg)	0.81	252.2	CEMENTO (kg)	0.81	4.1
AGUA (l)	0.52	161.4	AGUA (l)	0.52	2.6
ARENA (kg)	1.88	581.6	ARENA (kg)	1.88	9.4
CAUCHO (kg) 5%	0.10	30.6	CAUCHO (kg) 5%	0.10	0.5

Tabla 1 Tabla programada para el cálculo automático de materiales

En esta tabla 1 se indica ya sea el tipo de dosificación, el tamaño del caucho o el porcentaje añadido, según el tipo de diseño a ejecutar se elige la tabla correspondiente, en la figura 1, se observa un ejemplo de los diseños de 3 y 5 mm, de dosificación 1:3 y de 5 % de caucho añadido.

Una vez que se tenía las cantidades de cada material a emplear, se adquirió este, tomando en cuenta la indicación de la norma NMX-C-314-ONNCCE-2014. Así como sus indicaciones para la fabricación y lo correspondiente a los equipos requeridos.

3. Mezclado

De acuerdo con las diferentes dosificaciones, se sacaba el peso de cada material, para proceder a realizar el mezclado del material seco (cemento, arena y caucho). Este se realizaba mediante un proceso manual con ayuda de la herramienta correspondiente (palas). Una vez que se lograba una mezcla homogénea se añadía el agua, en la cantidad que se indicaba.

4. Vibro compactado

Se cuenta con una bloquera, a la cual se le acondiciono un molde especial con la figura del diseño del adoquín, en este caso fue del tipo "I" y de forma hexagonal.

El equipo se lubricaba adecuadamente para evitar que la mezcla se pegara. Se coloca en la base una especie de cimbra la cual también va lubricada, con el fin de contener el adoquín.

Una vez listo se añade el material y se procede a realizar un compactado, en seguida se vibra alrededor de 2 minutos. Se busca que la mezcla quede firme, homogénea y sin alguna fractura.

Después de ello se retira para su posterior reposo durante 24 horas.

5. Curado

Durante los próximos 28 días se realiza una humectación que es lo mismo que un curado, para permitir que el elemento logre su resistencia adecuada. Y al estar al aire libre se cubrían para evitar una rápida evaporación del agua.

Procedimiento para pruebas de ensaye

Como se mencionó anteriormente, este proyecto va dentro de las normas de construcción de adoquines, ya que se busca que cualquier elemento constructivo sea de calidad, para la seguridad de las personas y garantizar durabilidad.

Una vez terminado el curado se procedió a realizar las diferentes pruebas requeridas: Resistencia a la compresión, abrasión y absorción de agua.

1. Resistencia a la compresión (NMX-C-036-ONNCCE-2013)

Una vez que pasaron los días de curado los 72 especímenes que se requieren para la prueba pasaron por un proceso de secado, consiste en dejar por 24 horas en un horno eléctrico a una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. ya que se busca que todos tengan una masa constante.

Después con azufre se colocaba en las caras superior e inferior una capa de aproximadamente 1 cm, para lograr una superficie lo más uniforme posible. Finalmente, con una prensa hidráulica a cada pieza se le aplica una compresión hasta que el adoquín presentara falla.

2. Absorción a la humedad (NMX-C-037-ONNCCE-2013)

Se realizó el mismo proceso de secado. Una vez listos los especímenes se dejaron sumergidos en agua por 24 horas. Después de ello se pesaban, se realizaba un secado superficial, se tomaba el peso nuevamente, y se volvían a secar por otras 24 horas y tomar el peso. Con los tres pesos diferentes se obtenía un porcentaje de humedad.

3. Abrasión (NMX-C-314-ONNCCE 2014)

Para esta prueba se realizaban disparos con arena, utilizando una pistola y un compresor el cual debe de estar a una presión de 410 kPa, estos se realizaban por 1 minuto en diferentes partes del adoquín, Después con una masilla se rellenan las cavidades impactadas y se tomaba el peso. Con esto se obtenía la cantidad de material que el adoquín perdía al ser desgastado.

Procedimiento para el impacto ambiental

Una vez finalizada la fabricación, así como las pruebas requeridas, una parte fundamental del proyecto es el impacto ambiental. Ya que lo que se busca aparte de que sea funcional es el beneficio ambiental que este pueda traer.

Existen diversas herramientas para determinar el impacto ambiental, nosotros utilizamos el llamado “Análisis de Ciclo de Vida”, ya que este se considera una metodología amplia la cual ayuda a observar diversas vertientes afectadas.

Para realizar este proceso, se tomaron en cuenta las cantidades de material empleado para cada diseño, la cantidad de combustible que se requiere para el transporte de estos y la energía empleada para su fabricación. Así como la cantidad de emisiones que se generan de cada proceso de fabricación. Una vez contemplado todo, con ayuda del software “SimaPro” y la metodología “ReCiPe” que es la más actualizada, cargamos los datos mencionados y este a la vez nos arrojó las diferentes afectaciones que genera cada proceso de la elaboración de los adoquines.

Con ello se observó que lo más afectado es el indicador de calentamiento global, este indica las cantidades de dióxido de carbono (CO_2) que genera elaborar cada diseño, por ello se consideró como el indicado más significativo.

Resultados

De las pruebas de ensaye mencionadas, se considera la más importante la prueba de resistencia, ya que esta es la que representa tanto calidad como seguridad.

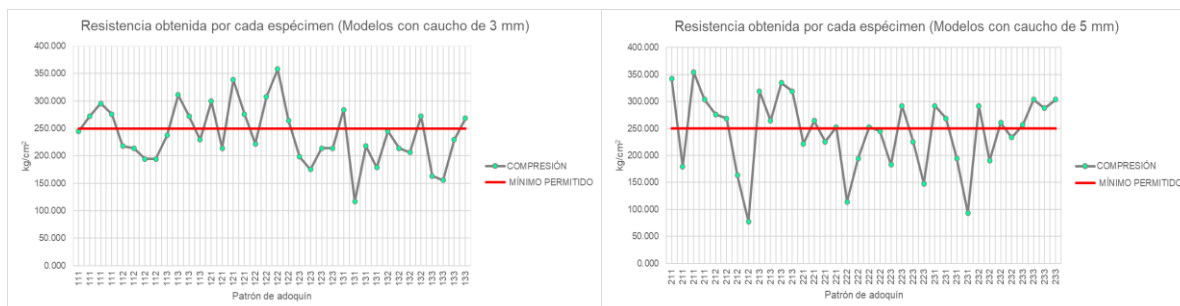


Figura 1 Resistencia presentada por adoquín

De acuerdo con la figura 1, se observa que los resultados de las resistencias son de manera dispersa. De lado izquierdo son aquellos que contienen caucho con partículas de hasta 3 mm de diámetro y de lado derecho hasta 5 mm

Para la elaboración del análisis de ciclo de vida, es necesario tener una delimitación como se muestra en la figura 2:

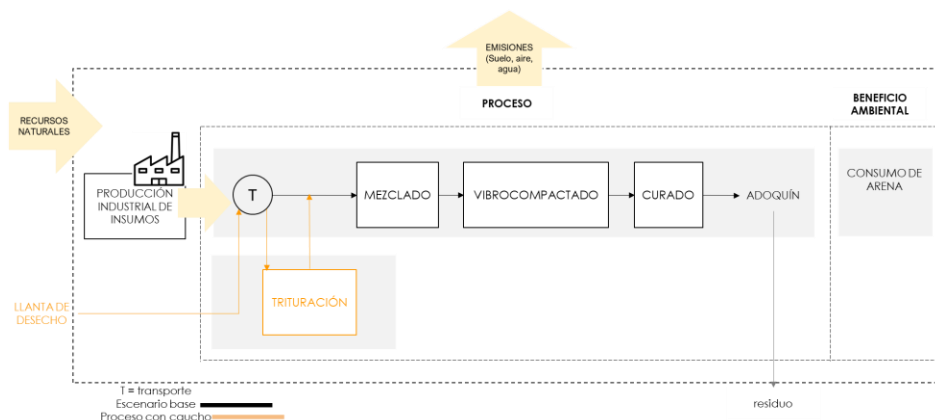


Figura 2 Diagrama de fronteras. Delimitación grafica del procedimiento utilizado

La figura 2, indica las etapas utilizadas para la fabricación del adoquín. De acuerdo con estas se determinaron tanto los materiales y combustibles empleados, así como el calculo de las emisiones generadas por cada una de ellas.

Una vez determinado lo anterior, con SimaPro, obtuvimos el siguiente grafico

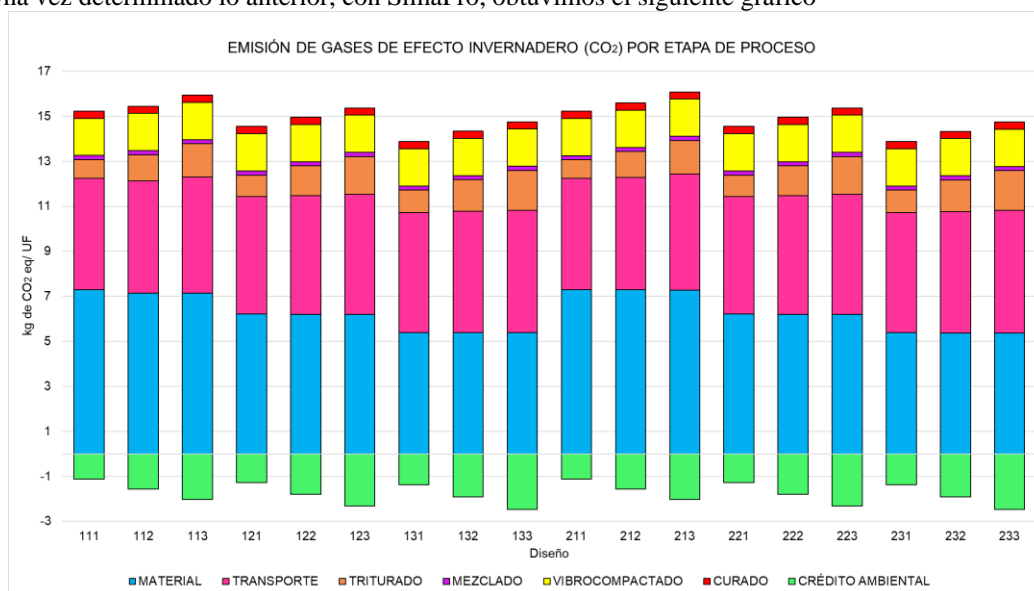


Figura 3 Generación de CO2 por cada etapa del proceso constructivo

La figura 3 nos indica la cantidad de kg que produce cada una de las etapas por las que pasa la fabricación del adoquín. Material, aquí se incluye desde la extracción de la materia prima, así como su debido procesamiento; el transporte de los materiales desde el punto de adquisición hasta el punto de fabricación; la trituración de las llantas; el mezclado con maquinaria; la vibro compactación; el curado de los adoquines; y finalmente apareced un crédito ambiental. Esta franja que se indica de manera negativa representa la mitigación, en otras palabras, los kg de CO2 que se evitan producir con ese modelo de adoquines.

Teniendo en cuenta los resultados de las tres pruebas de ensaye, así como la generación de CO2, se realizó una optimización de respuesta para determinar el mejor modelo, como se muestra en la figura 4. De acuerdo con esto nos dice que el mejor diseño para la fabricación del adoquín es aquel conformado por una dosificación 1:5, con un 9 % de material pétreo fino sustituido por el caucho de 5 mm.

Optimización de respuesta: Compresión, ICC, Abrasión, Absorción				
Parámetros				
Respuesta	Unidad	Inferior	Objetivo	Superior
Compresión	kg/cm ²	77.82	357.97	
ICC	kg de CO ₂		0.56	0.75
Abrasión	g		0	38.64
Absorción	%	4.11	11	16.49
Solución				
Solución	Tamaño	Dosificación	Porcentaje	
1	5	5	9	

Figura 4 Optimización de acuerdo con los 4 parámetros

Conclusiones

Para la prueba de resistencia a la compresión algunos diseños en las proporciones ideales proporcionaron resistencias superiores a lo esperado. Lo cual demuestra que la sustitución de la arena por el caucho es favorable. Para el caso de la prueba de absorción de agua, más del 50 % de los especímenes arrojaron resultados aceptables por norma, esto debido a la propiedad impermeable del caucho. En la prueba de desgaste no hubo alguna variación respecto a los adoquines sin caucho.

Las características del diseño seleccionado son: valor de compresión de 287 kg/cm² una absorción de 10.5% superando las especificaciones para un pavimento de tránsito peatonal. Asimismo, disminuye en un **25%** el índice de cambio climático (ICC) con respecto a un adoquín convencional.

Recomendaciones

Se observación ciertas variaciones en los resultados de las pruebas mecánicas, esto se atribuye principalmente a que se trabajo a cielo abierto, sin tener control de las inclemencias del clima, algunos días eran demasiado calurosos y no permitían la hidratación adecuada a los adoquines. Por ello se recomienda buscar un sitio en donde se pueda tener condiciones ambientales lo mas estable posibles para evitar ese tipo de variaciones, tanto por calor como por la hidratación que se debe aplicar.

Referencias

- Al-Bared, M. A. M., Marto, A., & Latifi, N. (2018). Utilization of Recycled Tiles and Tyres in Stabilization of Soils and Production of Construction Materials.
- Arena, A. P. (2017). GUÍA METODOLÓGICA: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., & Struijs, J. (2009). ReCiPe 2008: Un método de evaluación del impacto del ciclo de vida que comprende indicadores de categoría armonizados en los niveles de punto medio y punto final (PRIMERA).
- ISO 14040. (2006). Gestión ambiental—Evaluación del ciclo de vida—Principios y marco.
- ISO 14044. (2006). Gestión ambiental—Evaluación del ciclo de vida—Requisitos y directrices.
- Liu, L., Cai, G., Zhang, J., & Liu, X. (2020, diciembre 1). Evaluation of engineering properties and environmental effect of recycled waste tire-sand/soil in geotechnical engineering: A compressive review.
- NMX-C-036-ONNCE. (2013). RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES Y ADOQUINES.
- NMX-C-037-ONNCE. (2013). DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN TOTAL Y LA ABSORCIÓN INICIAL DE AGUA EN BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES.
- NMX-C-038-ONNCE. (2013). DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES- MÉTODO DE ENSAYO.
- NMX-C-109-ONNCE. (2013). CONCRETO HIDRÁULICO-CABECEO DE ESPECÍMENES.
- NMX-C-111-ONNCE. (2014). INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AGREGADOS PARA CONCRETO HIDRÁULICO - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO.

NMX-C-314-ONNCCE. (2014). ADOQUINES PARA USO EN PAVIMENTOS-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS E ENSAYO.

Yilmaz, A., & Degirmenci, N. (2009). Possibility of using waste tire rubber and fly ash with Portland cement as construction materials. *Waste Management*, 29(5), 1541-1546. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.11.002>

Elaboración de una Plataforma Institucional para Clases en Línea y el Área Administrativa

Juan Carlos Perez Noriega¹, Dr. Luis Carlos Méndez González²,
Dr. Israel Ulises Ponce Monárrez³

Resumen—Una empresa que ofrece cursos de inglés, cuenta con 3 planteles. Se imparten clases en la industria maquiladora y al público en general, sin embargo, la empresa no cuenta con ninguna base de datos, ni con un sistema para ayudarla a mantener un excelente control en la parte administrativa. Se obtuvo la base de datos de la escuela con las especificaciones que se requieren, una plataforma virtual, en donde los alumnos son capaces de tomar clases en línea, ver sus calificaciones, descargar material etc., asimismo un apartado en donde se lleva el control del área administrativa. De las implicaciones que se tienen una es la reducción de la pérdida de capital, y de quejas ya que todo es registrado en sistema. Se abrió un nuevo mercado que son las clases en línea, dando un considerable incremento de ingresos y un buen control del área administrativa en todos los planteles.

Palabras clave—Base de datos, Aplicación, ASP.NET, Visual Studio, Plataforma Escolar.

Introducción

En una empresa dedicada a ofrecer cursos de inglés, se realizó una encuesta a los 650 alumnos del plantel matriz preguntado si alguna vez habían tenido inconvenientes con sus pagos, calificaciones, entrega de libros, constancias o en su defecto problemas con algún profesor y más del 90 % respondió que no había tenido ningún problema, pero al realizar la misma encuesta en el nuevo plantel que contaba con alrededor de 100 alumnos para octubre de 2019 más del 50 % alegaba que había llegado a tener problemas con los pagos y con el control que se llevaba respecto a su información tales como calificaciones, adeudos, libros etc.

Se debe agregar que inicialmente el problema estaba enfocado a la parte administrativa, sin embargo, en el año 2020 se inició con la educación a distancia derivado de la pandemia por COVID-19 agregando esto al problema que se desea resolver. Debido a esto fue como en el 2021 se optó por cerrar uno de los planteles ya que no era sostenible debido a que los ingresos de la empresa disminuyeron considerablemente, esto a causa de que al no llevar una buena administración y al no tener una buena plataforma para las clases en línea, muchos de los alumnos se dieron de baja y las empresas en donde se laboraba cerraron al ser declaradas no esenciales, llevando a la empresa a reajustar toda su parte administrativa y obligándola a adaptarse a la nueva normalidad.

Para resolver el problema se realizará toda una plataforma web para clases en línea, una aplicación de escritorio y unas bases de datos. Este sistema debe de ser capaz de monitorear los ingresos y todo lo realizado en el área administrativa de todos los planteles, cualquier movimiento que se realice quedara registrado en la base de datos, se abrirá un nuevo mercado para las clases en línea, además de que se estará preparado para alguna contingencia como la sucedida en el 2020 del COVID-19, ya que se mostró la importancia de contar con una plataforma, para que la empresa pueda seguir funcionando y estar a la vanguardia de las nuevas tecnologías.

El proyecto propuesto, ayudara a reducir los problemas del faltante o sobrante en la caja ya que al generar un registro se imprimirá un recibo que se le dará al alumno, en el que se comprobara que el pago se realizó, al igual que cada persona tendrá su usuario para al finalizar su turno, imprimir un recibo de corte de caja, para que realice la entrega de su turno, y si hay algún problema con el dinero, saber quién se encontraba en turno para lograr resolverlo. Así mismo con este sistema se llevara un mejor control no solo del dinero sino de los grupos, alumnos, calificaciones, planeaciones de profesores etc., ya que los profesores capturarán todo en el sistema y los alumnos podrán consultarlo, se sabrá que salón tiene asignado cada grupo, o que alumnos están en cada uno de estos, al igual que el saldo con el que cuentan, o cuando alguno de los grupos deba de realizar un examen, dando paso a una automatización de muchas de las cuestiones que actualmente se realizan de forma manual o cosas que los empleados deben recordar, como pueden ser los cargos que se harán de forma automática, o las bajas por adeudo de manera automática para que el alumno ya no sea capaz de ingresar a la plataforma, los niveles y las semanas en las que se encuentran los grupos, que irán avanzando solos sin necesidad de intervención, así como generar de manera automática las calificaciones.

¹ Juan Carlos Perez Noriega es alumno de Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua. al137665@alumnos.uacj.mx (autor corresponsal)

² El Dr. Luis Carlos Méndez González es Profesor de Ingeniería en Mecatrónica en Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. luis.mendez@uacj.mx

³ El Dr. Israel Ulises Ponce Monárrez es Profesor de Ingeniería en Mecatrónica en Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. israel.ulises@uacj.mx

Metodología

Procedimiento

Para realizar correctamente la metodología se realizó un análisis, en base a las necesidades del proyecto, todo esto considerando los tiempos para la realización de las actividades, que permitirá la elaboración, el desarrollo y la implementación del proyecto propuesto de una manera sistematizada.

Para comenzar con una de las partes más importantes del proyecto, se tuvo una reunión en con los encargados del plantel para discutir sobre la elaboración de la base de datos, es decir, se consultara sobre la información que se quiere utilizar en esta, y la que se desea que continúe registrándose automáticamente, aun después de la culminación de este proyecto, como lo pueden ser el registro de los pagos, nombres de alumnos, grupos por mencionar algunas, se mencionara acerca del servidor que se seleccionó para la creación de la base de datos y la página, mencionando las ventajas y desventajas de este, siendo el mejor en calidad - precio con el cual trabajar.



Figura 1. Servidor Mocha Host.

Al terminar de discutir sobre lo que se quiere incluir en la base de datos, se comenzó a recopilar toda la información necesaria para la plataforma para poder capturarla en la base de datos, como lo pueden ser las boletas de pago, calificaciones, listas de asistencias, etc.

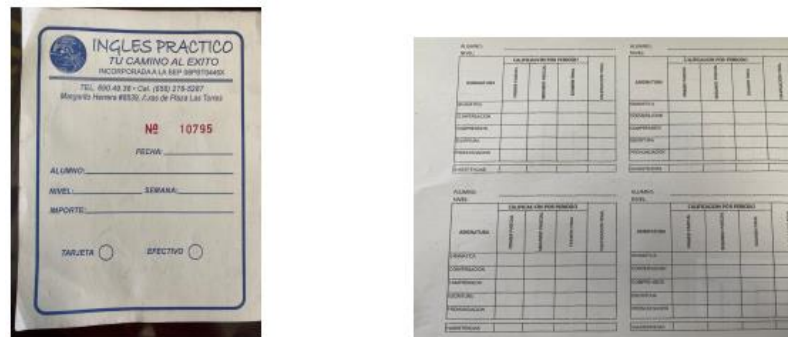


Figura 2. Boleta de pago y calificaciones.

Al crear la base de datos en el panel de control se comenzará con la creación del proyecto, para esto se abrirá Visual Studio y se seleccionará un proyecto tipo .NET MVC, que esto último nos da a entender que será de tipo (Modelo Controlador y Vista). Figura 3.7: Creación de nuevo proyecto Al momento de crear el proyecto se crean algunas carpetas y archivos por defecto, uno de los archivos creados por defecto será el cual ayudara a realizar la conexión con la base de datos, es decir, la cadena de conexión, el archivo denominado como Web.config contiene información de suma importancia para el proyecto, así mismo dentro de este por defecto se habrá generado una conexión a una base de datos local del equipo, esta es capaz de utilizarse al inicio, ya que la base de datos es pequeña, pero en ese mismo lugar, es donde se escribirán los comando para conectarse a la base de datos que se creó en el servidor previamente, para conectarse con el servidor, será necesario colocar las credenciales con las que se inicia sesión en el panel de control, y colocar la dirección IP de la computadora en donde está siendo almacenada nuestra base de datos, para obtener esta dirección IP, al momento de realizar la contratación del servidor, este envía algunos

correos con información de suma importancia, entre estos se encuentra uno con las direcciones de los servidores, tanto del SQL Server 2012 y el del SQL Server 2016, en este caso el que es de interés es la del 2016, al tener toda esta información se comienza a editar el archivo mencionado anteriormente con los datos obtenidos, y de esta forma comenzar con la creación de todas las tablas para el proyecto, haciéndolo de esta forma, será mucho más sencillo la creación, ya que para programar directamente desde SQL Server se utiliza otro lenguaje, pero de esta forma se integrara al proyecto desde el inicio.

```
</configSections>
<connectionStrings>
  <!--add name="DefaultConnection" connectionString="Data source=(localdb)\mssqllocaldb;attachdbfilename=|data|directo
  <add name="InglesPracticoContext" connectionString="Data source=(localdb)\mssqllocaldb;attachdbfilename=|data|directo
  <add name="DefaultConnection" connectionString="Data source=198.38.83.208;Initial catalog=rosA2250_inglespractico ;U
  <add name="InglesPracticoContext" connectionString="Data source=198.38.83.208;Initial catalog=rosA2250_inglespractico
</connectionStrings>
<appSettings>
  <add key="aspnet:RequestQueueLimitPerSession" value="1"/>
  <add key="aspnet:AllowConcurrentRequestsPerSession" value="false"/>
  <add key="webpages:Version" value="3.0.0.0"/>
  <add key="webpages:Enabled" value="false"/>
  <add key="ClientValidationEnabled" value="true"/>
  <add key="UnobtrusiveJavaScriptEnabled" value="true"/>
  <add key="mailAccountCopy" value="" />
  <!--add key="mailAccount" value="ivan.ignatz@gmail.com" />
  <add key="mailAccount" value="no-responder@inglespractico2008.com"/>
</appSettings>
```

Figura 3. Conexión a base de datos.

Como se puede observar en la figura 3, se realizó la conexión con la base de datos exitosamente, con la información proporcionada, en letras verdes, es decir, en forma de comentarios, se encuentran otras conexiones a bases de datos que se utilizarán como prueba, cuando haya que introducir algo nuevo, y de esta manera no se afecten a las bases de datos que se estarán utilizando diariamente.

```
id referencia
public class Grupos
{
    [Key]
    [Display(Name="Clave")]
    [Required(ErrorMessage="Complete el campo (0)")]
    [System.ComponentModel.DataAnnotations.Schema]
    public int ID_Grupo { get; set; }

    [Display(Name="Grupos")]
    [Required(ErrorMessage="Complete el campo (0)")]
    [System.ComponentModel.DataAnnotations.Schema]
    public string Nombre { get; set; }

    [Display(Name="Fecha Inicio")]
    [Required(ErrorMessage="Complete el campo (0)")]
    [DataType(DataType.Date)]
    [DisplayFormat(ApplyFormatInEditMode = true, DataFormatString = "{0:yyyy-MM-dd}")]
    [System.ComponentModel.DataAnnotations.Schema]
    public DateTime Fecha_Inicio { get; set; }

    [Display(Name="Fecha Fin")]
    [DataType(DataType.Date)]
    [DisplayFormat(ApplyFormatInEditMode = true, DataFormatString = "{0:yyyy-MM-dd}")]
    [System.ComponentModel.DataAnnotations.Schema]
    public DateTime? Fecha_Fin { get; set; } //deberan concordar con las fechas del curso

    [Display(Name="Día")]
    [Required(ErrorMessage="Complete el campo (0)")]
    [System.ComponentModel.DataAnnotations.Schema]
    public int ID_Tipohorario { get; set; }

    [DataType(DataType.MultilineText)]
    [System.ComponentModel.DataAnnotations.Schema]
    public string Notas { get; set; }
}
```

Figura 4. Escribir y llamar a base de datos.

Para el llenado en Visual Studio, como se puede ver en la figura 3.11, se utilizará el ejemplo de la tabla de grupos, se hará uso de una clase, para su llenado, en esta se colocarán todos los datos que se requieren, especificando si son de tipo entero, string, fecha etc... Para que el usuario no pueda introducir datos erróneos, así mismo, se envía un mensaje de error en la información requerida si el campo no es llenado o en su defecto llenado correctamente, en la parte donde se declaran los nombres de los campos a llenar, se tiene entre corchetes las palabras "Get, Set" la primera nos indica que el proyecto será capaz de solicitar información de la base de datos y la segunda nos indica que también podrá escribir nuevos registros o editar los anteriores.

Resultados

En la figura 8 podemos observar a manera en que a los alumnos o profesores se les pide que inicien sesión, con los datos mediante los cuales ellos se inscribieron y así sean capaces de entrar a la plataforma. En el caso de los alumnos, cuando estos son registrados en su inscripción, se les solicita un correo, este se almacena en la base de datos y cuando un alumno desea registrarse, debe utilizar el correo con el que se inscribió, en caso contrario no tendrá permisos para que se cree la cuenta.

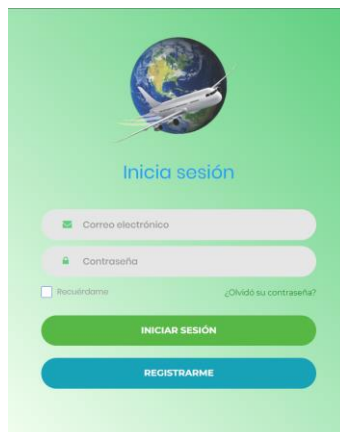


Figura 8. Ingresar a la página.

En la figura 9, se muestran las vistas de algunos de los grupos con los cuales se cuenta en uno de los planteles, esta vista muestra a los administrativos las fechas de inicio y termino de cada grupo, al igual que el número de inscritos, el nivel y la semana en que se encuentran, entre otras cosas.

Mostrando desde el 1 al 33 del total de 33 registros

Horario	Grupo	Nombre	Online	Nivel	Periodo	Sem. Dls	Examen	Insc/Max	Aula	Profesor
08:30 a.m. - 10:00 a.m.	19709	7mo nivel 8:30 a 10 septiembre 23	<input checked="" type="checkbox"/>	N 7	18 sep. 23 09 nov. 23	S 2	Sin Examen	6 / 12	Salon 2	Gerardo
08:30 a.m. - 10:00 a.m.	19825	2do nivel 8:30 a 10 junio	<input checked="" type="checkbox"/>	N 2	21 ago. 23 12 oct. 23	S 6	Parcial 2	5 / 12	Salon 4	Luis Adri
08:30 a.m. - 10:00 a.m.	19842	1er nivel 8:30 a 10 agosto23	<input checked="" type="checkbox"/>	N 1	21 ago. 23 12 oct. 23	S 6	Parcial 2	7 / 12	Salon 3	Hermine
08:30 a.m. - 10:00 a.m.	19860	1er nivel 8:30 a 10 septiembre 23	<input checked="" type="checkbox"/>	N 1	25 sep. 23 16 nov. 23	S 1	Sin Examen	8 / 12	Salon 5	Celerino
10:00 a.m. - 11:30 a.m.	19751	4to nivel 10 a 11:30 febrero 2023	<input checked="" type="checkbox"/>	N 4	07 ago. 23 28 sep. 23	S 8	Examen Final	6 / 12	Salon 2	Gerardo
10:00 a.m. - 11:30 a.m.	19794	3er nivel 10 a 11:30 mayo 23	<input checked="" type="checkbox"/>	N 3	21 ago. 23 12 oct. 23	S 6	Parcial 2	10 / 12	Salon 3	Hermine
10:00 a.m. - 11:30 a.m.	19843	1er nivel de 10 a 11:30 agosto23	<input checked="" type="checkbox"/>	N 1	21 ago. 23 12 oct. 23	S 6	Parcial 2	9 / 12	Salon 7	Celerino
11:30 a.m. - 01:00 p.m.	19839	2do nivel 11:30 a 1	<input checked="" type="checkbox"/>	N 2	18 sep. 23 09 nov. 23	S 2	Sin Examen	5 / 12	Salon 2	Celerino
11:30 a.m. - 01:00 p.m.	19858	1er nivel 11:30 a 1 septiembre 23	<input checked="" type="checkbox"/>	N 1	25 sep. 23 16 nov. 23	S 1	Sin Examen	6 / 12	Salon 3	Hermine
04:00 p.m. - 05:30 p.m.	19681	8vo nivel 4 a 5:30 julio 22	<input checked="" type="checkbox"/>	N 8	11 sep. 23 02 nov. 23	S 3	Parcial 1	2 / 12	Salon 1	Adriana
04:00 p.m. - 05:30 p.m.	19735	5to nivel 4 a 5:30 enero 23	<input checked="" type="checkbox"/>	N 5	04 sep. 23 26 oct. 23	S 4	Sin Examen	4 / 12	Salon 1	Hermine

Figura 9. Grupos.

En la figura 10, se observa como es que se muestra la evaluación de los estudiantes, asimismo se le permite generar una boleta de manera automática, y con esto se ahorra tener que capturarlas y generar cada boleta de manera manual

MATRICULA	NOMBRE	PARCIAL 1	PARCIAL 2	EX. FINAL	PROMEDIO GENERAL	
22030301	██████████	5.80	5.90	5.40	5.70	Calificación Evaluar
22072507	██████████	9.10	9.12	9.68	9.30	Calificación Evaluar
22081601	██████████	8.00	8.70	8.95	8.55	Calificación Evaluar
22081602	██████████	8.50	9.52	8.64	8.89	Calificación Evaluar
22090501	██████████	7.20	7.70	9.02	7.97	Calificación Evaluar
22091401	██████████	8.22	8.28	8.84	8.45	Calificación Evaluar

Figura 10. Evaluación.

Conclusiones

Estos resultados demuestran que, al tener una buena organización, se pueden ahorrar muchos costos, así como mejorar el servicio que se esta ofreciendo a la gente, de igual manera uno de los ahorros mas significativos es el del tiempo, ya que al realizar todo de manera automático se reducen los tiempos para la realización de cobros, boletas, credenciales etc. Así como también se tiene un mayor control administrativo, ya que se observan en tiempo real los cobros, inscripciones y las bajas, así como las evaluaciones docentes a profesores.

Los resultados demuestran la necesidad de estar siempre a la vanguardia de la tecnología, ya que, en el caso de las escuelas, en especial las privadas tuvieron una disminución de alumnos debido a la pandemia por COVID-19 y esto provoco el cierre de muchas de estas, así como muchas cerraron otras invirtieron en su propia plataforma de clases para poder seguir trabajando e inclusive abrir un nuevo mercado que estos no habían explorado

Referencias

Alan Barnes and Carmel Taddeo. " The school website: Facilitating communication engagement and learning," British Journal of Educational Technology, Vol. 47, No. 2, 2016.

Aura Cecilia Galvis Álvarez Doris Teresa Dávila Sanabria. " Sitio web como estrategia de enseñanza en la educación para la sostenibilidad," Praxis & Saber, Vol. 6, No. 11, 2014.

Isaac Bautista and Julianna Carrera. " Evaluación de satisfacción de los estudiantes sobre las clases virtuales," Minerva Journal of Scientific Research, Vol. 1, No. 2, 2020.

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

1. ¿Qué información se quiere utilizar en la base de datos?
2. ¿Cuál es el protocolo correcto en el cual realizar este proyecto?
3. ¿Qué presupuesto se tiene para los servidores?
4. ¿Cuál es el servido mejor relación calidad-precio?
5. ¿Que se desea que los alumnos puedan ver?
6. ¿Qué permisos debe tener cada tipo de usuario?
7. ¿Qué innovaciones se pueden añadir para tener una diferenciación?

Implementación de Manual de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la Máquina Peletizadora Zheng Chang SZH678D

M.C. Manuel Pérez Villegas¹, Ing. José Donato Rodríguez Zepeda², Ing. José Sebastián Sánchez Bañuelos³, Ing. Jairo Vilchez Altamirano⁴

Resumen— La compra de la nueva peletizadora SZH678D Zheng Chang, por parte de la empresa Avitec, trajo consigo el problema del idioma y la falta de información técnica. Es por eso que nace la idea de hacer un manual de mantenimiento preventivo y correctivo, que describa todas las actividades que se deben realizar para asegurar la operación de la máquina.

En este manual se detallan: 1) todas las señales de advertencia, atención y peligro que están pegados en la peletizadora; 2) la estructura de la máquina; 3) la instalación y el transporte de la peletizadora cuando tenga que transportarse, en el caso que se desee mover o cambiar de planta; 4) la instalación y el funcionamiento eléctrico; 5) el uso que tiene la peletizadora, sobre la función que cumple; 6) el mantenimiento, reparación e inspección y para finalizar, 7) se adjuntan todos los accesorios necesarios para el mantenimiento y las herramientas a utilizar.

Con el desarrollo de este manual la problemática se convirtió en oportunidad; como resultado, cualquier técnico de la empresa Avitec puede tener información de la peletizadora Zheng Chang para su correcto mantenimiento, disminuyendo tiempos muertos y optimizando su funcionamiento.

Palabras clave— Peletizadora, manual, mantenimiento, preventivo, correctivo.

Introducción

En la actualidad hay un gran auge en la industria alimentaria animal, pasando de alimentos de harina a alimentos más concentrados en forma de Pellet. A través del tiempo, con ayuda de investigaciones multidisciplinarias, el entendimiento de la fisiología y la nutrición de los animales ha llevado a la industria productora a formular mezclas apropiadas para la producción segura de animales de corral que servirán de alimento para la población mundial. Esta responsabilidad exige un entendimiento de las propiedades físicas y químicas del producto para darle las cantidades mínimas de proteínas, vitaminas y calorías necesarias para que se alcance un nivel nutricional adecuado que el animal no podría encontrar mediante otros métodos de alimentación.

La principal característica del proceso de peletizadora es por su calidad y durabilidad, es por eso que la empresa Avitec planta de alimentos siempre para en busca de fórmulas mejoradas, colocar alimentos premium para ser peletizadora es por eso que la principal fuente de procesamiento en la empresa Avitec son sus 2 peletizadoras que tiene, y por ellos me surgió el interés de hacer un manual de mantenimiento, para la peletizadora más reciente de marca Zheng Chang que es de procedencia china y se tiene muy poca información de ella.

Es por ello que con este manual de mantenimiento que presento busco aclarar muchos vacíos de conocimientos, sobre cómo hacer un mantenimiento preventivo y correctivo, ya que al ser una peletizadora moderna, se tiene que tener mucho cuidado ya que tiene partes de neumática, sensores y electrónica, es por eso que busco tener todos los datos de la peletizadora, para así los futuros técnicos que vean la peletizadora, pueden hacer un excelente trabajo de mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo.

Objetivo del proyecto

Objetivo general

Proponer, establecer y generar un manual de instrucción detallando la estructura, función, y métodos de mantenimiento de cada sistema de la Peletizadora de matriz anular SZLH678 de la marca Zhenghang.

Objetivos específicos

- Mostrar toda la información de la Peletizadora de matriz anular SZLH678D de la marca Zhenghang, para así tener un mejor cuidado y un mejor mantenimiento.
- Determinar las herramientas manuales y eléctricas que se deben utilizar.

¹ M.C. Manuel Pérez Villegas es Profesor de la Carrera de Mantenimiento Industrial en la Universidad Tecnológica de Tecamachalco, Puebla. mantenimiento-utt@outlook.es (autor correspondiente).

² El Ing. José Donato Rodríguez Zepeda es Profesor de la Carrera de Mantenimiento Industrial en la Universidad Tecnológica de Tecamachalco, Puebla. drodriguez@hotmail.com.

³ El Ing. José Sebastián Sánchez Bañuelos es Profesor de la Carrera de Mantenimiento Industrial en la Universidad Tecnológica de Tecamachalco, Puebla. jose_sebastian_sb@yahoo.com.mx.

⁴ El Ing. Jairo Vilchez Altamirano es Profesor de la Carrera de Mantenimiento Industrial en la Universidad Tecnológica de Tecamachalco, Puebla. gogo1217rrd@gmail.com.

- Conocer el tipo de aceite y grasa que se debe emplear para su lubricación, ya que al ser una máquina del año 2020 es muy moderna y se le debe de tener mucho cuidado

Metodología

El presente proyecto se desarrolló en la empresa Avitec, que se encuentra en el municipio de Tecamachalco, Puebla, en el área de mantenimiento. La planta de alimentos de Avitec se encarga de hacer alimentos para animales como vacas, conejos, caballos, cerdos, pollos, borregos entre otros y la máquina fundamental para la preparación de todo el alimento es la Peletizadora. La planta cuenta con dos máquinas, una americana de marca Antrix, y su última adquisición que tiene menos de 1 año es su peletizadora china Zheng Chang, de la cual hay muy poca información disponible, ya que es una peletizadora moderna y aún no tiene un manual como tal, es por eso que se decidió llevar a cabo este proyecto, en conjunto con el practicante Joel Sigüenza Victoria y de acuerdo con el jefe de Mantenimiento, el ingeniero Miguel Vallejos.

El problema inicial fue que la peletizadora se dañó y fue muy complicado arreglarla, por el idioma y porque el manual proporcionado por el fabricante no tiene los suficientes detalles necesarios para el correcto mantenimiento. El manual está en chino e inglés, así que el primer paso fue traducirlo, para así poder reparar la peletizadora y hacer su mantenimiento correctivo y preventivo correctamente.

Este manual de mantenimiento para la máquina peletizadora (Granulador peletizadora modelo SZH678D) se realizó con la siguiente cronología: primero todas las precauciones de seguridad que están pegados en todos las partes en la peletizadora, luego hacemos mención a toda su estructura, todas sus piezas, después de su instalación y transporte, luego de su instalación y funcionamiento eléctrico y finalmente el mantenimiento, reparación e inspección de la peletizadora.



Figura 1. Máquina Peletizadora Modelo SZLH678D. Fuente: <https://www.zhengchang.com.mx/maquina-peletizadora-modelo-szlh678d-15517863918784118.html>.

Características de la paletizadora ZHENG CHANG

El molino de pellet de matriz de anillo SZLH678D (mostrado en la figura 1) es un molino de molde de anillo de pellet duro, que es adecuado para fábricas de alimentos grandes y medianas con una producción anual de 40000 toneladas de alimento de pellets de alta calidad por turno.

- Este equipo utiliza un acoplamiento de resorte serpentino de gran potencia con un fuerte desplazamiento compensado.

- Se utiliza aceite de la peletizadora para enfriar el dispositivo de lubricación, la lubricación de los cojinetes principales es manual.
- Está equipado con rodillo y dispositivo de ajuste de distancia de troquel, no es necesario detener el molino de pellets.
- Se debe utilizar un dispositivo de protección contra sobrecargas y un interruptor de carrera para garantizar un funcionamiento seguro.
- El mecanismo de corte está hecho de acero inoxidable con escala.
- El troquel de anillo colocado es fácil de cargar y la descarga se puede equipar con un dispositivo de elevación.
- Utiliza un troquel de anillo de acero de aleación de alta calidad producido por tecnología de procesamiento internacional avanzada.
- Es adecuado para producir todo tipo de alimentos para ganado, aves de corral y alimentos acuáticos de alta calidad.
- Trabajo continuo y estable, muy bajo nivel de ruido.
- Par estable, fuerte absorción de vibraciones y aislamiento.



Figura 2. Aviso en la puerta de la peletizadora. Fuente: Propia.

Características del rendimiento

Molde de anillo con varias aberturas, con diámetro ($\varnothing 2$ mm - $\varnothing 18$ mm) en S2LH1678D Pellet Mill, ofrece a los clientes el molde de anillo personalizado con diferentes aberturas de acuerdo a las diferentes necesidades, y el equipo tiene una buena aplicación, estructura compacta, instalación conveniente, operación y mantenimiento, y rendimiento de trabajo fiable. El equipo adopta el control de frecuencia de alimentación, la apertura de la puerta método de limpieza del acondicionador, y se monta con la descarga fuera del equipo, dispositivo de extracción de hierro y dispositivo de protección de sobrecarga y aro de molde circular. Además, los rodamientos y sellos de aceite importados se utilizan para transmitir energía en la caja de transmisión, y el acoplamiento de rejilla se utiliza para la energía transmitida.

Principios operativos del granulador

El alimento compuesto en polvo en el recipiente de alimentación es entregado al acondicionador por el alimentador. Introducir vapor en el acondicionador y luego la fórmula del alimento compuesto en polvo entra en la cámara de prensado después del acondicionamiento con vapor y la agitación. Poco después, el raspador alimentador introduce el polvo en dos áreas de prensado en el molde circular. produce un fuerte efecto de extrusión, bajo el cual el material se compacta gradualmente y se forma en el orificio del troquel. El material formado se descarga del orificio

del troquel en forma de columna. En la figura 3 se puede observar la peletizadora en su parte trasera, y en la figura 4 se muestra la estructura general de la peletizadora.



Figura 3. Parte trasera de la peletizadora. Fuente: Propia.

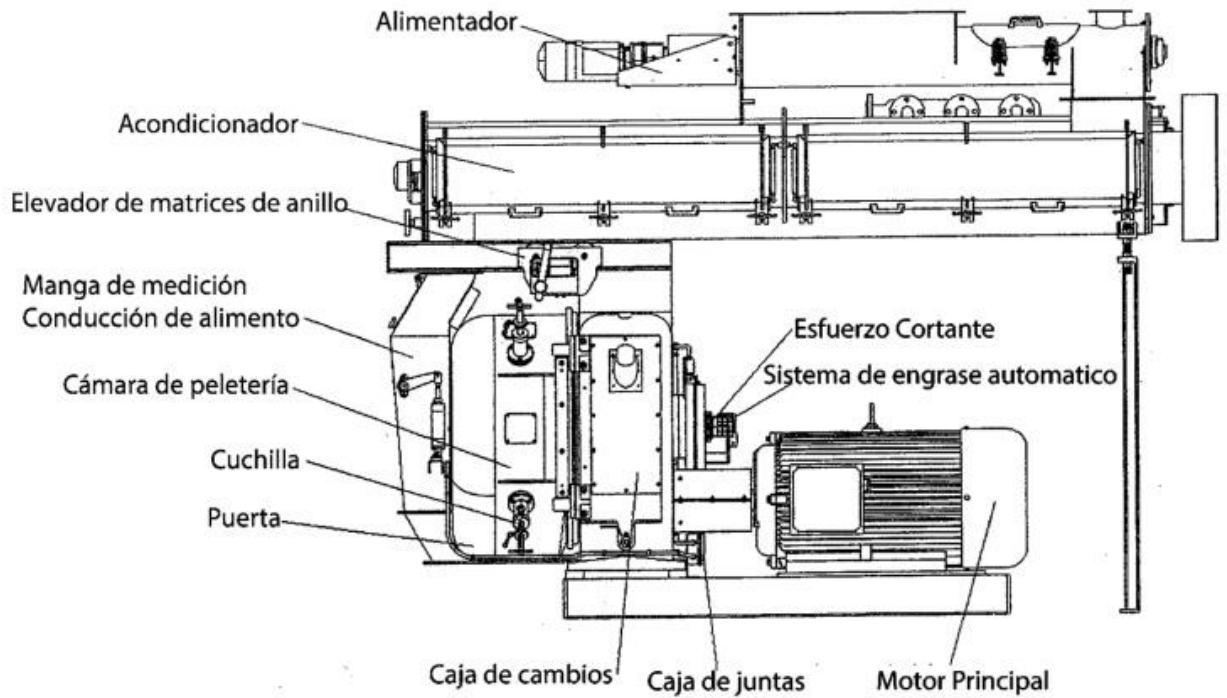


Figura 4. Estructura general de la peletizadora. Fuente: Propia.

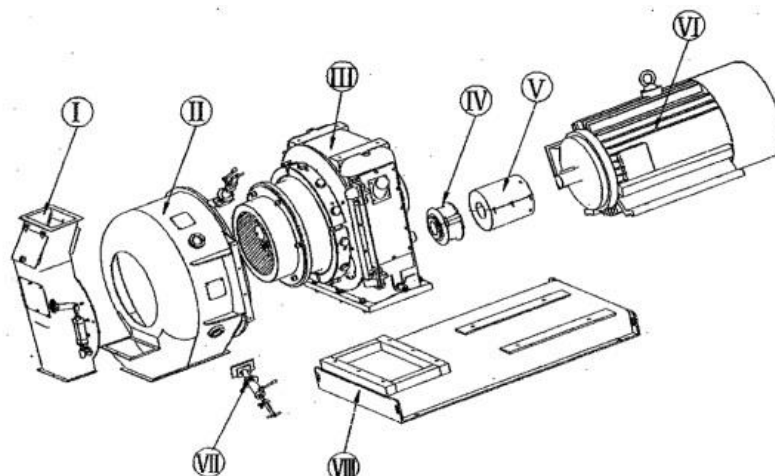


Figura 5. Diagrama esquemático de la estructura principal de la máquina peletizadora. Fuente: Propia.

En la figura 5 se muestra un ejemplo de diagrama esquemático de la estructura principal de la máquina peletizadora, y en la figura 6 se describen las partes que constituyen la estructura principal, con su número de material, nombre, cantidad y observaciones.

Número	Número de Material	Nombre	Cantidad	Observaciones
I.	20088360	Tolva	1	
II.	20088359	Cubierta de puerta	1	
III.	20132517	Caja de transmisión principal	1	Los diferentes voltajes y frecuencias deben notarse por separado
IV.	30028572	Acoplamiento	1	
V.	20030316	Escudo de Acoplamiento	1	
VI.	Dependiendo de la capacidad	Motor eléctrico	1	
VII.	20032433	Mecanismo de corte	2	
VIII.	20101805	Pedestal	1	

Tabla 1. Estructura principal de la peletizadora (figura 4). Fuente: Propia.

Mantenimiento, reparación e inspección

Precauciones de seguridad para el mantenimiento, la reparación y la inspección:

1. Apagar los equipos pertinentes antes de realizar el mantenimiento. Además, asegúrese de que no hay otras formas posibles de que los equipos podrían empezar a funcionar.
2. Asegurarse de que el mantenimiento y la inspección sólo pueden ser realizados por personal técnico y profesional capacitado.
3. El reemplazo y mantenimiento del sistema de control eléctrico, circuito y partes eléctricas de la máquina debe ser llevado a cabo por personal profesional.
4. Al reemplazar o reparar piezas o depurar y revisar la máquina, asegúrese de abrir la cubierta de seguridad o el puerto de operación. Tenga cuidado al quitar el dispositivo de protección de seguridad. Sugerimos que se analicen las medidas de seguridad de funcionamiento antes de realizar cualquier mantenimiento.

5. Restaurar la cubierta de seguridad y el dispositivo de protección de seguridad después de completar los pasos anteriores.
6. Colocar un signo de "reparación/mantenimiento" en la puerta al mantener o inspeccionar.
7. Llevar a cabo la inspección y limpieza por turno.

Inspección diaria e inspección regular

Si hay algún funcionamiento anormal del equipo en la inspección diaria y regular inspección, por favor apague el equipo inmediatamente. Asegúrese de que el equipo vuelva a la normalidad después de tomar las medidas apropiadas antes de volver a funcionar. En la tabla 2 se muestra una fracción de la lista de artículos de inspección periódica de la máquina peletizadora.

Número	Artículos	Frecuencia de mantenimiento
1	Cambio de aceite lubricante del motor principal (sistema de lubricación de aceite fino 2000 horas)	2000 horas
2	Lubricación con grasa del rodillo	4 horas
3	Lubricación con grasa del husillo	8 horas
4	Inspección del nivel de aceite de la caja de cambios	Cada día
5	Inspección de la temperatura del aceite	Cada semana
6	Inspección de presión de aceite	Cada semana
7	Lubricación con grasa para el cojinete del eje principal del acondicionador	Cada trimestre
8	Inspección del nivel de aceite del reductor del acondicionador	Cada trimestre
9	Inspección del perno del aro del troquel de anillo	Cada día
10	Inspección y limpieza de materias extrañas metálicas	Cada día
11	Inspección del dispositivo de elevación de matrices anulares	Antes de cada uso

Tabla 2. Fracción de lista de elementos de inspecciones regulares. Fuente: Propia.

Fallos generales y métodos de resolución de problemas

Si el equipo se apaga durante el funcionamiento, abrir la tapa de la puerta y limpiar los materiales en la cámara de prensado antes de volver a hacer funcionar el equipo para evitar la operación de carga. En la tabla 3 se muestra una fracción de la tabla de análisis y eliminación de fallas comunes obtenida a partir de la información del manual de la máquina y de la experiencia adquirida en el departamento de mantenimiento de la empresa Avitec, así como de la información obtenida directamente de personal de la empresa, en videoconferencia.

Número de serie	Descripción de la falla	Análisis y soluciones
1	No entra materia prima en la cámara de prensado.	1- Puente en el silo: romper el puente u optimizar la estructura del silo. 2- Alimentador o acondicionador está bloqueado: limpie el alimentador o acondicionador. 3- Fallo del mecanismo de transmisión del alimentador o acondicionador: optimizar el mecanismo de transmisión.
2	La cámara de paletización no funciona.	1- Perforación de la matriz: optimización de los parámetros de la matriz de anillo. 2- Fórmula poco razonable: ajustar la fórmula y controlar el contenido de humedad. 3- Excesiva distancia de rollo de troquel: ajuste de la distancia. 4- Se usa el rascador de alimentación: Ajuste o sustituya el rascador.
3	La corriente del motor principal es inestable.	1- Flujo de vapor inestable: optimizar la calidad del suministro de vapor. 2- Flujo de material inestable: comprobar si el alimentador y el acondicionador están dañados y optimizar el mecanismo de transporte.

Tabla 3. Fracción de tabla de análisis y eliminación de fallas comunes. Fuente: Propia.

Conclusiones

El objetivo de este proyecto fue proponer y establecer un manual de mantenimiento para la peletizadora Zheng Chang, para el grupo Avitec, como resultado se obtuvo un manual que contiene una descripción detallada de toda la estructura de la peletizadora, además de las piezas y las herramientas a utilizar. Con este manual los trabajadores van a ahorrar tiempo muertos buscando las herramientas necesarias a utilizar, el tipo de grasa y aceite a utilizar, así como los tipos de filtros necesarios. Se cumplieron nuestras metas y alcances, ya que la meta era tener un manual concluido de mantenimiento preventivo y correctivo. Adicionalmente, también se llegó a desarmar y armar la peletizadora, y con este manual los técnicos del Avitec se guiaron para armarlo. Con el desarrollo del presente manual la problemática se convirtió en oportunidad, y cualquier técnico puede tener información de peletizadora Zheng Chang para su mantenimiento.

Referencias

- ZHENG CHANG. (s. f.). Historia de ZHENG CHANG. ZHENG CHANG. Recuperado 31 de marzo de 2021, de http://www.zhengchang.com/eng/index.aspx?cat_code=Pelletmill&article_id=1372.
- Ph.Dc. MSC, Ing. Julian D. Escobar Atehortua., (2011, Julio). Diseño conceptual de una máquina peletizadora de alimento (No 1). Universidad Nacional de Colombia. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/diseño-conceptual-maquina-peletizadora/28516.htm#:~:text=Este%20consiste%20en%20dos%20prensas,con%20un%20dado%20m%C3%A1s%20grueso.>
- Autycom. (2019, 2 octubre). ¿Qué es un sistema HMI? AUTYCOM. <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-hmi/>
- S.K.F. (s. f.). SKF. Sistemas de lubricación automática. Recuperado 4 de abril de 2021, de <https://www.skf.com/mx/products/lubrication-management/automatic-lubricationsystems>
- (2018, 12 noviembre). Cilindro neumático - Pistón neumático - Tipos - Catalogo. Nelco Sistemas. <http://nelco.com.mx/cilindro-neumatico-piston-neumatico/>
- sensores y actuadores - Tecnología de Control. (s. f.). Sensores y Actuadores. Recuperado 4 de abril de 2021, de <https://sites.google.com/site/tecnologiadecontrol22/sensores>
- SZLH558D Top-grade pellet mill -Pellet Mill -Feed Equipment-products-Zhengchang. (s.f.). Molino de pellets. Recuperado 4 de abril de 2021, de http://www.zhengchang.com/eng/index.aspx?cat_code=Pelletmill&article_id=1372

Propuesta de Orientador de Flujo en un Intercambiador de Tipo Concéntrico

Dr. Juan José Piña Castillo¹, MC. Jesús Cirilo Trujillo Jiménez²,
MC. Renato González Bernal³

Resumen— El intercambiador de calor de fondo de pozo (DHE) de tipo concéntrico se ha comprobado como una solución flexible para climatizar espacios y generar electricidad a partir de fuentes geotérmicas. Este sistema se basa en la disposición de tubos que van concéntricamente dentro de pozos geotérmicos, permitiendo la circulación de agua para el intercambio de calor. No obstante, en ciertos casos, la circulación natural puede no generar un diferencial de presión suficiente, o el diferencial de presión en el pozo puede ser ineficiente para elevar el fluido geotérmico de manera óptima. En este estudio, abordamos este desafío a través de la modificación de la dirección del flujo cuyo objetivo primordial es lograr una temperatura de salida del pozo geotérmico de alrededor de 125 °C. A través de simulaciones y cálculos minuciosos, buscamos asegurar que la temperatura de salida deseada se alcance de forma constante y confiable.

Palabras clave— Orientador de flujo, Intercambiador de calor Concéntrico, Fondo de pozo (DHE), Temperatura de salida.

Introducción

La geotermia es una fuente de energía renovable que tiene varios beneficios. Uno de los aspectos positivos es su menor emisión de agentes contaminantes, lo que la convierte en una opción atractiva. En condiciones específicas, también resulta económicamente viable para la generación de energía, lo que contribuye a reducir gradualmente nuestra dependencia de los combustibles fósiles. Esta forma de energía no solo se limita a la generación de electricidad a través de métodos mecánicos convencionales, sino que también ofrece la posibilidad de utilizar el calor del subsuelo para aplicaciones agrícolas, industriales y domésticas. Es innegable que nuestra dependencia de las fuentes de energía tradicionales ha tenido impactos negativos, como la degradación y agotamiento de recursos naturales, la contaminación ambiental, los cambios en las temperaturas y el cambio climático. Además, hemos llegado a depender en gran medida de estas fuentes, como el petróleo, el gas y la energía hidroeléctrica, para la producción de electricidad.

El desarrollo de la geotermia se ve fuertemente influenciado por su rentabilidad y su capacidad para cumplir con los estándares ecológicos. Esto implica seguir procesos legales, aplicar la ingeniería adecuada, analizar las características del subsuelo y utilizar métodos, técnicas y experiencia de manera conjunta. La eficiencia en la explotación de esta fuente de energía es esencial, y para lograrlo, es necesario comprender sus características fundamentales, sus diversas aplicaciones y los desafíos futuros que debemos abordar de manera sostenible.

La perforación y finalización de los pozos geotérmicos son operaciones esenciales para aprovechar esta fuente de energía. Aunque tienen múltiples aplicaciones, en este contexto, nos referimos principalmente a la generación de electricidad a partir de fluidos de alta temperatura que se encuentran bajo la superficie terrestre.

La energía geotérmica emerge como un recurso renovable con notables ventajas en la lucha contra la dependencia de los combustibles fósiles y la reducción de las emisiones contaminantes. Este recurso, cuando se encuentra en condiciones propicias, no solo se revela como una alternativa económicamente viable para la generación de energía, sino que también exhibe una versatilidad extraordinaria al proporcionar calor para una amplia gama de aplicaciones, que abarcan desde la agricultura y la industria hasta el ámbito doméstico, aprovechando las aguas termales subterráneas. El imperativo de mitigar los efectos perniciosos asociados con las fuentes energéticas convencionales, tales como la degradación de recursos naturales, la contaminación ambiental y el cambio climático, ha impulsado una búsqueda incansable de alternativas sostenibles. Con frecuencia, la producción de energía eléctrica ha estado ligada a una explotación exclusiva de recursos convencionales como el petróleo, el gas y las fuentes hídricas, lo que ha generado un agotamiento inminente de estos recursos y una dependencia insostenible. El desarrollo de pozos geotérmicos, respaldado por su viabilidad económica y su conformidad con los estándares medioambientales, involucra una serie de etapas complejas que abarcan desde procedimientos legales hasta la implementación de técnicas

¹ Dr. Juan José Piña Castillo es Profesor de Ingeniería Mecánica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. jpina@umich.mx

² MC. Jesús Cirilo Trujillo Jiménez es Profesor de Ingeniería Mecánica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. jesus.trujillo@umich.mx

³ MC. Renato González Bernal es Profesor de Ingeniería Mecánica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. regonzalez@umich.mx

de ingeniería y el análisis geológico del subsuelo. En este proceso, la sinergia entre métodos, técnicas y experiencia es esencial para garantizar una explotación eficiente y sostenible de este valioso recurso. En este contexto, el foco de esta investigación se centra en una fase crucial: la perforación y terminación de pozos geotérmicos, operaciones fundamentales para extraer fluidos de altas temperaturas desde las profundidades de la corteza terrestre. Comprender las características esenciales de la energía geotérmica, sus diversas aplicaciones y los desafíos futuros en términos de sostenibilidad se erigen como pilares cruciales para abordar eficazmente la perforación y terminación de estos pozos geotérmicos. Entre las técnicas investigadas, se destacan los intercambiadores de calor de pozo profundo (DHE, por sus siglas en inglés). La eficiencia de estos DHE en su función de intercambio térmico está intrínsecamente relacionada con la superficie de transferencia de calor, la cual se ve limitada por las dimensiones del orificio. Esto conlleva restricciones en términos de producción de energía, aunque aún pueden contribuir de manera valiosa para satisfacer la demanda energética. Un enfoque particularmente prometedor es el intercambiador de calor geotérmico concéntrico para pozos, el cual se postula como una solución económicamente viable. Este sistema permite el flujo de agua limpia, minimizando la acumulación de residuos y la corrosión en las tuberías. Además, presenta beneficios ambientales notables, ya que la transferencia de calor ocurre en el propio pozo sin la necesidad de extraer los fluidos geotérmicos, lo que preserva el nivel del agua subterránea y evita posibles efectos adversos relacionados con su disminución. Además, se elimina cualquier posibilidad de contaminación atmosférica, térmica o química, ya que no se generan residuos en el proceso. Este enfoque innovador representa un avance significativo en la búsqueda de una producción de energía más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Metodología

Procedimiento

Método

Para el desarrollo de la presente investigación fue requerido el software COMSOL Multiphysics® con el cual se realizaron los cálculos por el método de elementos finitos. En él se hicieron las implementaciones del comportamiento del fluido con un orientador de flujo en la entrada del intercambiador tipo concéntrico a una velocidad de descenso constante.

La figura 1. Muestra el arreglo general para implementarlo en el software, el diámetro exterior es de un metro y una profundidad de 100 metros, el diámetro interior es de 0.2 metros y una longitud de 60 metros y una velocidad de entrada del agua de 0.05 m/s con una temperatura ambiente 23°C.

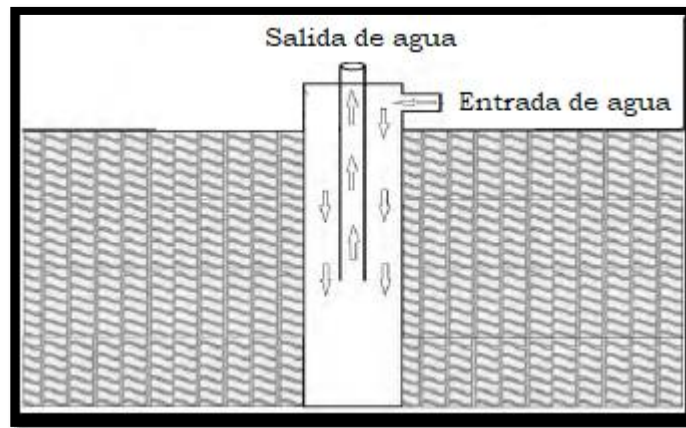


Figura 1. Arreglo general

La figura 2. Muestra el mallado del modelo a la entrada del agua, paredes internas y salida del fluido.

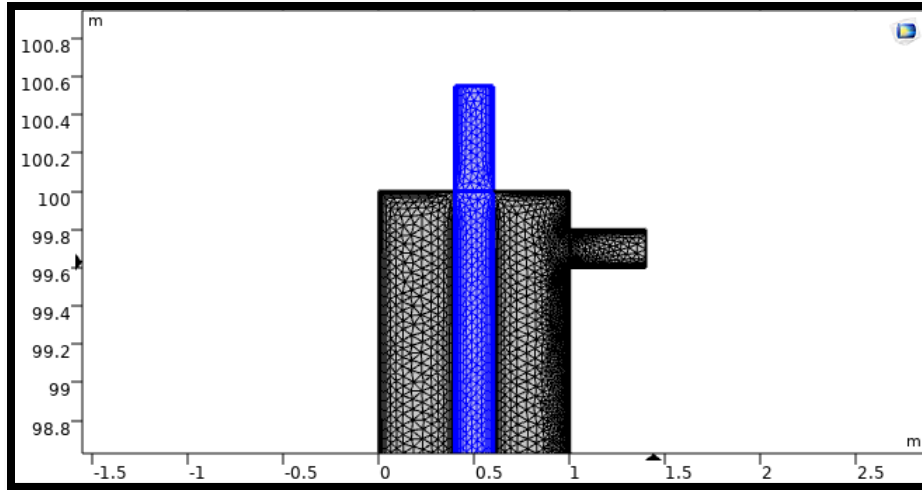


Figura 2. 126,879 nodos.

La figura 3. Muestra el mallado del modelo a la entrada del agua con el orientador de flujo en el intercambiador concéntrico.

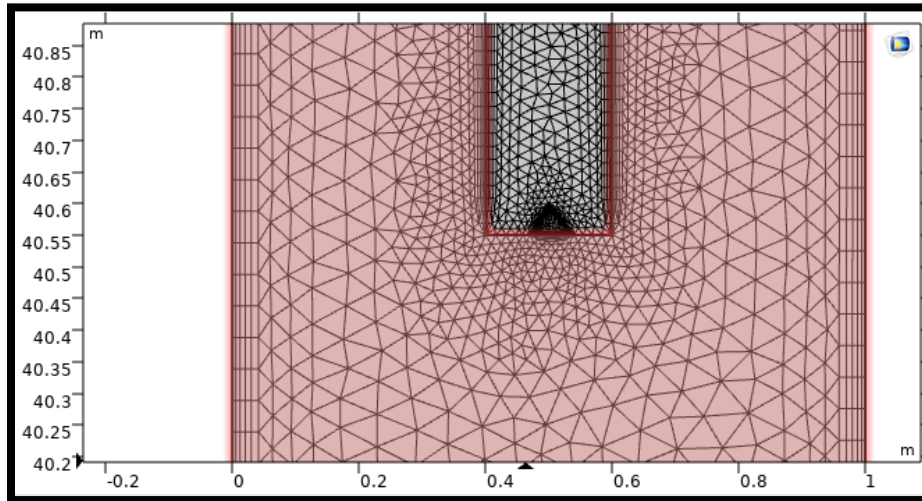


Figura 3. 126,879 nodos.

La figura 4. Muestra el registro de temperatura en las paredes del pozo con una profundidad de 500 metros.

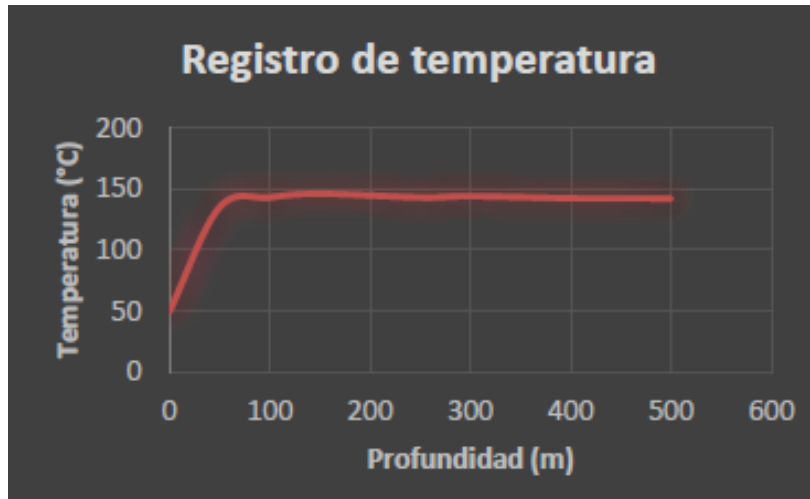


Figura 4. Registro de temperatura de la pared del pozo.

Resultados

La sección de los Resultados (que también puede denominarse Resultados y Análisis, Análisis de Resultados, etc.) debe responder a la pregunta: ¿Cuáles fueron los resultados? En esta sección se muestran al lector los resultados exactos de la investigación. Puede ser apropiado comenzar con una subsección denominada *Análisis* y luego terminar con otra subsección denominada *Resultados*, o puede ser más apropiado para los autores ejecutar cada prueba y sus resultados en secuencia. Como en todas las demás secciones de su artículo, se recomienda a los investigadores que incluyan una clara, concisa e interesante narrativa. Mostramos en el Cuadro 1 un ejemplo de un análisis estadístico.

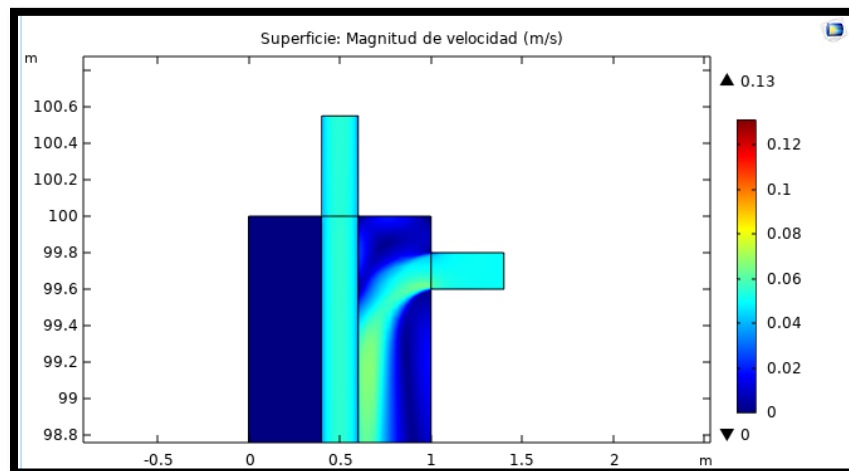


Figura 5. Campos de velocidad.

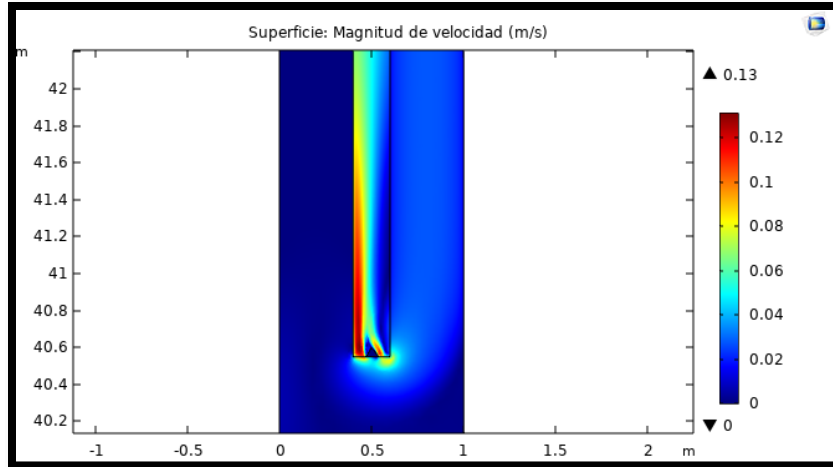


Figura 6. Campos de velocidad.

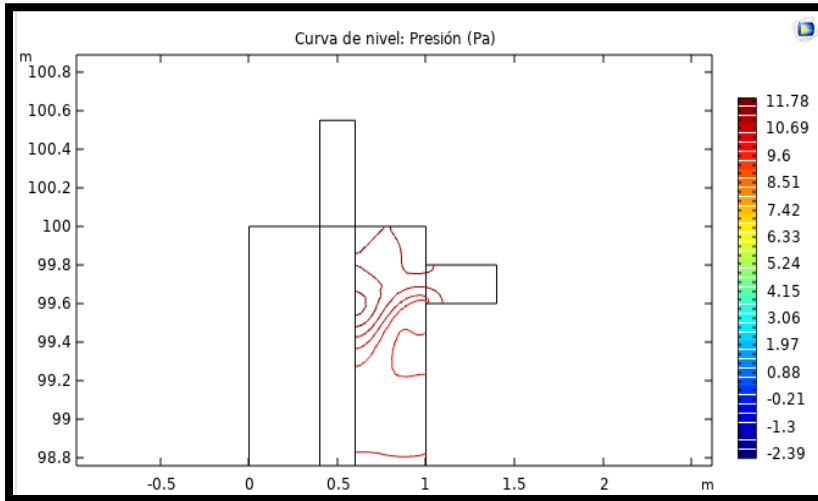


Figura 7. Campos de presión.

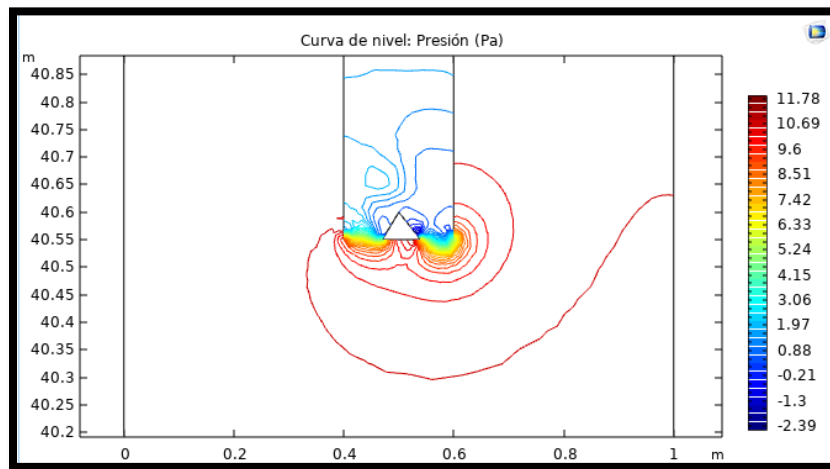


Figura 8. Campos de presión.

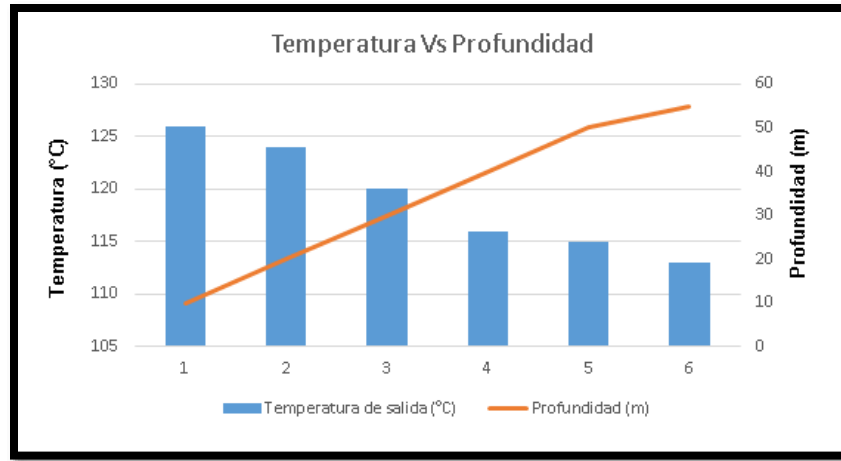


Figura 9. Comparación de la temperatura contra la profundidad del pozo.

Tabla 1. Datos obtenidos de la simulación

Temperatura de la pared (°C)	Profundidad (m)	Temperatura entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)
100	10	112	126
100	20	112	124
100	30	112	120
100	40	112	116
100	50	112	115
100	55	112	113

Conclusiones

Los resultados obtenidos de la simulación al reorientar el flujo en el intercambiador de calor concéntrico son extremadamente alentadores, ya que logra alcanzar temperaturas superiores a los 125°C a la salida del mismo. Este éxito se debe principalmente al uso eficiente de la convección forzada, que ha demostrado ser altamente efectiva en el transporte de calor.

Es fundamental resaltar que hemos alcanzado la temperatura mínima necesaria para que el ciclo binario pueda generar energía eléctrica de manera efectiva, lo que representa un aumento significativo en la temperatura.

Para seguir avanzando en esta área de investigación, planeamos llevar a cabo simulaciones con diferentes longitudes en el intercambiador de calor. Esto tiene como objetivo identificar con mayor precisión la temperatura máxima que el pozo geotérmico puede generar de manera altamente probable.

Referencias

- P. Muffler and R. Cataldi, "Methods for regional assessment of geothermal resources", *Geothermics*, vol. 7, pp. 53-89, Jan. 1978.
- M.P. Hochstein, "Classification and assessment of geothermal resources" in Dickson MH and Fanelli M (eds) *Small geothermal resources*, UNITAEW NDP, (Rome), pp. 31-59, Centre for Small Energy Resources, 1984.
- K. Nicholson, "Geothermal Fluids". Springer Verlag, vol. 18, pp. 257-264, Apr. 1993.
- S. G. Sikle, "Numerical simulation of a Geothermal Heat exchanger in Sweden", no. 11 in *National Geothermal Congress Sweden*, pp. 6-12, 2010.

Unificación de Diseño de una Estructura-Soporte Multimodal para Transporte de un Instrumento Astronómico Criogénico por Vía Aérea, Marítima y Terrestre

Ing. Mayra Rivera Carmona¹, Dr. Luis del Llano Vizcaya²,
M.C. Carlos Alberto Ortega Legorreta³, M.C. Berenice Rodríguez Ángeles⁴

Resumen— El diseñar una estructura de soporte a medida para trasladar a un instrumento astronómico vía aire mar y tierra, garantiza que el instrumento llegue a su destino sin que sufra alguna deformación, es por ello que en este proyecto se realiza el análisis de tipo modal y armónico a la estructura de montaje 01, la cual se utilizó para trasladar a un instrumento astronómico de Querétaro a Ciudad de México. Como el viaje que realizó fue vía terrestre, el motivo de evaluarla, es conocer si dicha estructura puede soportar al mismo instrumento astronómico en un viaje de tipo: aéreo, marítimo y terrestre, debido a que se trasladará de Ciudad de México a las Islas Canarias. Así mismo, se definen restricciones o procedimientos para conservar durante el trayecto un factor de seguridad superior a 2.5 en referencia a los esfuerzos producidos en forma dinámica.

Palabras clave— Instrumento astronómico. GTC, MEF, Transporte multimodal, Criogénico.

Introducción

Para realizar observaciones y mediciones de la estructura del universo, se utilizan equipos denominados instrumentos astronómicos. Diseñar, construir y trasladar un instrumento astronómico conlleva un trabajo en equipo de diversos centros de investigaciones. Por lo cual obtener un instrumento instalado y puesto en marcha, puede tardar muchos años.

En este proyecto se analizará el traslado de un Instrumento Astronómico que tomará imágenes del universo cercanas al infrarrojo, el cual se instalará en el Gran Telescopio Canarias (GTC) localizado en las Islas Canarias. El instrumento se encuentra dentro de un criostato siendo este, un contenedor que mantiene temperaturas menores a -150°C , que para este caso es del orden de tres metros cúbicos. (Gaceta UNAM, 2019)

El instrumento astronómico a transportar se manufacturó en Querétaro, México, sin embargo se va a instalar en el GTC, por lo que se trasladará vía aire, mar y tierra a su destino final. Considerando la complejidad de la geometría del instrumento, siendo un prisma rectangular con una extensión frontal y costillas de refuerzo en todas sus paredes, se desarrollará el diseño de una estructura que cumpla con las tres formas de traslado del equipo, para llevarlo sin que este sufra algún desperfecto en su estructura y funcionamiento, tomando en cuenta las condiciones de cualquier situación durante el trayecto.

El Instrumento se encuentra en la Ciudad de México en una etapa previa a su entrega, por lo que para trasladarlo se utilizó una estructura (estructura de montaje 01), la cual fue diseñada solo para movimientos verticales y no horizontales, es por ello que en esta parte del proyecto, se va a analizar dicha estructura para determinar si es apta para el viaje hasta las Islas Canarias, si requiere que se refuerce, o si es más factible diseñar una nueva estructura, siendo que presentarán diversas condiciones ocasionadas por los diferentes medios de transporte a utilizar.

Metodología

El objetivo de este proyecto de investigación es diseñar y validar una estructura soporte para el traslado de un instrumento astronómico vía aérea, marítima y terrestre (en la figura 1 se muestra al instrumento astronómico a transportar), es así que para cumplir con este objetivo se desarrolló una metodología de 5 pasos, donde hasta el momento se han concluido hasta el paso 3 y se ha comenzado a trabajar en el paso 4 y 5.

¹ Ing. Mayra Rivera Carmona Estudiante de la Maestría en Ciencia y Tecnología en el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, Querétaro, Querétaro. m.rivera@posgrado.cidesi.edu.mx

² Dr. Luis del Llano Vizcaya Académico del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, Querétaro, Querétaro. lvizcaya@cidesi.edu.mx

³ M.C. Carlos Alberto Ortega Legorreta Ingeniero de Proyectos del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, Querétaro, Querétaro. carlos.ortega@cidesi.edu.mx

⁴ M.C. Berenice Rodríguez Ángeles, Ingeniero de Proyectos del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, Querétaro, Querétaro. berenice.rodriguez2@cidesi.edu.mx

1. Investigación del estado del arte
2. Investigación de requerimientos del instrumento astronómico para su transporte
3. Extracción de criterios y parámetros de los medios de transporte
4. Alternativas de diseño
5. Determinación y validación de diseño de la estructura



Figura 1: Imagen del Instrumento Astronómico a transportar. *Nota:* Imagen recuperada de la gaceta de la UNAM.

1. Investigación del estado del arte.

Se consultaron fuentes bibliográficas para identificar si existe alguna estructura que pudiera servir de referencia para trasladar al instrumento astronómico, de manera que en la tabla 1 se mencionan algunos instrumentos y como fueron trasladados a su lugar de instalación o lanzamiento, como para el telescopio James Webb que fue manufacturado en Estados Unidos, se diseñó un contenedor que cumpliera con los requerimientos del telescopio para poderlo trasladar a la Guayana Francesa. (Joshep O. Ward, 2018) Para el espectrógrafo EMIR que fue construido en el Instituto de Astrofísica de Canarias y se trasladó al GTC en la Isla de la Palma, se diseñó una estructura que contenía un sistema de absorción contra impactos considerando sus características del mismo. (Garzón et al, 2016) De igual manera para el espectrógrafo MEGARA, se diseñó una estructura para trasladarlo, en este caso el espectrógrafo está compuesto por diferentes unidades, por lo que solo se trasladó una parte de éste en la estructura diseñada y las demás unidades fueron trasladadas en contenedores universales, el diseño de una estructura para el traslado depende de la fragilidad de cada componente del instrumento astronómico. En la figura 2 se muestran los instrumentos astronómicos citados en la tabla 1. (Pérez et al, 2018)

Existen diversos instrumentos astronómicos en observatorios de todo el mundo, sin embargo no existe suficiente información de su traslado, algunos ejemplos son MUSE un conjunto de espectrógrafos construidos en Europa e instalados en Chile, que aunque se menciona que su traslado fue complicado debido al número de espectrógrafos, no se especifica como fue llevado a su lugar de instalación. (First Light for MUSE, 2014) Por otro lado también está el espectrógrafo Harps quien también se construyó en Europa y se instaló en Chile, sin embargo no se dan detalles de su traslado al lugar de instalación. (HARPS ve la luz solar por primera vez, 2018)

Tabla 1: Instrumentos astronómicos transportados de su lugar de manufactura, hasta su lugar de instalación. (Joshep O. Ward, 2018; Garzón et al 2018; Pérez et al, 2018)

Nombre del Instrumento Astronómico	Tipo de viaje	Sujeción, contenedor, y/ plataforma	Material principal	Masa	Dimensiones	Año de instalación
James Webb	<ul style="list-style-type: none"> • Terrestre • Aéreo • Marítimo 	OSTTARS	Acero	6.2 Toneladas	21 m de largo 14 de ancho	2021
EMIR	<ul style="list-style-type: none"> • Terrestre • Marítimo 	Estructura con sistema de absorción pasiva de impactos.	Acero	5 Toneladas	3 m de diámetro	2016
MEGARA	<ul style="list-style-type: none"> • Terrestre • Marítimo 	Estructura	Acero	-	-	2017

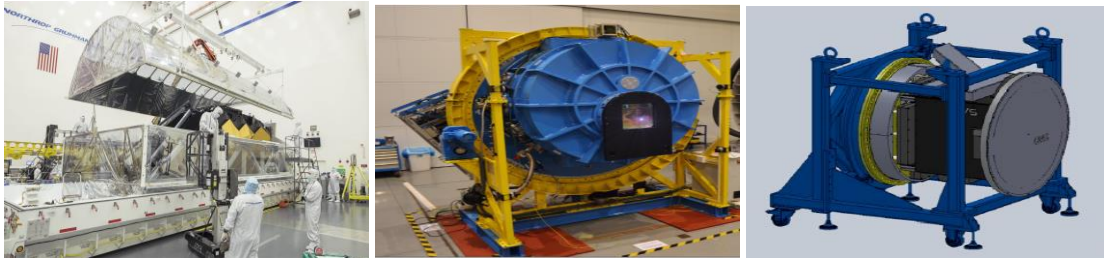


Figura 2: a) Telescopio James Webb.[7] b) Espectrógrafo EMIR.[8] Espectrógrafo EMIR.[4]

2. Investigación de requerimientos del instrumento astronómico para su transporte

Para transportar al instrumento astronómico se requiere una estructura de transporte que cumpla con los siguientes requerimientos, así como los que se mencionan en la tabla 2.

- Aseguramiento del traslado del Instrumento Astronómico (Vía aérea, marítima y terrestre).
- Soportar la masa del criostato, banco óptico y mecanismos montados sobre el banco óptico.
- Debe ser perfil estructural, con dimensiones que garanticen la estabilidad del sistema.
- La masa de la estructura no debe ser mayor a 300 kg.
- La estructura debe tener la capacidad de trasladar al instrumento astronómico del sitio de integración óptica hasta el GTC.
- La estructura debe ser una pieza mecano soldada (preferentemente).
- Tener un factor de seguridad mayor de 2.5.
- Contar con algún sistema de absorción de vibraciones y aceleraciones.
- Incluir sistema de anclaje al piso para evitar movimientos horizontales en estado dinámico.
- Tener una interfaz de sujeción entre la estructura de transporte y el criostato.
- Tener un sistema de sujeción (cáncamo).
- Garantizar una adecuada sujeción entre el criostato y la estructura de transporte.

Tabla 2: Requerimientos ambientales para transportar al instrumento astronómico

Requisitos ambientales			
FR/ET/REQ 014	La estructura debe tener la capacidad de soportar condiciones ambientales.	Condición	Requerimientos
		Altitud	0 - 2300 m sobre el nivel del mar
		Limpieza	Polvo ocasional, tierra e insectos
		Temperatura	(-15°C - 35°C)
		Humedad relativa	0% - 100% con condensación
		Presión atmosférica	770 a 790 mbar
		Orientación gravitacional	Alineado al vector gravedad
		Impactos	2g en todos los ejes

3. Extracción de criterios y parámetros de los medios de transporte

Para trasladar al instrumento astronómico se utilizarán tres diferentes medios de transporte; aéreo, marítimo y terrestre, por lo que se presentarán diferentes aceleraciones durante el trayecto, las cuales se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Aceleraciones presentadas en el transporte terrestre, marítimo y aéreo. El eje Y se consideró como el eje gravitatorio como se muestra en la imagen.

Requerimientos Dinámicos			
FR/ET/REQ 013	Aceleración		
	Aérea.	Despegue	0.224 g
		Aterrizaje	-0.13g

Tabla 3: Aceleraciones presentadas en el transporte terrestre, marítimo y aéreo. El eje Y se consideró como el eje gravitatorio como se muestra en la imagen.

Requerimientos Dinámicos		
<p>FR/ET/REQ 013</p>	<p>Aceleración Terrestre.</p>	<p>Eje Z: 1g Eje Y: 1.5g Eje -Y: 1.5g Eje X: 0.69g Eje -X: 0.69g</p>
	<p>Aceleración Marítima.</p>	<p>Eje Z: 0.4g Eje Y: 1g Eje -Y: 2g Eje X: 0.8g</p>

4. Alternativas de diseño. 5. Determinación y validación de diseño de la estructura

En esta parte del proyecto utilizando el software Ansys se le realizó un análisis estático a la estructura 01 la cual se muestra en la figura 3, para determinar si está misma estructura se puede utilizar para un viaje multimodal aplicando las aceleraciones descritas en el paso 3.

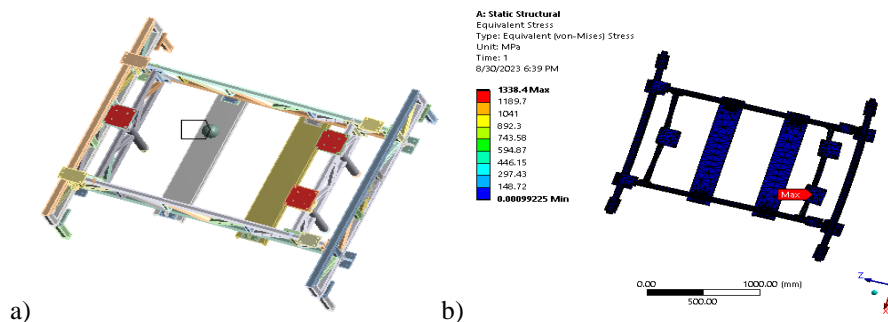


Figura 3: Estructura 01, utilizada para transportar al instrumento astronómico de Querétaro a Ciudad de México.

Después del análisis estático de la estructura 01 se obtuvo un esfuerzo máximo de 1338.4 MPa, por lo que se consideraría que no tiene la capacidad para ser utilizada para el traslado del instrumento astronómico en las condiciones con las que fue diseñada, es así que se le colocó 4 cartabones en las 4 extremidades inferiores de la estructura, para reforzarla y analizarla de nuevo de manera estática, y dinámica. En el análisis dinámico se realizó un análisis modal en el cual se encontraron 6 modos de vibración esto para conocer las frecuencias naturales y evitarlas cuando se traslade el instrumento puesto que si se originan vibraciones que coincidan con alguna de sus frecuencias naturales, la estructura entrará en resonancia ocasionando que esta se deforme o fracture ocasionando daños al instrumento astronómico. El análisis armónico se realizó para conocer los esfuerzos que se originan cuando se le aplican diferentes aceleraciones con la finalidad de simular las que se presentan en el transporte aéreo, marítimo y terrestre, así como obtener sus factores de seguridad, con la finalidad de determinar si reforzando dicha estructura se puede utilizar para el traslado del instrumento astronómico o en su defecto diseñar una nueva estructura.

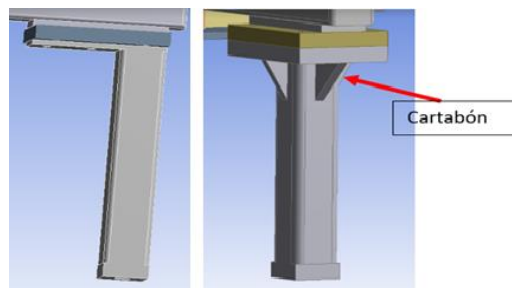


Figura 4: a) puntos de apoyo de la estructura 01. b) Cartabones en los puntos de apoyo.

Resultados y Análisis

En el análisis estático de la estructura 01, se obtuvo una deformación de 11.99 mm y un esfuerzo máximo de 1338.4 MPa con el que se obtuvo un factor de seguridad de 0.18. El factor de seguridad especifica la magnitud de la carga que se permite en un elemento, siendo una razón de la carga de falla y la carga permisible. La carga de falla es obtenida en un laboratorio por medio de ensayos experimentales en el material, para considerar que un factor de seguridad es aceptable, debe ser igual o mayor a 1, sin embargo de acuerdo al tipo de pérdidas por fallo estructural se exigirá que la magnitud de este factor sea más alto. En este análisis el material que se definió para la estructura es acero estructural por lo que el esfuerzo máximo de falla es de 250MPa, sumado a ello en las condiciones de transporte se definió que el factor de seguridad para la estructura 01 sea de 2.5 de modo que el valor obtenido en el primer análisis estático no es aceptable. (Hibbler, 2017, p.46)

En el segundo análisis estático de la estructura 01 con su rediseño en las extremidades inferiores como se mostró en la figura 4, se obtuvo una deformación total de 0.154 mm y un esfuerzo de 88.620 MPa con un factor de seguridad de 2.821, siendo mayor al F.S 2.5 requerido en el paso 2. Las frecuencias naturales obtenidas en el análisis modal se encuentran en la tabla 4, así como sus deformaciones totales y los ejes que tuvieron mayor participación en cada modo.

Tabla 4: Frecuencias naturales, deformación total y los ejes que tienen mayor participación en los 6 modos de vibración.

Modo	Frecuencia Natural [Hz]	Deformación Total [mm]	Eje del Factor de participación	Eje de Rotación
1	5.958	0.684	Z	X
2	8.330	0.810	X	Y
3	58.075	3.338	X	Y
4	62.289	4.761	Y	X
5	66.978	1.204	X	Z
6	78.619	4.004	Y	X

En la tabla 5, 6 y 7, se muestran las deformaciones totales y los esfuerzos producidos por las diferentes aceleraciones presentadas en los tres medios de transporte a utilizar, así como sus factores de seguridad.

Tabla 5: Esfuerzos máximos, deformación y factor de seguridad para las aceleraciones presentadas en el transporte marítimo

Transporte Marítimo				
Eje	Aceleración	Esfuerzo Máximo de Von Mises [MPa]	Deformación Total [mm]	Factor de Seguridad
X	0.8g	25.958	0.200	9.631
Y	1.0g	122.040	0.179	2.049
Y	- 2.0g	221.840	0.499	1.127
±Z	0.4g	88.736	0.103	2.817

Tabla 6: Esfuerzos máximos, deformación y factores de seguridad para las aceleraciones presentadas en el transporte terrestre.

Transporte Terrestre				
Eje	Aceleración	Esfuerzo Máximo de Von Mises [MPa]	Deformación Total [mm]	Factor de Seguridad
±x	0.69g	76.535	0.172	3.266
±y	1.50g	183.06	0.269	1.366
±z	1.00g	64.896	0.258	3.852

Tabla 7: Esfuerzos máximos, deformación y factores de seguridad para las aceleraciones presentadas en el transporte aéreo.

Transporte Aéreo			
Aceleración	Esfuerzo Máximo de Von Mises [MPa]	Deformación Total [mm]	Factor de Seguridad
0.224g	24.838	0.0574	10.065
-0.13g	9.2011	0.033	27.170

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el primer análisis estático, se determinó que no se puede utilizar la estructura con las primeras características con las que fue diseñada debido a que el esfuerzo máximo obtenido en el análisis estático es mayor al límite de fluencia del acero estructural (250MPa), con lo que se obtendría un factor de seguridad menor al que se determinó en las condiciones de transporte del instrumento astronómico, lo cual no garantizaría que la estructura permitiera llevar al instrumento astronómico sin que sufriera algún pernice, es por ello que se decidió realizarle una modificación a los puntos de sujeción, dando como resultado un F.S. mayor a 2.5, es por ello que se hizo el análisis dinámico, en el que la mayoría de sus factores de seguridad son mayores a el que se estableció en las condiciones de transporte salvo para el transporte marítimo con una magnitud de $Y = 2.049$, $-Y = 1.127$ y para el transporte terrestre de $Y = 1.366$.

Aunque los factores de seguridad son menores a 2.5 en el análisis dinámico con dirección al eje Y en el transporte marítimo y terrestre, se podría concluir que la estructura puede utilizarse para transportar al instrumento astronómico si se le coloca algún sistema de amortiguamiento contra impactos para que se incremente dicho factor en más de 1 unidad.

Referencias bibliográficas.

1. Gaceta UNAM. *Frida: Instrumento en el infrarrojo cercano de alta resolución espacial y espectral*. (2019). <https://www.gaceta.unam.mx/frida-instrumento-en-el-infrarrojo-cercano-de-alta-resolucion-espacial-y-espectral/>. [Último acceso: 31 de Octubre del 2022].
- 2.
3. Joshep O. Ward, C. B. (2018). [En línea]. *Precious Cargo: Transporting contamination-sensitive instruments*. USA. [Último acceso: 30 de Octubre del 2022].
4. Garzón, F., Castro, N., Insausti, M., Manjavacas, E., Miluzio, M., Hammersley, P., Cardiel, N., Pascual, S., González-Fernández, C., Molgó, J., Barreto, M., Fernández, P., Joven, E., López, P., Mato, A., Moreno, H., Núñez, M., Patrón, J., Rosich, J., & Vega, N. (2016). *EMIR at the GTC: results on the commissioning at the telescope. Ground-Based and Airborne Instrumentation for Astronomy VI*, 9908, 99081J. <https://doi.org/10.1117/12.2232885>
5. Pérez-Calpena, A., García Vargas, M. L., Gil de Paz, A., Castillo, Á., Martínez Delgado, I., Maldonado, M., Sánchez-Blanco Mancera, E., Sánchez, A., Verdet, A., Lefort, B., Pascual, S., Curto, A., García, O., Arrillaga, X., Carrera, I., Gonzalez, E., Gallego-Maestro, J., Carrasco Licea, E., Iglesias-Páramo, J., & Cedazo, R. (2018). *Delivery and integration of MEGARA at GTC: the risky process of going from laboratory to the telescope*. 13. <https://doi.org/10.1117/12.2311903>
6. *First light for MUSE*. (s/f). European Southern Observatory. Recuperado el 23 de Marzo de 2023 de <https://www.eso.org/public/news/eso1407/>
7. *HARPS ve la luz solar por primera vez*. (s/f). European Southern Observatory. Recuperado el 23 de Marzo de 2023, de <https://www.eso.org/public/spain/announcements/ann18033/>
8. *NASA's Webb prepares for additional testing*. (2018). NASA <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2018/nasa-s-james-webb-observatory-prepares-for-additional-testing>
9. *EMIR Near Infrared Multi-Object Spectrograph for GTC*. (s. f.). IAC. <http://research.iac.es/proyecto/emir/>
10. Hibbler, R. (2017). *Mecánica de Materiales*. Pearson. (9na ed.).

Elevando el Éxito Empresarial con Ciencia de Datos y Machine Learning en Python

Lic. Samuel Rosales Sosa¹, Lic. Tomás Sebastián Rosales Sosa²,
Lic. Mauricio Arias Cristiani³, Lic. América Fonz Gallegos⁴

Resumen—Uno de los desafíos más grandes en el mundo empresarial es identificar qué problema se busca resolver y para quien se va a resolver; reconocer a los clientes, quienes son y la relación con ellos son rasgos que incrementan significativamente el éxito empresarial. En este artículo se muestra un caso de uso de metodologías de Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial en Python orientado a la mercadotecnia con el objetivo de segmentar a los clientes y así crear campañas de publicidad más efectivas.

Se usaron datos extraídos de los clientes de una cadena de supermercados para entrenar un modelo que nos ayude a entender patrones en el comportamiento de los clientes. El modelo indica una segmentación de cuatro grupos cada uno con características distintas. Si dirigimos la publicidad a los avatares revelados por el modelo, se puede impactar de manera significativa el éxito de las campañas de publicidad.

Palabras clave—Inteligencia Artificial, Ciencia de Datos, Machine Learning, Mercadotecnia, Python.

Introducción

La tecnología a través de la historia ha sido optimizada a medida que nuevas necesidades emergen, y usualmente avanza a la misma velocidad a la que el humano puede trabajar en ella. La Inteligencia Artificial ha acaparado la atención durante los últimos años a través de todos los medios de comunicación y surgen nuevas maneras de optimizar procesos empresariales dentro de ellos la mercadotecnia. Es posible conocer las características de los clientes a profundidad a través de métodos tradicionales, aunque de una manera lenta, sin embargo, con metodologías de Ciencia de Datos y modelos de Machine Learning se hace disponible la capacidad de revelar patrones de comportamiento de los clientes, pudiendo así, otorgar una ventaja competitiva en el mercado.

“Una mejor definición de la ciencia de datos es la ingeniería de software con conocimientos de estadística, aprendizaje automático y optimización” (Nield, 2022), por lo que este es un trabajo multidisciplinario que involucra el lenguaje de programación usado durante este trabajo ha sido Python, acompañado de las paqueterías Pandas para la manipulación, exploración y limpieza de datos. Las paqueterías Matplotlib y Seaborn fueron usadas para visualizaciones y scikit-learn para la construcción del modelo.

Kotler Armstrong menciona en su libro Fundamentos de marketing, una introducción a la segmentación del mercado: “Los compradores de cualquier mercado difieren en sus deseos, recursos, ubicaciones, actitudes y prácticas de compra. A través de la segmentación del mercado, las empresas dividen los mercados grandes y heterogéneos en segmentos a los que pueden llegar de manera más eficiente y eficaz con productos y servicios que coinciden con sus necesidades únicas” (Philip & Kotler, 2022).

Metodología

Procedimiento

La metodología de Ciencia de Datos, según la IBM, se muestra en la Figura 1. La metodología empieza con la formulación de una pregunta de negocio para entender que problema buscamos resolver. El segundo paso es saber si una solución es viable, de así serlo, el profesional debe elegir cual es la óptima. Posteriormente, se requiere el formato específico que deben tener los datos, para después recopilarlos e interpretar los datos mediante el conocimiento del campo de estudio. Usualmente los datos están “sucios” con variables poco explicativas, celdas vacías o fuera de rango; para esto se explora los datos recopilados, se limpian y se valida si son suficientes, en caso de no serlos, se itera el paso de la recopilación de los datos. La construcción del modelo inicia desde el enfoque analítico,

¹ El Lic. Samuel Rosales Sosa es egresado de la Lic. En Actuaría en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 182A9013@egresados.ujat.mx (autor correspondiente)

² El Lic. Tomás Sebastián Rosales Sosa es egresado de la Lic. En Actuaría en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco 162A9003@egresados.ujat.mx

³ El Lic. Mauricio Arias Cristiani es egresado de la Lic. En Actuaría en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 182A9001@egresados.ujat.mx

⁴ La Lic. América Fonz Gallegos es egresada de la Lic. En Actuaría en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco 182A9002@egresados.ujat.mx

por ejemplo, en caso de necesitar una respuesta binaria como si o no, se construye un modelo de clasificación. Antes de implementar el modelo es necesario probar su exactitud, y una vez que cumple con las necesidades expuestas en la comprensión del negocio. Para la implementación, en ciertos casos un reporte escrito es suficiente y en otros una solución integrada a un sistema más complejo puede ser la mejor decisión. Una vez haya sido implementado la solución es vital obtener retroalimentación del usuario final para identificar fallas y mejoras en el sistema. Las soluciones de Ciencia de Datos son iterativas donde la comunicación con el negocio es fundamental para el éxito de la implementación, esto significa volver a lo básico y preguntar ¿Estamos resolviendo verdaderamente el problema?

Para este caso de uso, el objetivo es entender a profundidad a los clientes de una cadena de supermercado para dirigir el contenido publicitario de manera efectiva. La pregunta es si una segmentación de clientes tiene como resultado un menor gasto en publicidad y un mayor retorno de inversión o un aumento en ventas.

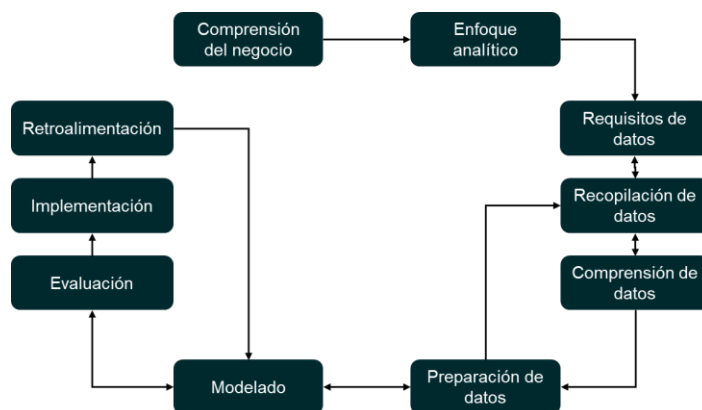


Figura 1. Metodología de Ciencia de Datos, IBM.

Esta solución, por sus características, no requiere de una solución integrada dentro de un sistema complejo. Para comprender a los clientes bastaría con un reporte escrito en el cual se indica la segmentación que el algoritmo encontró y una descripción detallada a nivel negocio de cómo se deben dirigir las campañas de publicidad. Ya que buscamos entender comportamientos, significa que no tenemos etiquetas que nos indiquen algún resultado previo; para este tipo de problemas el enfoque analítico es de un modelo Aprendizaje Automático No Supervisado. Requerimos el formato de los datos como una tabla, que cada fila sea un cliente y que cada columna sea un atributo de este. Usualmente esta solución implicaría recopilar la información de la base de datos del cliente, sin embargo, ya se contaba con un archivo “.csv” que contaba con los datos necesarios. Para entender los datos desarrollamos una exploración inicial. El análisis indica 2240 entradas, 24 de las cuales tienen valores nulos y 29 variables o columnas. Hay muchas categorías dentro de ciertas variables, las cuales simplificamos más adelante al renombrarlas. No había ninguna observación fuera de rango para las variables numéricas, sin embargo, creamos una variable nueva que indica cuantos días un cliente ha sido uno a partir de la fecha en que comenzó a comprar en el supermercado. Un estudio de la correlación indica pistas acerca de los datos, por ejemplo, se encontró que existe una fuerte correlación positiva entre el ingreso y el gasto; un incremento positivo en el ingreso indica un incremento positivo en el gasto.

Es vital verificar la existencia de valores atípicos que puedan afectar la precisión del modelo, normalmente estas son eliminadas. La mayoría de los modelos de Aprendizaje Automático no aceptan variables categóricas, por lo que deben ser transformadas a numéricas, y es en ocasiones esencial escalar los datos. Los datos son escalados debido a la diferencia entre variables que indiquen una cantidad monetaria, otro tiempo u otra la cantidad de miembros en una familia; los modelos pueden perder precisión debido a estas diferencias en escalas.

Para esta solución es imperativo que antes de modelar introduzcamos información fácil de interpretar y de calidad. Los datos disponibles cuentan con 2240 entradas y 29 variables; ciertos modelos pueden perder precisión e interpretabilidad con tantas variables al momento de entrenar el modelo y ver que variables contribuyen a cierto resultado. Con lo anterior en consideración, se creó otro conjunto de datos de tres únicas variables mediante el Análisis de Componentes Principales que nos permite reducir las dimensiones de los datos manteniendo al mínimo la pérdida de la información y manteniendo interpretabilidad. Una proyección en tres dimensiones de los datos reducidos en dimensión se encuentra en la Figura 2.

El último reto antes de modelar consiste en saber cuántos grupos se segmentarán en el conjunto de datos, la solución es expuesta por el método del codo, nombre proveniente del aspecto de la gráfica final. El método busca

obtener el valor de los “k” grupos apropiados, balanceando una métrica de distorsión para cada valor “k”. El método indica que un valor de cuatro para “k” es óptimo, la Figura 3 muestra la gráfica por la cual se la atribuye el nombre del método del codo.

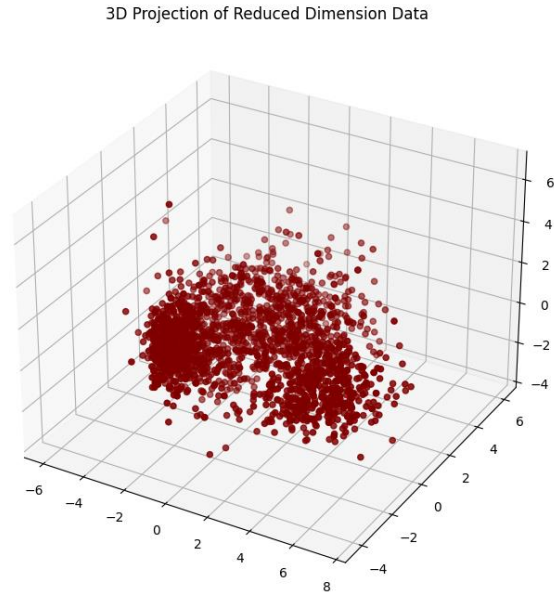


Figura 2. Proyección de los datos en 3 dimensiones, después de reducción.

El trabajo desarrollado hasta este punto es usualmente el que toma alrededor del 80% del tiempo en toda la implementación de la solución. El modelo seleccionado se llama “Agglomerative Clustering” o “Agrupación Aglomerativa” en español, el cual consiste en agrupar cosas similares de forma jerárquica. Este algoritmo ordena a un grupo grande en grupos cada vez más pequeños en función de lo parecidos que sean entre sí.

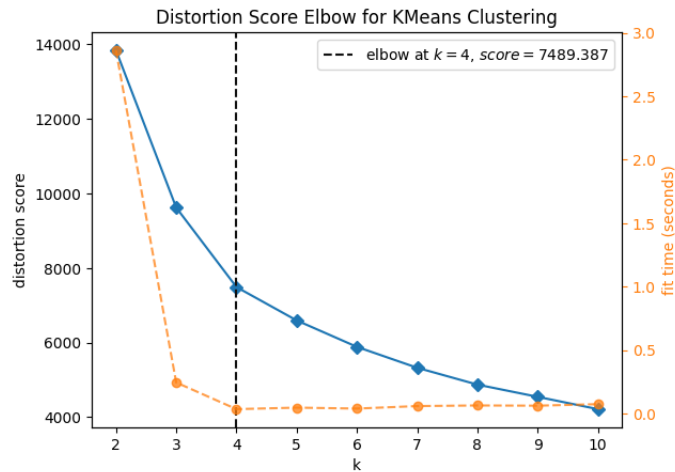


Figura 3. Método del codo, k=4.

Resultados

Análisis

Los resultados obtenidos del algoritmo pueden ser visualizados en la Figura 4, la cual es una proyección en 3 dimensiones de los 4 grupos que el modelo encontró.

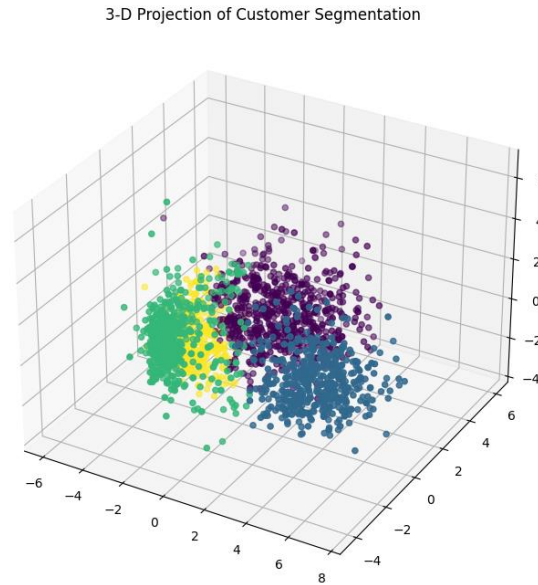


Figura 4. Proyección de la segmentación de clientes.

Para identificar qué características se atribuyen a cada grupo es necesario indagar más usando las etiquetas que el algoritmo reveló. La primera pregunta y la más natural de hacer en el ámbito empresarial, sería referente a cuanto gasta cada grupo; para dichos propósitos se muestra la gráfica del extremo derecho de la Figura 5, la cual es una representación gráfica del gasto respecto al ingreso en función de cada grupo. La gráfica de la izquierda de la Figura 5 muestra el total de campañas de publicidad aceptadas por cada grupo; se observa que la gran parte de los clientes compró sin haberlo hecho debido a una campaña de publicidad.

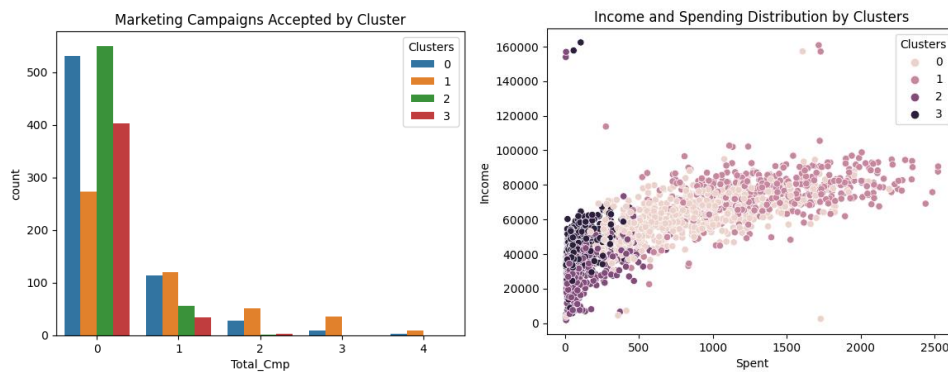


Figura 5. Resultados de campañas publicitarias.
Relación Ingreso y Gasto por grupos.

En el grupo uno se encontró un ingreso medio, acompañado de un gasto alto. En el grupo dos tiene características de ingresos y gastos altos. Por otro lado, el grupo tres se compone de individuos con ingresos y gastos bajos, mientras que el grupo cuatro de ingreso bajos y gastos altos.

Por otra parte, se observa en la gráfica del extremo izquierdo de la Figura 6 que la edad no juega un papel tan determinante para que un cliente gaste más en sus compras de supermercado.

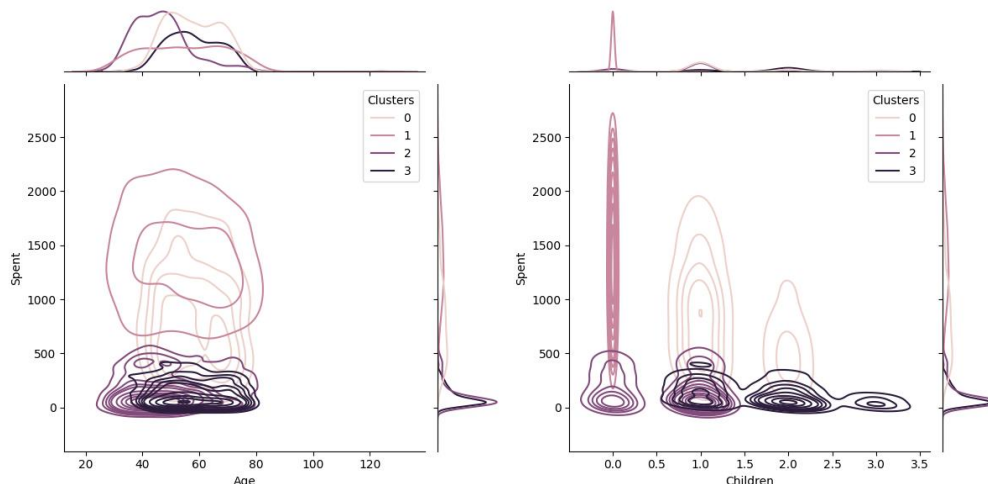


Figura 6. Relación Gasto y Edad, por grupos.
Gasto por número de hijos en la familia, por grupos.

Analizar si la cantidad de hijos afecta los comportamientos de compras del grupo de familia como unidad es vital para una mejoría en las campañas publicitarias. En el extremo derecho de la Figura 6 podemos ver el nivel de gasto dada la cantidad de hijos que tenga el grupo.

Conclusiones

Sintetizando toda la información recopilada de este análisis, a continuación, se detallan las conclusiones de las características que hacen a cada grupo diferente de otros en la segmentación.

El grupo uno se encontró un ingreso medio, acompañado de un gasto alto. Entre otras características se observa a un grupo relativamente viejo en edad, usualmente son padres de familia en la cual hay entre dos y cuatro miembros. Los padres solteros son parte de este grupo. Este grupo puede tener un adolescente dentro de la familia.

Los individuos de todas las edades, sin hijos, solteros o con pareja, con ingresos y gastos altos son características del grupo dos. Por otro lado, el grupo tres se compone de individuos con ingresos y gastos bajos, donde son relativamente jóvenes, la mayoría tiene un solo hijo el cual usualmente no es un adolescente. Las familias de este grupo se componen de máximo tres miembros y la mayoría son padres de familia.

Por último, el grupo cuatro son individuos de ingreso bajos y gastos altos. Son relativamente viejos, padres de familia con usualmente un adolescente. Es un grupo con familias de entre dos y cinco miembros.

Limitaciones

El principal obstáculo para proveer más información y mejorar el algoritmo de Aprendizaje Automático fue el tiempo y los recursos. Después de los datos analizados en este proyecto ya no se contó con datos adicionales de resultados de campañas publicitarias posteriores, de no ser así, experimentos pudieron haber sido dirigidos con grupos de control. De tener más datos, pudieron haber sido dirigidas múltiples pruebas A/B, donde probamos la significancia estadística de una métrica comparando los resultados de un grupo a los que se les expone a cierto contenido comparando a uno al que no. Definitivamente, la información que revela el algoritmo es útil, sin embargo, las soluciones de Ciencia de Datos son creadas para proporcionar valor constantemente, por lo que un reporte de negocio sólo sería el inicio de un proyecto en el cual se monitorea constantemente los resultados de las campañas y como se pueden mejorar mediante toma de decisiones con datos.

Recomendaciones

Aún y más información que se puede explorar referente a estos datos y esta solución, por ejemplo, los investigadores, con un conjunto de datos de otra compañía, pueden dedicar su atención a recabar información campañas publicitarias después de la implementación de las recomendaciones que surgen a raíz de la segmentación de clientes, con el fin de monitorear los resultados.

Ya que no se cuenta con una métrica con la cuál hacer comparaciones se decidió no definirla en el cuerpo del artículo, sin embargo, se recomienda usar un Indicador Clave de Rendimiento (KPI), usualmente una tasa, para monitorear el éxito de implementaciones en las campañas de publicidad y las ventas. Se sugiere la tasa de conversión como KPI, que indicaría cuantas personas convirtieron o compraron algún producto o promoción.

Finalmente sugerimos no escatimar la creatividad con la cual se pueda implementar el seguimiento del éxito de las campañas publicitarias, séase usado con productos específicos, con promociones o sólo con datos demográficos. Por ejemplo, si el análisis reveló que un grupo tiene un mayor gasto y hay correlación negativa con la cantidad de hijos que tiene, una campaña de publicidad que sugiera productos más caros como el vino o cortes finos serían de mayor interés para dicho grupo. Análogamente, se hace la recomendación con promociones personalizadas.

Referencias

- Nield, T. (2022). *Essential Math for Data Science* (1.ª ed., pp. 259–260). Sebastopol: O'Reilly Media, Inc. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.
- Metodología Fundamental para la Ciencia de Datos (1.ª ed., pp. 1–6). (2015). (1.ª ed.). New York: IBM Corporation. Recuperado de <https://www.ibm.com/downloads/cas/6RZMKDN8>
- Python Release Python 3.11.5. (s. f.). Python.org. <https://www.python.org/downloads/release/python-3115/>
- Pandas documentation — Pandas 2.1.1 documentation. (s. f.). <https://pandas.pydata.org/docs/index.html>
- SciKit-Learn: Machine Learning in Python — SciKit-Learn 1.3.1 documentation. (s. f.). <https://scikit-learn.org/stable/index.html>
- Seaborn: Statistical Data Visualization — Seaborn 0.12.2 documentation. (s. f.). <https://seaborn.pydata.org/#>
- Philip, G., & Kotler, A. (2022). *Fundamentos de marketing* (11.ª ed., p. 165). Ciudad de Mexico: Pearson Education, Inc. Ciudad de Mexico: Pearson Education, Inc.

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

1. ¿Cuál es la metodología de Ciencia de Datos para resolver problemas?
2. ¿Cuál es el enfoque analítico correcto para este problema?
3. ¿Cuáles son los requerimientos de los datos? ¿En qué formato? ¿Qué variables se necesitan?
4. ¿Qué información se revela después de una exploración inicial?
5. ¿Ciertas variables deben ser transformadas?
6. ¿Qué transformación requiere cada variable?
7. ¿Qué algoritmo es óptimo para revelar patrones de compra en los clientes?
8. ¿Cuántos grupos se deben identificar en la segmentación de clientes?
9. ¿Qué características se le atribuyen a cada grupo de la segmentación?
10. ¿Qué tipo de implementación es necesaria?
11. ¿Qué limitaciones existen en esta investigación?

Caracterización Morfológica de Fruto de Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims)

M.C. Ana Luisa Sánchez Monteón¹, Dra. Cecilia Rocío Juárez Rosete²,
Dr. Gelacio Alejo Santiago³, Dra. Circe Aidín Aburto González⁴, M.C. Moisés Ignacio Ortiz Vega⁵

Resumen— La investigación se realizó en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit con el objetivo de caracterizar frutos de maracuyá en dos estados de madurez provenientes de cuatro localidades de Nayarit. El diseño experimental fue completamente al azar con diez repeticiones, siendo factorial; el primero consistió en dos estados de madurez del fruto, fisiológica y de consumo; el segundo, el predio de origen de la fruta. Las variables fueron; peso fresco de fruto, diámetros longitudinal y ecuatorial del fruto, grosor de la corteza, amplitud de la cavidad, cantidad de semillas por fruto, peso fresco de corteza, peso de jugo, peso total semillas y proporción de las partes que conforman el fruto. De manera general la localidad de la Galicia del municipio de Compostela, Nayarit presentaron caracteres fenotípicos deseables que pueden ser útiles desde el punto de vista agronómico, de mejoramiento genético, de mercado y consumo.

Palabras clave— Caracterización de fruto, maracuyá, morfología de frutos.

Introducción

El maracuyá, granadilla o fruta de la pasión (*Passiflora edulis*) pertenece a la familia Passifloraceae, género *Passiflora* que comprende alrededor de 500 especies; de ellas, solo 20 variedades son comestibles y las especies más cultivadas con fines comerciales en el mundo son fruta de la pasión amarilla (*P. edulis f. flavicarpa* Degener), fruta de la pasión morada (*P. edulis* Sims) y fruta de la pasión dulce (*P. alata*) (Yapo y Koffi, 2006; Fraife Filho *et al.*, 2010); pero, solo la fruta de la pasión amarilla es cultivada en el 95 % de los huertos comerciales (Meletti *et al.*, 2005) con fines alimenticios por el consumo de frutos, medicinales u ornamentales (Martin y Nakasone, 1970).

En México, el maracuyá se introdujo en 1963 con tres selecciones de Brasil, Venezuela y Hawaii. Según Wenkam (1990), esta fruta es valorada no solo por su sabor, aroma y comercialización natural para la preparación de helados de crema, bebidas suaves y dulces sino también por su contenido de sustancias indispensables en la nutrición humana como fibras, sales minerales, así como compuestos fenólicos y flavonoides útiles en la preparación de nuevos productos (Salinas, 2010), además tiene efecto antiviral (Müller *et al.*, 2007), previene enfermedades degenerativas y tiene propiedades sedativas y ansiolíticas (Sousa *et al.*, 2007). No obstante, durante el desarrollo y madurez del fruto, este sufre transformaciones tanto externas como internas.

Por ejemplo, Agustí (2004) señala que, durante la fase de desarrollo de fruto, la coloración del pericarpio cambia, el contenido de almidón disminuye, la concentración de azúcares aumenta, el contenido de ácidos se reduce y otros cambios físicos y químicos. En esta etapa, el fruto pierde firmeza, aumenta su sensibilidad a las condiciones del medio, pierde el control metabólico e inicia su senescencia.

Para lograr un conocimiento integral de las características de maracuyá que permitan generar estrategias de conservación y utilización para el mejoramiento de la especie, se considera que es indispensable primero describir variables que conforman el fenotipo y encontrar las diferencias que lo hacen variar como producto de la interacción con el ambiente aun cuando pertenezcan al mismo genotipo, ya que el maracuyá es una especie poco estudiada y la información para conocer la variabilidad de esta especie y en muchos frutales es escasa.

Actualmente existen descriptores propuestos por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (Biodiversity Internacional) que toman en consideración variables fenotípicas de órganos vegetales, en particular las de hoja en frutales como aguacatero (*Persea americana* L.), vid (*Vitis vinifera* L.), marañón (*Anacardium occidentale*

¹ M.C. Ana Luisa Sánchez Monteón es Docente en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit. ana.sanchez@uan.edu.mx (autor correspondiente)

² La Dra. Cecilia Rocío Juárez Rosete es Docente en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit. cecilia.juarez@uan.edu.mx

³ El Dr. Gelacio Alejo Santiago es Docente en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit. gelacio.alejo@uan.edu.mx

⁴ La Dra. Circe Aidín Aburto González es Docente en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit. circe.aburto@uan.edu.mx

⁵ El M.C. Moisés Ignacio Ortiz Vega es Docente en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit. moises.ortiz@uan.edu.mx

L.), persimonia (*Diospyros kaki* L.) y litchi (*Litchi chinensis* Son n.) y de frutos y semillas como los que empleó Gutiérrez (2009) para caracterizar árboles nativos de aguacate.

Por tal motivo, el presente trabajo pretende mostrar la información morfológica generada de frutos producidos en cuatro localidades de Nayarit, sobre la base de indicadores físicos propuestos y utilizados en otros cultivos.

Metodología

Procedimiento

La caracterización de los frutos de maracuyá se realizó en el Laboratorio de Usos Múltiples ubicado en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, localizada en el km 9 de la carretera Tepic, Nayarit - Puerto Vallarta, Jalisco.

El material utilizado fueron frutos de maracuyá cosechados al azar en estado de madurez fisiológica y de consumo en cuatro predios diferentes del estado de Nayarit. Los frutos una vez cosechados se llevaron inmediatamente al laboratorio para su lavado y toma de datos de las características fenotípicas a evaluar.

El diseño experimental fue completamente al azar con diez repeticiones. El diseño de tratamientos es factorial; el factor A es el estado de madurez del fruto (fisiológica y de consumo) y el factor B el predio de origen de la fruta (Cuadro 1). La unidad experimental se conformó por dos frutos.

Tratamiento	Factor A Estado de madurez del fruto	Factor B Origen del fruto
1	Madurez fisiológica	I Don Gumaro (Compostela)
2		II La Galicia (Compostela)
3		III La Yerba (Tepic)
4		IV El Rosario (Amatlán de Cañas)
5	Madurez de consumo	I Don Gumaro (Compostela)
6		II La Galicia (Compostela)
7		III La Yerba (Tepic)
8		IV El Rosario (Amatlán de Cañas)

Cuadro 1. Tratamientos formados para caracterizar frutos de maracuyá de lugares diferentes del estado de Nayarit.

Las variables fueron; peso fresco de fruto, diámetros longitudinal y ecuatorial del fruto, grosor de la corteza, amplitud de la cavidad, cantidad de semillas por fruto, peso fresco de corteza, peso de jugo, peso total semillas y proporción de las partes que conforman el fruto.

A los resultados de las variables en estudio se les aplicó el análisis de varianza ($P \leq 0.05$) y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Resultados

Se presentan los resultados obtenidos de las características fenotípicas de frutos de maracuyá cosechados de sitios comerciales de los municipios Compostela, Tepic y Amatlán de Cañas, Nayarit. Los cultivos se encuentran en altitudes que oscilan de 735 a 1020 m, a temperaturas promedio de $22.9 \pm 2^\circ\text{C}$ y precipitaciones entre 800.3 y 1451.9 m. Con la presente investigación se logró constatar que los productores establecen el cultivo en traspatio y campo bajo diversos sistemas de tutorado (espaldera en forma de ramada y vertical, en ladera y planicie), así como en ladera sin espaldera, es decir, las plantas están sobre árboles de aguacate; otro punto observado es que no cuentan con sistema de riego, por lo que dependen de la precipitación anual.

Resultados del análisis de varianza para las características morfológicas de frutos de *Passiflora edulis*

Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencia estadística ($P \leq 0.01$ y 0.05) entre tratamientos en las variables diámetro longitudinal de fruto, amplitud de cavidad, peso fresco de cáscara, peso de 100 semillas (Cuadro 2) y efecto simple significativo entre predios en las características diámetro longitudinal, amplitud de cavidad, peso fresco de cáscara, peso de 100 semillas y peso de jugo; el coeficiente de variación para estas variables osciló de 32.76 a 9.72 % y el efecto entre estados de madurez únicamente resaltó el peso fresco de cáscara, lo que indica que esta variación en las características morfológicas puede ser debido a las condiciones ambientales presentes y sistema de producción manejado en cada una de las localidades evaluadas o derivada de las características intrínsecas propias

de la especie (Franco e Hidalgo, 2003). Las variables que más contribuyeron con esta variación entre localidades están asociadas con el peso de jugo (32.76 %) y peso fresco de cáscara (28.66 %) y en los estados de madurez únicamente con peso fresco de cáscara (28.66 %). Estos valores señalan que con estos caracteres es posible identificar frutos o plantas con indicadores morfológicos superiores y por tanto un progreso genético del material evaluado de diferentes localidades; situación contraria se observó para diámetro longitudinal de fruto y amplitud de cavidad que contribuyen con menos del 11.10 % de la variación.

VARIABLE	FACTOR DE VARIACIÓN	Pr > F	C.V. (%)	MEDIA GENERAL
Peso fresco de fruto (PFF, g)	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.5147 ^{ns} 0.8900 ^{ns} 0.558 ^{ns} 0.8682 ^{ns}	63.11	140.41
Diámetro ecuatorial de fruto (DEF, mm)	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.7441 ^{ns} 0.3869 ^{ns} 0.4453 ^{ns} 0.5577 ^{ns}	7.46	67.50
Diámetro longitudinal de fruto (DLF, mm)	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.5402 ^{ns} 0.0016 ^{**} 0.4144 ^{ns} 0.0102 [*]	9.72	73.01
Grosor de cáscara (GC, mm)	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.0743 ^{ns} 0.6129 ^{ns} 0.6854 ^{ns} 0.4803 ^{ns}	27.62	6.31
Amplitud de cavidad (AC, mm)	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.5527 ^{ns} 0.0001 ^{**} 0.3610 ^{ns} 0.002 ^{**}	11.09	51.83
Cantidad total de semillas/fruto (CTS, número)	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.7348 ^{ns} 0.1323 ^{ns} 0.6952 ^{ns} 0.4041 ^{ns}	30.43	262.5
Peso fresco de cáscara (PFC, g)	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.0028 ^{**} 0.0008 ^{**} 0.9240 ^{ns} 0.0008 ^{**}	28.66	62.77
Peso de 100 semillas (PCS, g)	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.9460 ^{ns} 0.0007 ^{**} 0.8510 ^{ns} 0.0108 [*]	16.20	2.64
Peso de jugo (PJ, g)	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.8201 ^{ns} 0.0189 [*] 0.3951 ^{ns} 0.0733 ^{ns}	32.76	37.77

Cuadro 2. Resultados del análisis de varianza obtenidos durante la caracterización morfológica de fruto de Maracuyá (*Passiflora edulis*). $P \leq 0.01$ Altamente significativo **, $P \leq 0.05$ Significativo *, $P \geq 0.05$ No significativo. C.V. (%) = Coeficiente de variación (porcentaje).

Resultados del análisis de varianza para los componentes de fruto de *Passiflora edulis*

Con relación al peso total del fruto, en el cuadro 3 se muestran los resultados del análisis de varianza obtenidos para los componentes del fruto de maracuyá, donde se observa entre tratamientos presencia estadística

($P \leq 0.01$) para la corteza y significativa ($P \leq 0.05$) en el contenido de jugo y placenta; la variación de estas tres estructuras estuvieron en función al estado de madurez de los frutos; en tanto que entre localidades, las partes del fruto que más contribuyeron en esta desviación están relacionadas con el porcentaje de corteza y placenta. El porcentaje promedio de placenta es la variable con coeficiente de variación más alto (52.86 %), esto es debido a las diferencias entre el estado de madurez de los frutos y a las condiciones ambientales donde se desarrollaron los frutos considerados para este estudio. Con relación al peso total promedio del fruto (140.1 g), la corteza tiene un porcentaje mayor, ya que corresponde al 47.67 %, en tanto que entre el jugo y la placenta constituyeron el 51.81 % (Cuadro 2), porcentajes que difieren a los reportados por Campbell et al. (1997) y Espinos et al. (2005), quienes obtienen en materiales evaluados en Tlaquiltepec y Huamantitlan, Guerrero, México respectivamente, valores superiores entre el 70 y 83.9 %, estimación que refleja una diferencia mayor del 26 al 38 % en el contenido de pulpa entre los materiales de maracuyá de Guerrero y Nayarit.

VARIABLE (%)	FACTOR DE VARIACIÓN	Pr > F	C.V. (%)	MEDIA GENERAL
Semilla	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.5792 ^{ns} 0.2277 ^{ns} 0.7649 ^{ns} 0.5561 ^{ns}	31.10	0.52
Corteza	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.0001** 0.0007** 0.3056 ^{ns} 0.001**	19.36	47.67
Jugo	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.0053* 0.3083 ^{ns} 0.2658 ^{ns} 0.0372*	26.60	28.82
Placenta	A=Madurez B=Predios A*B Tratamientos	0.0473* 0.0124* 0.2632 ^{ns} 0.0116*	52.86	22.99

Cuadro. 3. Resultados del análisis de varianza para los componentes de fruto obtenidos durante la caracterización morfológica de fruto de Maracuyá (*Passiflora edulis*). $P \leq 0.01$ Altamente significativo **, $P \leq 0.05$ Significativo *, $P \geq 0.05$ No significativo. C.V.(%) = Coeficiente de variación (porcentaje).

Conclusiones

Las características morfológicas de los frutos de maracuyá variaron debido a su estado de madurez, a las condiciones ambientales prevalecientes y sistemas de producción manejado en cada uno de los sitios evaluados.

Los indicadores más significativos en esta caracterización fueron el diámetro longitudinal, amplitud de cavidad, peso fresco de cáscara y peso de semillas.

La relación de las dimensiones longitudinal y ecuatorial del fruto indicó que estos productos tienden a tener una forma elíptica.

De manera general, los frutos obtenidos del municipio de Compostela (Don Gumaro y La Galicia) mostraron tanto en MF como en MC el tamaño de cavidad y pesos de cáscara más sobresalientes.

En comparación al peso total del fruto, las partes del fruto que conforman su estructura las más destacadas en orden de importancia son la corteza, el jugo y la placenta donde en estos componentes predominaron los frutos de La Galicia.

La corteza es la parte de mayor asociación con el peso del fruto. Conforme el fruto madura existe una proporción menor de cáscara con relación al contenido de jugo y placenta. En este proceso se presenta una disminución en el peso de cáscara y un incremento en el contenido de jugo y de placenta.

En la mayoría de los indicadores morfológicos de fruto de maracuyá en ambos estados de madurez, los productos de la localidad de la Galicia del municipio de Compostela, Nayarit presentaron caracteres fenotípicos deseables que pueden ser útiles desde el punto de vista agronómico, de mejoramiento genético, de mercado y consumo.

Referencia

- Agustí, M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 493 p.
- Campbell, R. J.; Zill, G.; Mahdeem, H. 1997. New mamey zapote cultivars from tropical america. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. 41: 219-222.
- Espinosa Z., S.; Saucedo V., C.; Villegas M., A.; Ibarra E., M. E. 2005. Caracterización de frutos de zapote mamey (*Passiflora sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) en Guerrero, México. Proc. Interamerican Society Tropical Horticulture 48: 135-138.
- Fraife Filho G. A, Leite J. B. V., Ramos J. V. Passion fruit [Internet]. 2010 [updated 2010 Feb 27]. Available from:<<http://www.ceplac.gov.br/radar/maracuja.htm>>.
- Franco, T. L. e Hidalgo, R. (eds.). 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- Martin, W. M. y H. Y. Nakasone. 1970. The edible species of *Passiflora*. Economic Botany 24: 333-343.
- Meletti L. M. M., Soares-Scott M.D., Bernacci L. C. Phenotypic characterization in three selections of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). Revista Brasileira de Fruticultura. 2005; 27 (2): 268-72.
- Müller V, Chávez J. H., Reginatto F. H. 2007. Evaluation of antiviral activity of South American plant extracts against herpes simplex virus type 1 and rabies virus. Phytother Research. 21:970-4.
- Salinas. 2010. Guía Técnica para el cultivo de “Maracuyá Amarillo”, Instituto de Educación Técnica Profesional de Roldanillo Valle, 44p.
- Sousa C. M. M., Silva H. R., Vieira-Jr G. M., Ayres M. C. C., Costa C. L. S., Araújo D. S. 2007. Total phenolics and antioxidant activity of five medicinal plants. Química Nova. 30: 351-5.
- Wenkam, N. S. 1990. Food of Hawaii and the Pacific Basin. Fruits and fruit products. Raw, processed and prepared. Vol. 4. Composition. Res. Ext. Serv. No. 110, Hawaii Agr. Exp. Sta., College Trop. Agr. Human Resources, University of Hawaii, Honolulu.
- Yapo, B. M y K. L. Koffi. 2006. Yellow passion fruit rind-a potential source of lowmethoxyl pectin. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54(7):2738-2744.

Comparación de Dos Métodos de Extracción Tánica en Cinco Cortezas de Especies Maderables

M.C. Miriam Sedano Mendoza¹ y Andrea Guadalupe Silva Hernández²

Resumen—El objetivo de esta investigación es comparar dos métodos cuantitativos en medio acuoso para la obtención de taninos en la corteza de cinco especies maderables: método gravimétrico y método volumétrico (método de Lowenthal). Para el estudio experimental, el material se secó al aire libre, se molió y se tamizó hasta un tamaño de partícula de 846 μ . Se realizaron 9 réplicas para cada método y los cálculos se realizaron en base al peso anhidro del material. Los resultados de las extracciones mostraron que por el método gravimétrico la *A. maginum* presenta diferencia estadísticamente significativa la frente a las otras cuatro; y por el método volumétrico, las especies que presentan diferencia estadísticamente significativa son: *A. maginum* y *Quercus sp.* Los resultados del estudio estadístico mostraron que sí existe diferencia significativa entre las especies y por el método utilizado con un valor de significancia del $P < 0,05$.

Palabras clave—corteza, especies maderables, taninos, extracción.

Introducción

La industria de la transformación de la madera genera grandes cantidades de residuos, tales como la corteza que puede ser aprovechada como materia prima para nuevos productos (Avila-Calderón, 2012). Los fenoles son un grupo muy importante en la composición química de la corteza; su uso es muy amplio, pero, el más común es el de curtido de pieles, también tienen gran importancia en la industria farmacéutica (Romahn de la Vega, 1992). Los taninos son compuestos fenólicos solubles en agua y tienen propiedades especiales tales como la habilidad de precipitar alcaloides, gelatina y otras proteínas, según lo definen Bate-Smith y Swain (1962), citados por Isaza M. (2007). La técnica de laboratorio de extracción de los taninos es variable. Se ha utilizado extracciones sucesivas con sulfito de sodio y con hidróxido de sodio en medio acuoso con temperaturas que rondan los 70°C. Además, se ha trabajado con diferentes solventes de polaridad creciente (mezclas con hexano, acetona, metanol, etanol y agua). El método más utilizado es la mezcla etanol con agua a diferentes concentraciones ya sea por maceración o extracción directa (Marroquín, 2008; Aguilar López *et al.*, 2012; Rosales *et al.* 2003 y Orea *et al.* 2006). El objetivo de estudio para este trabajo El objetivo de esta investigación fue comparar dos métodos cuantitativos en medio acuoso para la obtención de taninos en la corteza de cinco especies maderables (método gravimétrico y método volumétrico o método de Lowenthal): *Pinus pseudostrobus*, *Eucalyptus nitens*, *Acacia mangium*, *Arbutus sp* y *Quercus sp.*

Metodología

Procedimiento

El material de estudio fue la corteza de 5 especies maderables que comúnmente se procesan en los aserraderos de la región oriente del Estado de Michoacán: *Pinus pseudostrobus*, *Quercus sp*, *Arbutus sp*, *Eucalyptus nitens* y *Acacia mangium* (Fig. 1). La corteza de las especies de *P. pseudostrobus*, *Quercus sp* y *Arbutus sp* se consiguieron de árboles provenientes de bosque natural mientras que la corteza de *E. nitens* y *A. mangium* se obtuvieron de una plantación forestal.

¹ Miriam Sedano Mendoza es Profesora de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera dependiente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en la Unidad Profesional de Ciudad Hidalgo, Michoacán, México. miriam.sedano@umich.mx (autor correspondiente)

² La C. Andrea Guadalupe Silva Hernández es egresada de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera dependiente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en la Unidad Profesional de Ciudad Hidalgo, Michoacán, México anylu.silh@gmail.com

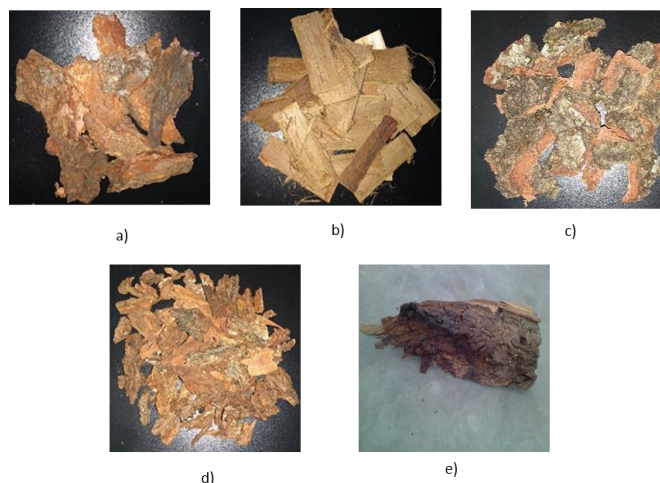


Figura 1. Corteza de madera a) *Pino pseudostrous*, b) *Eucalipto nitens*, c) *Acacia mangium*, d) *Arbutus sp* y e) *Quercus sp*.

Para iniciar el estudio, primero se recolectó e identificó la corteza una vez que el árbol fue derribado. Después el material se seleccionó y se secó a temperatura ambiente por aproximadamente tres semanas hasta que alcanzó un contenido de humedad constante. En seguida la corteza se trituró en un molino tipo Wiley hasta un tamaño de partícula que pasó la malla 20 (864 μ micras). Posteriormente la corteza seca y tamizada se almacenó y se etiquetó para proceder a la obtención del extracto tánico mediante la extracción acuosa con sulfito de sodio al 4%. Finalmente se determinó la cantidad del extracto obtenido por medio del análisis gravimétrico y volumétrico.

Determinación gravimétrica del extracto tánico.

Para la extracción gravimétrica se tomaron 4 gramos de corteza seca y tamizada y se colocaron en un matraz de tres bocas al cual se agregó una solución de sulfito de sodio al 4% en una relación 1:20. Esta mezcla se llevó a calentamiento durante una hora con agitación constante, manteniendo una temperatura de 70°C. Después se filtró la muestra, la parte líquida fue guardada en un recipiente plástico y la parte sólida fue secada en la estufa.

El contenido de extracto tánico en porcentaje se determinó con la siguiente fórmula:

$$\text{Extracto Tánico} = ((\text{Peso extracto tánico})/(\text{Peso inicial de la muestra})) \times 100$$

Determinación volumétrica del extracto tánico

La determinación volumétrica se llevó a cabo tomando 12.5ml. de la solución líquida que se obtuvo en la determinación gravimétrica y se llevó a un matraz erlenmeyer de 500 ml en el cual se le adicionaron 10ml. del indicador índigo carmín para después añadir 375 ml. de agua destilada. Posteriormente se realizó una titulación con permanganato de potasio 0.1N hasta que se observó un color amarillo. De igual manera se preparó una muestra en blanco con agua destilada en las mismas condiciones y se tituló.

El porcentaje de taninos en la corteza se obtuvo por:

$$\% \text{Tanino en el extracto} = \left[\frac{0.1N(mlo - mlb) * (Pfg / (\#e)^{-} / 1eq)) * (1eq/1000meq)}{4} \right] * 100$$

Donde:

N= normalidad

mlo= mililitros del Permanganato de potasio gastados en la muestra problema.

mlb= mililitros del Permanganato de potasio gastados en la muestra en blanco.

Pfg= Peso fórmula en gramos de tanino

#e= número de electrones intercambiados (2 e-)

Tenemos que el punto de equivalencia, los miliequivalentes de $KMnO_4$ son iguales a los miliequivalentes de taninos, por lo tanto:

$$1 \text{ meq } KMnO_4 = 1 \text{ meq de tanino}$$

$$0.1N(mLo - mLb) = (4.2 \text{ mg tanino}) / 1000 * (\#e^{-}) / Pfg * 1000 \text{ meq} / 1 \text{ eq} * (12.5 \text{ ml}) / (100 \text{ ml})$$

$$Pfg = (4.2 \text{ g tanino} * (2e^{-}) * (12.5 \text{ ml})) / (0.1N * (mLo - mLb) * 100 \text{ ml})$$

La ecuación de obtención del peso fórmula gramo (Pfg) se obtuvo en base a los 4 gramos de muestra iniciales y a la siguiente relación: 4.2mg de tanino = 1ml * 0.1N Permanganato de potasio.

Se realizaron 9 réplicas para cada especie y los resultados obtenidos se compararon mediante un análisis de varianza.

Resultados

Los resultados obtenidos por el método gravimétrico para la cuantificación de taninos en las cinco especies (*Acacia maginum*, *Quercus spp*, *Pinus pseudostrobus*, *Eucaliptus nitens* y *Arbutus spp*) se describen a continuación. El rango de contenido de taninos entre las cinco especies estudiadas estuvo entre 11 y 37%. La especie con el valor más alto fue *Acacia maginum* y la especie con el valor más bajo fue *Arbutus spp*. Las especies de *Quercus spp*, *Pinus pseudostrobus*, *Eucaliptus nitens* y *Arbutus spp* tuvieron un rango promedio que estuvo entre el 11 y 14% mientras que la *Acacia maginum* presentó el valor más alto, 37% (Fig. 2).

Cuantificación de taninos por gravimetría

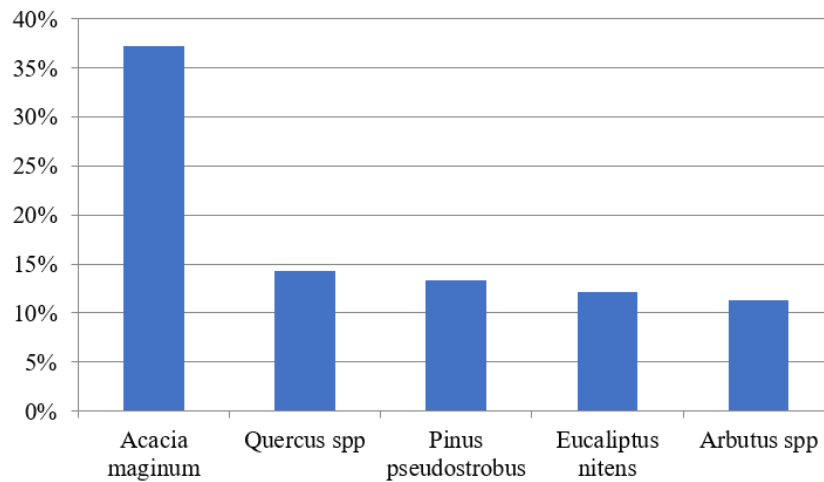


Figura 2. Representación gráfica de la cuantificación de taninos por el método de gravimetría.

La concentración de los datos que se obtuvieron por el análisis gravimétrico para las cinco especies se muestra en la figura 2. Los datos más condensados los generó la especie de *Quercus sp* en tanto que los más dispersos fueron los obtenidos de la especie *E. nitens*.

El rango en el contenido de taninos por el método de análisis volumétrico fue entre 3 y 21%. Las especies *A. maginum* y *Quercus spp* arrojaron valores de 20 y 21% mientras que *P. pseudostrobus*, *E. nitens* y *Arbutus spp* dieron valores de 4, 3 y 4% respectivamente (Fig. 3).

Cuantificación de taninos por volumetría

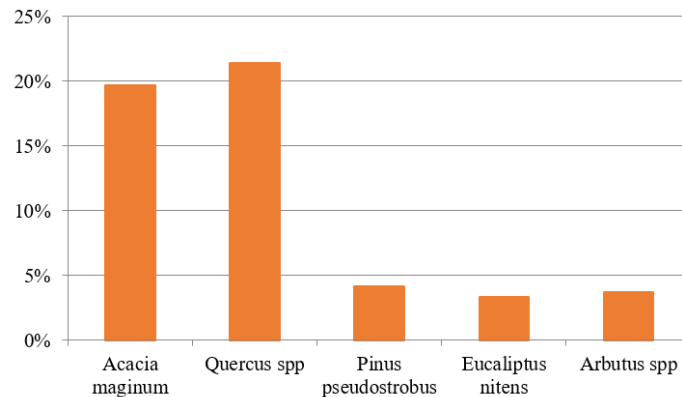


Figura 3. Representación gráfica de la cuantificación de taninos por el método de volumetría.

La gráfica de la figura 5 se presenta el promedio del contenido del extracto tánico obtenido de las cinco especies maderables por los dos métodos utilizados: análisis gravimétrico y análisis volumétrico. El contenido de taninos por el método gravimétrico fue mayor que por el método volumétrico, esta tendencia la presentó todas las especies a excepción del Quercus spp.

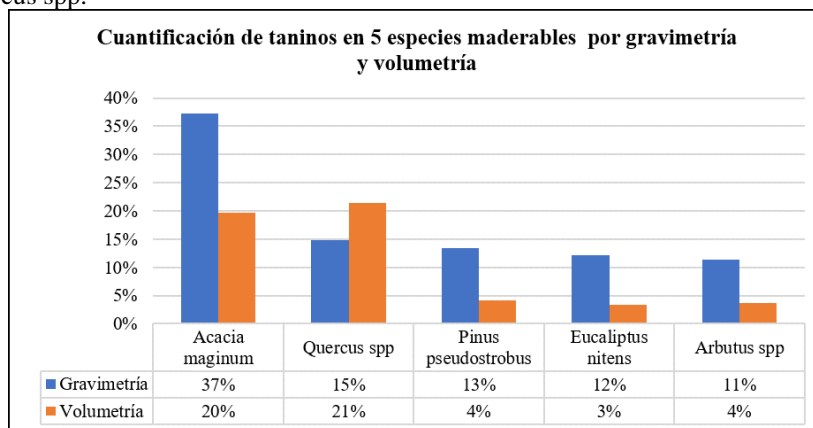


Figura 4. Representación gráfica de la cuantificación de taninos en cinco especies maderables por gravimetría y volumetría

Prueba de hipótesis

Hipótesis 1:

¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio del contenido de taninos por el método gravimétrico entre los cinco grupos?

H_0 : El promedio del contenido de taninos por el método gravimétrico es igual para las 5 especies, con 95% de confiabilidad.

H_A : En al menos una especie el contenido de taninos por el método gravimétrico es diferente, con 95% de confiabilidad

ANÁLISIS DE VARIANZA		DE				
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.341588265	4	0.085397066	23.80075103	2.49E-10	2.59426337
Dentro de los grupos	0.15069595	42	0.003587999			
Total	0.492284215	46				

Mediante el Análisis de varianza de un factor, utilizando un valor de alfa de 0.05, es decir con un 95% de confiabilidad se rechaza la primera hipótesis nula (H_0) que declara que “El promedio del contenido de taninos por el método gravimétrico es igual para las 5 especies”. Por lo que se acepta la primera hipótesis alternativa (H_A) que enuncia que “al menos una especie el contenido de taninos por el método gravimétrico es diferente”. Para identificar cuál(es) es(son) la(s) especie(s) que muestra(n) diferencia estadísticamente significativa se utilizó la prueba de Tukey

Acacia maginum	Quercus spp	Pinus pseudostrobus	Eucaliptus nitens	Arbutus spp
0.341279034	0.13512625	0.1335523	0.12108135	0.11322051

HDS= 0.07538921

	Acacia maginum	Quercus spp	Pinus pseudostrobus	Eucaliptus nitens	Arbutus spp
Acacia maginum		0.20615279	0.20772674	0.22019768	0.22805853
Quercus spp			0.00157395	0.0140449	0.02190574
Pinus pseudostrobus				0.01247095	0.02033179
Eucaliptus nitens					0.00786085
Arbutus spp					

El resultado de la prueba Tukey muestra que, la especie que presenta diferencia estadísticamente significativa es la A. maginum frente a las otras cuatro.

Hipótesis 2:

¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio del contenido de taninos por el método volumétrico entre los cinco grupos?

2H₀: El promedio del contenido de taninos por el método volumétrico es igual para las cinco especies, con 95% de confiabilidad.

2H_A: En al menos una especie el contenido de taninos por el método volumétrico es diferente, con 95% de confiabilidad

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.210585954	4	0.052646489	12.2574662	2.39477E-07	2.525215102
Dentro de los grupos	0.257703286	60	0.004295055			
Total	0.468289241	64				

Mediante el Análisis de varianza de un factor, utilizando un valor de alfa de 0.05, es decir con un 95% de confiabilidad se rechaza la segunda hipótesis nula (2H₀) que declara que "el promedio del contenido de taninos por el método volumétrico es igual para las cinco especies". Por lo que se acepta la segunda hipótesis alternativa (2H_A) que enuncia que "en al menos una especie el contenido de taninos por el método volumétrico es diferente". Para identificar cuál(es) es(son) la(s) especie(s) que muestra(n) diferencia estadísticamente significativa se utilizó la prueba de Tukey.

Acacia maginum	Quercus spp	Pinus pseudostrobus	Eucaliptus nitens	Arbutus spp
0.1968	0.21408	0.041353846	0.033066667	0.03672

HDS= 0.082483565

	Acacia maginum	Quercus spp	Pinus pseudostrobus	Eucaliptus nitens	Arbutus spp
Acacia maginum		-0.01728	0.155446154	0.163733333	0.16008
Quercus spp			0.172726154	0.181013333	0.17736
Pinus pseudostrobus				0.008287179	0.00463385
Eucaliptus nitens					-
Arbutus spp					0.00365333

El resultado de la prueba Tukey muestra que, las especies que presentan diferencia estadísticamente significativa son: A. maginum y Quercus spp.

Conclusiones

Las cortezas de las especies de Pinus pseudostrobus, Eucaliptus nitens y Arbutus spp son los materiales con menor contenido de taninos tanto por el método de volumetría como por gravimetría.

La corteza de Acacia maginum es el material con mayor contenido de taninos por ambos métodos.

El comportamiento en la obtención de taninos fue mayor por el método gravimétrico que por el volumétrico para casi todas las especies estudiadas. La corteza del Quercus spp fue la excepción, presentó un valor mayor por volumetría que por gravimetría.

Mediante el Análisis de varianza con un 95% de confiabilidad se rechaza la primera hipótesis nula (1H0) que declara que “El promedio del contenido de taninos por el método gravimétrico es igual para las 5 especies”. Por lo que se acepta la primera hipótesis alternativa (1HA) que enuncia que “al menos una especie el contenido de taninos por el método gravimétrico es diferente”. Por la prueba de Tukey, la especie que presenta diferencia estadísticamente significativa es la A. maginum frente a las otras cuatro.

Mediante el Análisis de varianza, con un 95% de confiabilidad se rechaza la segunda hipótesis nula (2H0) que declara que “el promedio del contenido de taninos por el método volumétrico es igual para las cinco especies”. Por lo que se acepta la segunda hipótesis alternativa (2HA) que enuncia que “en al menos una especie el contenido de taninos por el método volumétrico es diferente”. Por la prueba de Tukey, las especies que presentan diferencia estadísticamente significativa son: A. maginum y Quercus spp

Referencias

Aguilar L. J, Jaén J., Vargas A, Jiménez P, Vega I, Herrera J, Borbón H, Soto, R. “Extracción y evaluación de taninos condensados a partir de la corteza de once especies maderables de Costa Rica”. Tecnología en marcha. 25(4): 15-21.2012. Consultada por internet el 06 de septiembre de 2023. Dirección de internet: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/615

Avila Calderón L. E. A. “Fundamentos de Química de la Madera” Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2012.

Isaza M., J. H. “Taninos o polifenoles vegetales”. Scientia et technica. (33): 13-16. 2007. Consultada por internet el 06 de septiembre de 2023. Dirección de internet: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84903303.pdf>

Lima R., L. “Evaluación en la composición química y propiedades físicas de madera y corteza de cuatro coníferas para la producción de bioenergía”. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares Nuevo León. México. 2013. Consultada por internet el 06 de septiembre de 2023. Dirección de internet: <http://eprints.uanl.mx/3530/>

Marroquín G A M. “Obtención del extracto tánico por maceración dinámica de la corteza de árboles jóvenes de cuatro especies a nivel laboratorio” Tesis profesional. Facultad de ingeniería química. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.2008. Consultada por internet el 06 de septiembre de 2023. Dirección de internet: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1080_Q.pdf

Orea I U.; Carballo, A., L. R.; Cordero M, E.; Pérez D, N. “Extracción de fenoles y polifenoles en corteza de eucaliptos,” Revista forestal Baracoa. 25(2): 65-73, 2006. Consultada por internet el 06 de septiembre de 2023. Dirección de internet: <https://docplayer.es/43959200-Extraccion-de-fenoles-y-polifenoles-en-corteza-de-eucaliptos.html>

Romahn de la Vega, C. “Principales productos forestales no maderables de México” (ed.) J. Rodríguez. 1a ed. 1992.

Rosales C, M.; González L, R. F. "Comparación del contenido de compuesto fenólicos en la corteza de ocho especies de pino," Maderas y Bosques. 9(2): 41-48, 2003. Consultada por internet el 06 de septiembre de 2023. Dirección de internet: <https://www.redalyc.org/pdf/617/61790204.pdf>

Salgado-Fuentes, Eduardo. "Plantamus vivero online®." [Internet]. A Coruña, España. 2019. Consultada por internet el 06 de septiembre de 2023. Dirección de internet: <https://plantamus.com/>

Viabilidad del Uso de Cáscara de Naranja Calcinada como Agente Cementante en un Acero AISI/SAE 1018

Yaret Gabriela Torres Hernández¹, Oliver Calderón Villegas² y
M en C e I. Alejandro Altamirano Torres³

Resumen—En la presente investigación se utilizó la cascara de naranja calcinada como agente cementante, permitiendo tener un ahorro en el proceso de cementación, debido a que este es un material orgánico considerado como “basura”, por lo cual en algunas ocasiones el costo es gratuito, logrando que la fabricación del polvo cementante disminuya con respecto al uso de otros materiales. Primeramente, se realizó el proceso de secado de la cáscara de naranja colocándola a los rayos del sol por cinco días, para la eliminación de la humedad, posteriormente se trituraron y fueron sometidas a un proceso de calcinación en dos etapas, es decir, se calentaron a una temperatura de 350 °C x 1.5 hrs, posteriormente se incrementó la temperatura a 550 °C x 2 hrs, con enfriamiento controlado. Las muestras del acero AISI/SAE 1018 se introdujeron dentro de la mezcla cementante (80 % en peso, cáscara de naranja calcinada + 20 % en peso, de carbonato de calcio), posteriormente se calentaron a la temperatura de cementación de 900 °C x 2, 4 y 6 hrs, con enfriamiento al aire, respectivamente. Las micrografías muestran la formación de la capa cementada, es decir, la presencia de una matriz perlítica lo que refleja una alta concentración de carbono superficial, lo que indica que la mezcla cementante fue eficiente para el proceso de saturación superficial del acero en estudio.

Palabras clave—Cementación, martensita, cáscara, naranja.

Introducción

En la actualidad debido al aumento significativo de población humana, ha generado desabasto mundial en distintos productos, generando que investigadores de todas las partes del mundo, busquen alternativas económicas y viables. Debido a esto se realizó en la University of agriculture, un experimento utilizando como activador principal en la cementación sólida, las conchas de río en aceros bajo carbono, para lo cual se utilizó una mezcla de 70% de carbón y 30% de conchas de río, para el procedimiento de cementación sólida a una temperatura de 950 °C X 2, 4, 6 y 10 horas, con un temple posterior a 850°C X 10 minutos, mostrando como resultados, el aumento del espesor de capa cementada de 0.2, 1.2, 1.5 y 4 mm respectivamente, para las diferentes horas de permanencia. (Cardarelli, 2008)

Respecto a la búsqueda de obtener nuevos análisis en el comportamiento de las propiedades mecánicas de materiales cementantes, se conoce como nueva alternativa el uso de huesos calcinados, para el proceso de fabricación del polvo cementante, el cual se realizó mediante la calcinación a temperaturas de 1200°C, generando así una alternativa con respecto a los materiales cementantes ordinarios, incluyendo una mayor resistencia del material.

La cementación por plasma electrolítico en condiciones de fase estructural para el endurecimiento del acero 30CrMnSi, la cual conduce a formación de microestructuras estables de ferrita – perlita, que permiten la obtención de propiedades mecánicas más altas, debido a esto el procedimiento que se llevó a cabo con un electrolito, permite que la construcción de la cementación en condiciones de descarga de arco en electrolítico se vuelva óptimo, logrando proporcionar calidad confiabilidad y propiedades que forman revestimientos superficiales. (Mazhyn, et al., 2012)

El investigador alemán Dudziak realizó un proceso de cementación sólida con huesos molidos y calcinados como material de aporte para la mezcla cementante en 70% de carbón vegetal y 30% de huesos calcinados, para un acero SAE 8620, utilizando una temperatura de 900°C X 6 horas, mostrando una eficiencia de 82.5% en comparación con el carbonato de bario. (Dudziak, et al., 2021)

Por otro lado, el ingeniero Ahmad Aniq preocupado por el cuidado del medio ambiente realizó investigaciones de cementación sólida, utilizando cascara de coco mezclado con carbonato de bario, las cuales fueron hechas en condiciones de (850°C, 900°C, 950°C), con tiempos de permanencia de 6 horas obteniendo un incremento en las durezas, y espesores de capa de 0.1mm a una temperatura de 850°C, 1.0mm a 900°C, 1.5 para 950°C en pruebas para un acero AISI 4140.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, en el presente estudio se planteó la utilización de cáscara de naranja calcinada como material de aporte para realizar el tratamiento termoquímico de cementación en caja sobre un acero AISI/SAE 1018, con el fin de endurecer la superficie del acero y mantener un núcleo dúctil y tenaz.

¹ Yaret Gabriela Torres Hernández, estudiante en la Universidad Autónoma Metropolitana – unidad Azcapotzalco, CDMX. yaghetto@gmail.com

² Oliver Calderón Villegas, estudiante en la UAM – Azcapotzalco, CDMX.

³ M en C e I. Alejandro Altamirano Torres, profesor – investigador del Departamento de Materiales en la UAM – Azcapotzalco, CDMX, aat@azc.uam.mx (autor correspondiente)

Metodología

El acero AISI/SAE 1018 utilizado en la presente investigación, tiene la composición mostrada en la tabla 1.

Tabla 1. Composición química del acero al carbono AISI/SAE 1018.

% C	% Mn	% P	% S
0.15 – 0.20	0.60 – 0.90	0.040 máx.	0.050 máx.

Eliminación de la humedad

Las cáscaras de naranja se sometieron a un proceso de lavado con agua, para eliminar impurezas y compuestos solubles. Posteriormente fueron cortadas en trozos pequeños con el fin de hacer más fácil el proceso de calcinación. Una vez limpias y cortadas las cáscaras de naranja, estas se secaron en una estufa a una temperatura de 100 °C durante 3 hrs.

Calcinación y trituración de las cáscaras de naranja

Una vez secas las cáscaras de naranja se procedió a la trituración utilizando un molino de granos, posteriormente se ingresaron los polvos de las cáscaras en un contenedor cilíndrico de acero inoxidable 304, el cual fue introducido en un horno tipo mufla marca Lindberg para realizar el proceso de calcinación en dos etapas, es decir, se calentaron a una temperatura de 350 °C x 1.5 hrs, posteriormente se incrementó la temperatura a 550 °C x 2 hrs, transcurrido el tiempo, se realizó un enfriamiento controlado dentro del horno.

Preparación de la mezcla cementante

La composición de la mezcla cementante utilizada fue del 80 % en peso de la cáscara de naranja calcinada + 20 % en peso, de carbonato de calcio, el cual se utilizó como sal activadora y para evitar la sinterización de los polvos de la mezcla, durante el tratamiento termoquímico de cementación.

Tratamiento termoquímico de cementación sólida en dos etapas

Dentro de un contenedor de acero inoxidable se introdujo una parte de la mezcla cementante de aproximadamente 1.5 cm de espesor, posteriormente se colocaron las seis muestras con geometría cuadrada de 0.5 cm x 0.5 cm, sobre la mezcla, teniendo cuidado que la separación entre cada una de ellas fuera de aproximadamente 1.5 cm, además de mantener una distancia de la pared del contenedor y la muestra de aproximadamente 1 cm. Finalmente se colocó una tapa de arcilla sobre el contenedor para sellar y evitar la salida de los gases durante el tratamiento termoquímico.

- Primera etapa (cementación)

Se ingresó el contenedor con las seis muestras en el interior de un horno tipo mufla y se procedió al calentamiento hasta una temperatura de 900 °C X 2, 4 y 6 hrs, con posterior enfriamiento al aire. De esta primera etapa quedaron tres muestras como testigo del proceso de cementación.

- Segunda etapa (temple)

Dentro de un contenedor de acero inoxidable se colocaron las tres muestras restantes cementadas bajo las condiciones mencionadas en la primera etapa, las cuales fueron cubiertas con carbón vegetal pulverizado, con el fin de evitar la descarburación durante el proceso del tratamiento térmico de temple. La temperatura utilizada de austenización para este proceso fue de 850 °C X 1 hr, con posterior enfriamiento en aceite con agitación. Después de templadas, las tres muestras se sometieron a un proceso de revenido (relevado de esfuerzos), a una temperatura de 250 °C x 1 hr, con posterior enfriamiento dentro del horno.

Análisis microestructural

Se cortaron las seis muestras transversalmente y de la cara de corte se realizó el procedimiento de metalografía. Esta caracterización microestructural consistió en el montaje en caliente, desbaste manual utilizando lijas de diferentes granulometrías (80, 180, 220, 400, 600, y 1500), pulido mecánico utilizando alúmina de 0.03 µm como abrasivo y posterior ataque químico, usando el reactivo Nital al 2 % (alcohol etílico y HNO₃), para revelar la microestructura. Finalmente con ayuda de un Microscopio Óptico Metalográfico marca Olympus y una cámara digital conectada al mismo, se obtuvieron micrografías a 10X, 20X y 50X.

Caracterización Mecánica

En todas las muestras sometidas al proceso de cementación en dos etapas (cementación + temple y revenido), se realizaron perfiles de durezas en la escala Vickers. Se utilizó un Microdurometro marca Micromet, aplicando una carga de 50 grf, obteniendo el perfil de durezas de la superficie hasta el núcleo cada 20 μm .

Resultados y Análisis

En la figura 1 se observa la microestructura del acero testigo AISI/SAE 1018, donde se muestra la presencia de una matriz de granos equiaxiales correspondiente al constituyente ferrita α , con pequeños porcentajes del microconstituyente laminar denominado perlita (P). Se observa una buena distribución de ambas fases en la aleación.

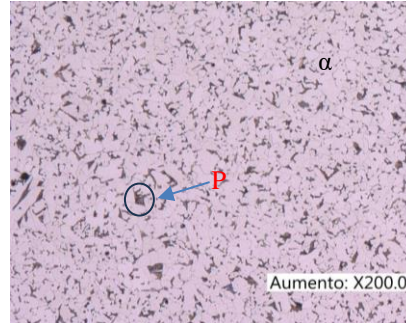


Figura 1. Microestructura correspondiente al acero AISI/SAE 1018 sin proceso de cementación, a 20 X, atacada con Nital al 2 %.

En la figura 2 se muestran las capas de los aceros cementados bajo las condiciones mencionadas anteriormente.

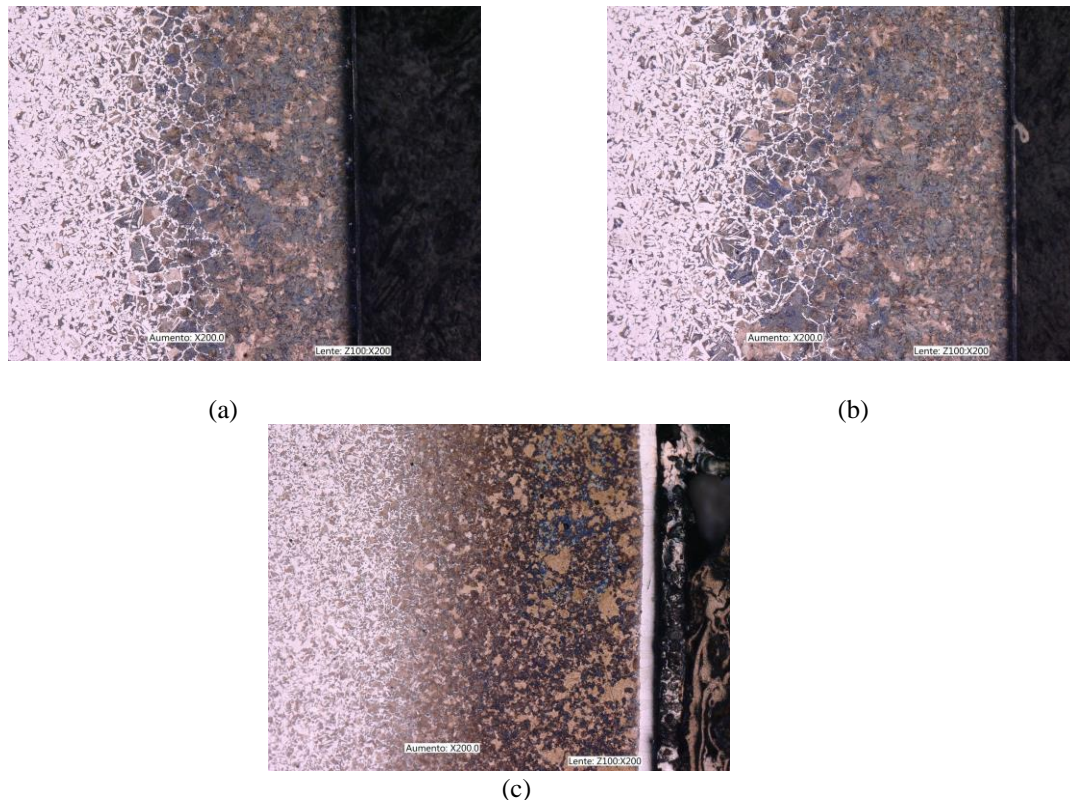


Figura 2. Microestructuras de las capas cementadas (1^{era} etapa), por: a) 2 hrs, b) 4 hrs, y c) 6 hrs.

Como se observa en la figura 2, se muestra la presencia de la fase perlítica en la capa cementada de todas las muestras, dicha fase se forma durante el proceso de enfriamiento al aire, correspondiente a la primera etapa del tratamiento termoquímico de cementación, es decir, la presencia de este microconstituyente (perlita), define que la concentración de carbono presente en la capa cementada tiene porcentajes de éste elemento superiores al 0.8 % C. Además, existe un gradiente de concentraciones debido a que la difusión de carbono se llevo a cabo de la superficie hacía el interior de la muestras, esto es evidente dado a que conforme nos acercamos al núcleo, hay una disminución de la fase perlítica y se observa la presencia del constiyente denominado ferrita α , fase cuya concentración de carbono es inferior al 0.023 % C. Por otro lado, en la figura 2 inciso (c), se tiene la presencia de una capa superficial (de color blanco), correspondiente a la presencia de granos columnares de ferrita α , esto es indicativo que durante la primera etapa del proceso de cementación, se llevo a cabo la descarburación de la superficie del acero. Esta perdida de carbono se puede asociar que durante el proceso de cementación y durante la descomposición del CO, se forma CO₂ el cual debe de separarse rápidamente de la superficie del acero, debido a que puede actuar como descarburante. Por tal motivo, durante la cementación debe de haber un equilibrio entre el CO, que actúa como carburante, y el CO₂, que es descarburante., es decir, mayor cantidad de CO más se acelera la cementación y si hay exceso de CO₂, se disminuira la cementación o incluso se produce la descarburación, como se observa en la figura 2 inciso (c).

La figura 3 ilustra la microestructura presente en la capa de la muestra cementada por 6 hrs, con posterior temple y revenido a 250 °C X 1 hr (segunda etapa de la cementación), donde se puede observar la presencia de martensita revenida, cabe mencionar que por las altas concentraciones de carbono en la capa, y que son superiores al 0.8 % C, como se puede demostrar observando las micrografías de la figura 2, donde se tiene la presencia de una matriz perlítica en la capa, se puede deducir que después de realizar la segunda etapa del proceso de cementación, la morfología de esta martensita obtenida es de tipo mixta (listón y placa), confiriendo al acero un alto grado de endurecimiento, aproximadamente de 60 HRC. Cabe mencionar que este tipo de martensita es recurrente en todas las capas de las muestras cementadas por 2 y 4 hrs, y posterior temple y revenido bajo las condiciones antes mencionadas.

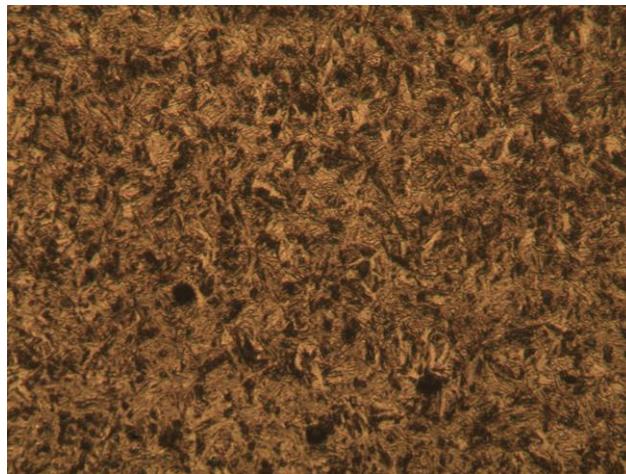


Figura 3. Microestructura presente en la muestra cementada por 6 hrs, con posterior temple y revenido a 250 °C X 1hr, con enfriamiento al aire, 50 X. Se puede observar la presencia de martensita mixta.

Los resultados obtenidos del ensayo de microdureza y mostrados en la figura 4, se observa una disminución significativa de la dureza al inicio de las indentaciones en la superficie de la muestra cementada a 6 hrs, esto es congruente con lo que se observa en la figura 2, inciso (c), que corresponde al área donde se presentó la descarburación de la muestra durante la primera etapa del proceso de cementación.

Cabe destacar que las muestras cementadas a 2 y 4 hrs, con posterior temple y revenido, no se observa la presencia de granos columnares correspondientes a la fase ferrita α , como se muestra en la figura 2, incisos (a) y (b), lo que sugiere que no hay presencia de descarburación en la capa cementada y que se ve reflejado en la alta dureza obtenida de la capa, con valores de entre los 717 y 750 HV, para los tiempos de 2 y 4 hrs, respectivamente, como se observa en la figura 4.

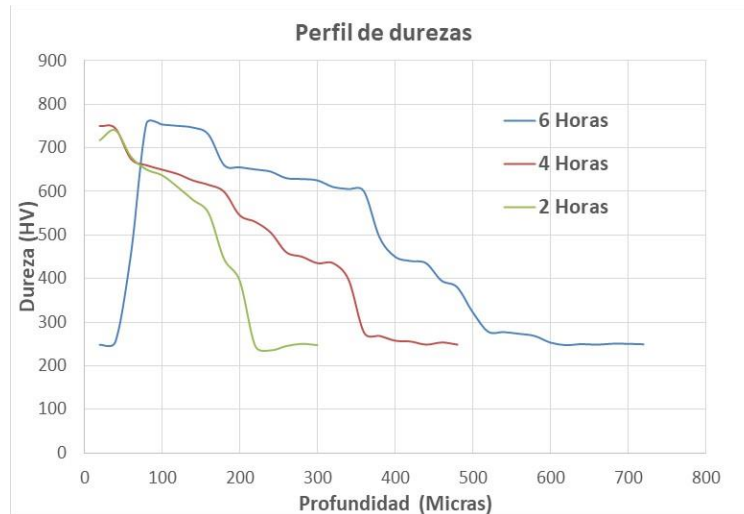


Figura 4. Perfil de durezas (HV), de las muestras cementadas y con temple y revenido, en función de la profundidad (Micras).

Estos altos valores de dureza observados en la figura 4, para las tres muestras sometidas a cementación y posterior tratamiento térmico de temple y revenido, son asociados a la presencia de una matriz martensítica con morfología mixta (tipo listón y placa), presentes en todas las muestras sometidas al proceso de cementación en dos etapas.

Conclusiones

Los altos valores de dureza obtenidos en las capas cementadas se relacionan con la presencia de la fase martensita, cuyo constituyente requiere de altas concentraciones de carbono, lo que determina que los contenidos de éste en la capa son superiores al 0.8 % C.

Lo anterior refleja que la cáscara de naranja calcinada funciona como material de aporte de carbono durante el tratamiento termoquímico de cementación en caja en el acero AISI/SAE 1018.

Referencias

Cardelli, François. Materials Handbook: A concise Desktop Preference, 2a. edición. Springer, Londres, Reino Unido, 2008, capítulo 18.

Dudziak Tomasz. Rząd Ewa . Polczyk Tomasz. Jahns Katrin. Polkowski Wojciech. Polkowska Adelajda. Wojcicki Michal. (2021), Preliminary studies on rare elements addition and effect on oxidation behaviour of pack cementation coatings deposited on variety of steels at high temperature , Materials (Basel, Switzerland).

Mazhyn Skakov. Laila Zhurerova. Michael Scheffler. (2012), Electrolytic-Plasma cementation influence of regimes on phase structure and steel 30CrMnSi hardening, International forum on strategic technology.

Estudio Técnico para la Instalación de un Sistema Híbrido para la Generación de Energía y Alimentación de Cargas Monofásicas en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo Tecnológico del ITSL

M.C. Silvia Adriana Vidaña Martínez¹, M.C. Noé Alvarado Tovar²,
Dra. Olga Lydia Ávila López³, M.C. Luis Amado González Vargas⁴, M.I.M, Yesica Lizeth Rincón Gándara⁵, M.C.
Silvia Adriana Jáquez Cervantes⁶, Ing. Alejandro Ruiz Perches⁷, Erick Fernando Castrellón Valenzuela⁸, Rocío
Araceli Alvarado Tapia⁹.

Resumen—Este proyecto aborda la eficiencia energética, la sostenibilidad ambiental y la mejora de la capacidad de investigación y desarrollo del ITSL que arroja resultados alentadores. Se realizó una evaluación de la demanda energética del laboratorio, identificando un perfil de carga que servirá como base para el diseño del sistema híbrido con una combinación de energía solar y cinética, para la generación continua de energía y la gestión eficiente de la carga. Se ha desarrollado un diseño técnico que incluye la instalación inicial de dos paneles solares en la azotea del laboratorio, y la puesta en operación de prototipo de generación de energía a partir del pedaleo de una bicicleta estática, y la implementación de un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías. El sistema híbrido contribuirá significativamente a la sostenibilidad ambiental del ITSLerdo el cumplimiento de objetivos ambientales y la investigación en el área de energía y la responsabilidad ambiental.

Palabras clave—. Energía, solar, cinética, bicicleta, paneles.

Introducción

En el panorama actual de la energía, la búsqueda de fuentes sostenibles y eficientes se ha convertido en una prioridad tanto a nivel mundial como local. La creciente conciencia sobre los efectos del cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero han impulsado la investigación y desarrollo de tecnologías más limpias y eficientes en el sector energético. En este contexto, este proyecto emerge como una iniciativa valiosa y oportuna.

De acuerdo a la opinión de varios expertos, "La eficiencia energética es una de las pocas estrategias que pueden reducir costos, aumentar ganancias, mejorar la competitividad y reducir la contaminación ambiental al mismo tiempo" (Lovins, 1976). Es en este contexto que el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo (ITSL) busca implementar un sistema híbrido de generación de energía y alimentación de cargas monofásicas en su Laboratorio de Investigación y Desarrollo Tecnológico, donde los objetivos clave son: promover la adopción de energías más limpias y sostenibles, reduciendo así la dependencia de fuentes no renovables y contribuir a la reducción del cambio climático. Además, se puede mejorar la eficiencia energética en el área de investigación de un laboratorio que funciona como centro de investigación y desarrollo tecnológico, se impulsará la investigación y la innovación en el instituto y además se contará con una disponibilidad constante de energía para la alimentación de equipos monofásicos, lo que puede resultar en ahorros significativos a largo plazo.

¹ M.C. Silvia Adriana Vidaña Martínez MC, es docente de la carrera de Ingeniería Ambiental en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. silvia.vm@itslerdo.edu.mx (autor correspondiente)

² M.C. Noé Alvarado Tovar, es docente de la carrera de Ingeniería Electrónica en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. noe.at@itslerdo.edu.mx

³ Dra. Olga Lydia Ávila López es docente de la carrera de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. olga.al@itslerdo.edu.mx

⁴ M.C. Luis Amado González Vargas, es docente de posgrado en la Maestría de Ingeniería Mecatrónica en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo luis.gv@itslerdo.edu.mx

⁵ M.I.M. Yesica Lizeth Rincón Gándara, es docente de la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo yesica.rg@itslerdo.edu.mx

⁶ M.C. Silvia Adriana Jáquez Cervantes, es docente de la carrera de Ingeniería Ambiental en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo silvia.jc@itslerdo.edu.mx

⁷ Ing. Alejandro Ruiz Perches, es docente de la carrera de Ingeniería Ambiental en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo alejandro.rp@itslerdo.edu.mx

⁸ Erick Fernando Castrellón Valenzuela, es estudiante de la carrera de Ingeniería Electrónica en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, TECN. 182310868@itslerdo.edu.mx

⁹ Rocío Alvarado Tapia, es estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, TECN. 202310624@itslerdo.edu.mx

El estudio técnico que se propone, se establece sobre una base sólida de investigación y conocimiento en el campo de la energía híbrida y la eficiencia energética a la que se puede llegar con su uso, donde se han demostrado los beneficios de la integración de energía renovable y el almacenamiento de energía en entornos académicos y de investigación. “Los sistemas de energía híbridos utilizan fuentes de energía primaria como la energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica, mareomotriz y biomasa, entre otras. Un sistema que utiliza alguna combinación de estas fuentes tiene la ventaja de presentar un mayor equilibrio y estabilidad, disfruta de una mejor calidad de la energía y proporciona salidas estables a partir de sus fuentes primarias y se reduciendo la dependencia de la salida de los cambios externos como las variaciones climáticas y la escasez de combustibles” (Díaz-Rodríguez, 2012).

Cualquier sistema de energía híbrido implica de forma general, la conversión de energía de Corrientes Directa (CD) a Corriente Alterna (CA), puesto que la mayoría de los electrodomésticos usan este tipo de corriente, sin embargo, en la implementación de un sistema de energía híbrido es un proceso fundamental que implica una evaluación exhaustiva principalmente de aspectos técnicos y ambientales relacionados con la integración de fuentes de energía limpias y sostenibles en un sistema único y eficiente. El estudio técnico, implica el análisis de consumo de energía requerida en el laboratorio, la determinación de las fuentes de energía viables para el sistema híbrido, el diseño del sistema híbrido, considerando la combinación óptima de fuentes de energía y la capacidad de almacenamiento necesario, evaluación financiera (costos operativos y de mantenimiento), estudio ambiental (beneficios en términos de reducción de gases de efecto invernadero), consideraciones técnicas (compatibilidad de las fuentes de energía), y el plan de implementación (cronogramas, adquisición de equipos, instalación y puesta en marcha).

El estudio técnico se desarrolló en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, ubicado en lo que se conoce como la Comarca Lagunera, con el propósito de cumplir con los siguientes objetivos: la optimización de recursos energéticos mediante la combinación óptima de fuentes de energía, la reducción de costos a largo plazo, ya que este proyecto puede revelar ahorros significativos en los costos operativos y de mantenimiento en comparación con sistemas convencionales basados en combustibles fósiles y además por la integración de fuentes de energía renovables que contribuye a la sostenibilidad ambiental y es esencial para cumplir con los objetivos ambientales. Además, los desarrollos de sistemas de energía híbridos permiten el diseño flexible y adaptable a las necesidades actuales de energía, al mismo tiempo que se contribuye a la investigación y desarrollo del ITSL. El sistema híbrido que se propone implementar a partir del estudio técnico descrito en este trabajo, se compone de paneles solares, un prototipo de bicicleta estática generadora de energía eléctrica, componentes electrónicos y de un conjunto de baterías. Un estudio técnico es indispensable para la implementación de un sistema de energía híbrido que requiere la colaboración de expertos en diversas áreas de la ingeniería, creando un sistema que sea sostenible desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, y que proporcione una fuente confiable de energía a largo plazo.

Metodología

Procedimiento General

Se llevaron a cabo una serie de pasos para el estudio técnico respecto a la implementación de un sistema de energía híbrido para la generación de energía y alimentación de cargas monofásicas en el laboratorio de Investigación y Desarrollo Tecnológico del ITSL. El primer paso fue el establecimiento de objetivos de estudio, que incluyeron la generación de energía y el alcance del estudio, para determinar los componentes y sistemas involucrados en el sistema híbrido; se identificaron las necesidades de energía en términos de electricidad; se identificaron las fuentes de energía disponibles y viables para el sistema híbrido (energía cinética generada por una bicicleta estática) y paneles solares, considerando la combinación óptima de fuentes de energía y sistemas de almacenamiento; se elabora un diseño técnico general para hacer la propuesta de los componentes del sistema, manteniendo los registros completos del proceso.

Actividades desarrolladas:

A continuación, se describen los pasos clave y los componentes esenciales del estudio realizado hasta el momento.

1. **Evaluación de la Demanda Energética:**

Esto implica analizar el consumo de energía eléctrica, térmica u otro tipo de energía requerida por el sistema en cuestión. Se deben considerar las variaciones estacionales y diurnas.

2. **Identificación de Fuentes de Energía:**

Determinar qué fuentes de energía son viables para el sistema híbrido.

3. **Diseño del Sistema:**

Diseñar la configuración del sistema híbrido, considerando la combinación óptima de fuentes de energía y la capacidad de almacenamiento necesario. Esto implica dimensionar paneles solares, aerogeneradores, baterías u otros componentes según las necesidades de energía.

4. **Consideraciones Técnicas:**

Evaluación de la compatibilidad de las diferentes fuentes de energía y los equipos involucrados. Se debe asegurar que el sistema funcione de manera eficiente y confiable, y planificar las conexiones y sistemas de conmutación adecuados.

5. **Propuesta del Plan de Implementación:**

Se elaboró una propuesta del plan que incluye un cronograma, sobre adquisiciones de equipos, instalación y puesta en marcha. También se debe considerar la formación del personal y los procedimientos de mantenimiento, esto permitirá ajustes en el sistema.

Resultados y Análisis

El estudio técnico llevado a cabo para la implementación de un sistema híbrido destinado a la generación de energía y la alimentación de cargas monofásicas en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo y arroja resultados prometedores y significativos.

1. **Demanda Energética y Perfil de Carga:**

Se realizó un análisis detallado de la demanda energética del laboratorio, considerando los equipos y sistemas monofásicos presentes. La siguiente tabla muestra los equipos y sus consumos. La Tabla 1 muestra el consumo total que se tiene de cargas monofásicas en el laboratorio.

Laptos	1260 watts
Taladro	156 watts
Impresora 3D	180 watts
Impresora	72 watts
Pantalla	120 watts
PC	65 watts
Iluminación	838 watts
Total	2691 watts

Tabla 1. Consumo total de potencia por equipo.

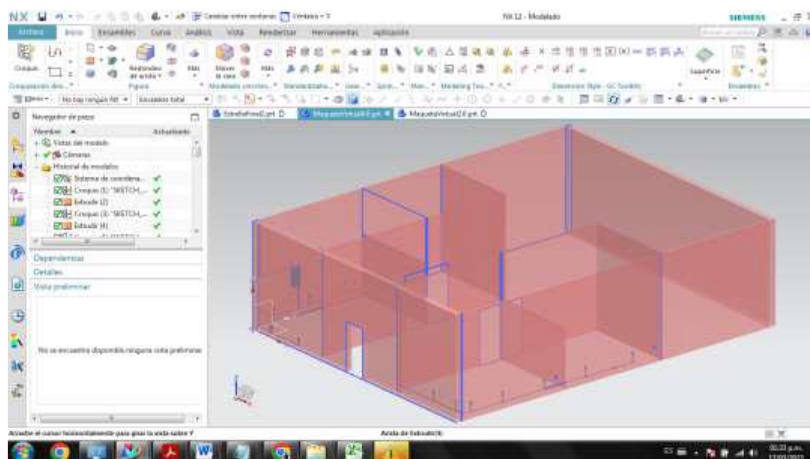


Figura 1. Layout laboratorio ITS Lerdo

Se realizó un modelado de las dimensiones del taller de manufactura, así como el posicionamiento exacto de las cargas monofásicas y su distribución por medio de una maqueta virtual creada en el programa de diseño industrial NX.

La **Figura 1** muestra el layout de laboratorio en el que se implementará el sistema híbrido con el objetivo de identificar la localización de los aparatos electrónicos que requieren la alimentación de cargas monofásicas.

2. **Fuentes de Energía Seleccionadas:**

Tras una cuidadosa evaluación de las fuentes de energía disponibles en el entorno del ITSL, se ha determinado que la combinación de energía cinética generada por una bicicleta estática y paneles solares para el sistema híbrido. Esta elección garantiza un suministro de energía confiable y sostenible.

3. **Diseño del Sistema Híbrido:**

En el taller de manufactura no se contaba con el diseño propuesto, por lo que se tuvieron que desembalar las bicicletas y adaptarlas para el proyecto para que funcionaran dentro de un sistema híbrido de energía. Además, se desarrolló un diseño técnico que incluye el sistema híbrido ya mencionado. Con esta propuesta se busca garantizar una generación continua de energía y la capacidad de administrar la carga de manera eficiente. La **Figura 2**, muestra el prototipo de bicicleta estática generado de energía con la que se pretende proporcionar la energía en conjunto con los paneles solares mostrados en la Figura 3.



Figura 2. Prototipo bicicleta generadora de energía

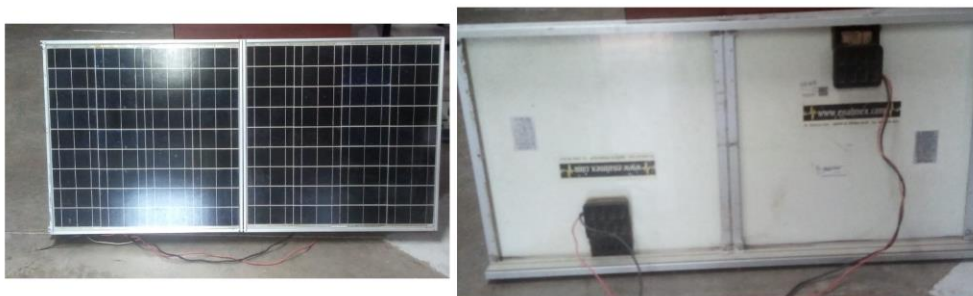


Figura 3. Paneles solares a emplearse en el sistema híbrido

4. Gestión y Mantenimiento:

Se ha desarrollado un plan de gestión y mantenimiento preventivo que garantiza el rendimiento óptimo del sistema híbrido a lo largo del tiempo. Se incluyen procedimientos de monitoreo en tiempo real para detectar y abordar posibles problemas de manera eficiente, esta información se mantiene a la disposición de los docentes y la subdirección de investigación del ITSL para una posible continuación del proyecto.

5. Propuesta del Plan de Implementación:

Para la propuesta se identificó la ubicación adecuada para el sistema de bicicletas estáticas modificadas que se encuentran en el laboratorio de manufactura y del acceso a la luz solar directa para la instalación de paneles solares. En este momento se está llevando a cabo el estudio para determinar la capacidad de los paneles solares, de acuerdo a la demanda eléctrica estimada y la orientación óptima. Los paneles solares fueron donados a la institución y se le han instalado los componentes necesarios para su funcionamiento. En el caso de la bicicleta, se instaló un generador y la estructura general fue modificada con la intención de convertir el movimiento en electricidad. Para la instalación completa del sistema la bicicleta y los paneles serán conectados al sistema eléctrico y se establecerá un sistema de monitoreo para rastrear la producción de energía solar y rendimiento de la bicicleta estática.

Conclusiones

El estudio técnico ha demostrado que la implementación de un sistema híbrido en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo Tecnológico del ITSL es una estrategia sólida. En todo el proceso se tuvo la colaboración interdisciplinaria de docentes – investigadores y estudiantes, cuyo objetivo final es la creación de un sistema que sea que proporcione una fuente confiable de energía a largo plazo, lo cual representa un paso significativo hacia un futuro energético más limpio y eficiente para el ITSL. La implementación del sistema híbrido de acuerdo con el diseño y el plan de gestión propuestos, con la supervisión adecuada y la evaluación continua del rendimiento, garantizará su éxito a largo plazo. Para próximas actividades se recomienda un análisis financiero con el objetivo de escalar el proyecto y ver la factibilidad de inversión por parte de la institución para fomentar el uso de la bicicleta estática como fuente de ejercicio y generación de energía, al mismo tiempo que se evalúa el rendimiento del sistema a lo largo del tiempo y hacer ajustes según sea necesario para maximizar la eficiencia y la sostenibilidad en el laboratorio de investigación y desarrollo tecnológico del ITSL y escalar el proyecto a otras áreas.

Limitaciones

El proyecto "Estudio Técnico para la Instalación de un Sistema Híbrido para la Generación de Energía y Alimentación de Cargas Monofásicas en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo Tecnológico del ITSL" es una iniciativa valiosa; sin embargo, como cualquier proyecto técnico, presenta ciertas limitaciones y desafíos que deben ser considerados. Aquí se destacan algunas de las limitaciones clave:

Costo Inicial de Implementación: La inversión inicial en la instalación de un sistema híbrido puede ser significativa. Aunque el análisis financiero indica que esta inversión se amortizará a lo largo del tiempo, aún puede representar un desafío financiero para el Instituto en el corto plazo.

Espacio Físico Limitado: La instalación de paneles solares y otros componentes en el techo o en el espacio físico disponible puede estar limitada. Esto podría afectar la capacidad de generación de energía y requerir soluciones creativas de diseño.

Mantenimiento y Capacitación: La gestión y el mantenimiento adecuado de un sistema híbrido requieren capacitación específica del personal. Puede ser necesario invertir en la formación de empleados para garantizar un funcionamiento continuo y eficiente del sistema.

Vida Útil de las Baterías: Las baterías utilizadas en sistemas de almacenamiento de energía tienen una vida útil limitada y eventualmente deben reemplazarse. Los costos de reemplazo de las baterías deben considerarse en el análisis financiero a largo plazo.

Regulaciones y Permisos: Cumplir con todas las regulaciones y obtener los permisos necesarios puede ser un proceso complejo y demorado. Los obstáculos regulatorios pueden retrasar la implementación del sistema.

Gestión de Residuos: La gestión adecuada de los componentes y materiales del sistema al final de su vida útil es esencial para reducir impactos ambientales negativos. Esto debe ser planificado y gestionado de manera adecuada.

Evaluación de Riesgos: Es necesario llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los posibles riesgos técnicos y operativos, así como un plan de contingencia sólido para abordar situaciones inesperadas.

Impacto en la Infraestructura Existente: La instalación de nuevos componentes y sistemas puede requerir modificaciones en la infraestructura existente del laboratorio. Esto debe hacerse cuidadosamente para evitar interrupciones en las operaciones.

A pesar de estas limitaciones, el proyecto sigue siendo una inversión estratégica que contribuirá a la sostenibilidad, la eficiencia y la reducción de la huella de carbono del Laboratorio de Investigación y Desarrollo Tecnológico del ITSL. Estas limitaciones pueden ser mitigadas mediante una planificación y gestión adecuadas, junto con un compromiso continuo con la optimización y el monitoreo del sistema híbrido una vez implementado.

Referencias

Lovins, AB (1976). Estrategia energética: el camino no recorrido. Asuntos Exteriores., 55, 65.

Díaz-Rodríguez, J., Pabón-Fernández, L., & Pardo-García, A. (2012). Sistema híbrido de energía utilizando energía solar y red eléctrica. Lámpasakos (revista descontinuada), (7), 69-77.

Blanco, T. A. (20 de enero de 2022). ¿Cuáles son las claves para las ciudades sostenibles de 2050? Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/monografico-de-bbva-la-ciudad-de-2050-como-seran-las-urbes-sostenibles-del-futuro/>

Bolaños, D. G. (2018) El gimnasio que genera su propia electricidad con el ejercicio de sus deportistas. Obtenido: <https://n9.cl/ahxis>

Caceres, D. D., Sarquis, B. D. L. M., Zurlo, H. D., & Figueredo, G. R. (2019) Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Conectado A La Red Para Edificio Universitario.

Cinco Vientos. (13 de mayo de 2021). Cinco vientos. Obtenido de <https://www.cincovientos.com/top-10-proyectos-de-sustentabilidad-en-mexico/>

De La Paz, C. A. V. (2018). Proyecto de Generación de Energía hidrocinética. GOBMX. (01 de 01 de 2018). Agenda 2030 para el desarrollo sostenible en México. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/393140/Encuentro_2017_Estrategia_Nacional_Agenda_2030_MCH_SEGOB.pdf

Merino-Muñoz, V. H., De Ita-Ximil, J. D., Huerta-López, L. A., & Flores-Nava, J. (2016). Diseño del sistema de alimentación con energía solar par abastecer al equipo de reventado de grano de amaranto eléctrico. *Revista de Prototipos Tecnológicos*, 55-65.

González González, René Alejandro (2022) Diseño e implementación de un prototipo híbrido para la generación y almacenaje de energía eléctrica a través del uso de una bicicleta. *Licenciatura tesis*, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Gutiérrez Roa, D. (2016). Implementación y análisis de un prototipo de generación y almacenamiento de energía eléctrica a partir del movimiento de una bicicleta como propuesta para la disminución del consumo energético en la escuela de la comunidad el arroyo: Etapa inicial. Universidad de Santo Tomás.

Jimenez Ángeles, M. (2007). Desarrollo de ejercitador físico multifuncional y ergonómico utilizable como fuente de energía renovable. *Licenciatura de Tesis de Maestría*, Instituto Politécnico Nacional.

Notas Biográficas

La **M.C. Silvia Adriana Vidaña Martínez** es profesora investigadora en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Su maestría es en Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico de Durango y labora como docente en la División de Ingeniería Ambiental donde su área de interés es el aprovechamiento de la energía y el desarrollo sustentable. Cuenta con Perfil Deseable ante PRODEP y pertenece al Sistema Estatal de Investigadores en el COCYTED.

El **M.C. Noé Alvarado Tovar** obtuvo el grado de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica en el Centro de Graduados del Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coah., México, en la especialidad en Control de Robots Manipuladores. Actualmente está en la etapa final del su estudio de doctorado en la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. Labora en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, como Docente-Investigador, en el Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico y en la División de Ingeniería Electrónica. Cuenta con experiencia profesional en el ramo de la automatización industrial, robótica y control electrónico. Sus actuales líneas de investigación incluyen: mecatrónica, robótica, automatización industrial, control de movimiento, comunicaciones industriales y electrónica de control y de potencia.

La **Dra. Olga Lydia Avila Lopez**, es Ingeniero Industrial egresada del Instituto Tecnológico de la Laguna, con especialidad en calidad y productividad, cuenta con una maestría en Sistemas de Calidad y un Doctorado en Administración estratégica en el Instituto Internacional de Administración Estratégica, actualmente es docente investigador en la carrera de Ingeniería Industrial, pertenece al cuerpo académico en formación de la carrera de ingeniería Industrial, cuenta con perfil deseable ante PRODEP y es candidato a investigador en el COCYTED

El **M.C. Luis Amado González Vargas**. Recibió el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de la Laguna en 2010. Él ha participado en proyectos de investigación relacionados con estudios de la calidad de la energía en distintas empresas, sus áreas de interés incluyen sistemas de potencia en régimen no senoidal y sistemas de control distribuido. Actualmente es profesor investigador del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo.

La **M.I.M. Yesica Lizeth Rincón Gándara**, es graduada en Ingeniería Mecatrónica por la Universidad Tecnológica de Torreón en 2015 y con Maestría en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo en 2023. Actualmente, es docente en la carrera de Sistemas Automotrices. Su pasión se centra en la electrónica y la automatización, promueve el interés sobre la mecatrónica.

La **M.C. Silvia Adriana Jáquez Cervantes** es profesora investigadora en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Su maestría es en Ciencias en Tecnología de Alimentos del Instituto Tecnológico de Durango. Labora como docente en la División de Ingeniería Ambiental y ha participado como auditora de calidad en el sistema de gestión de la energía del ITS Lerdo.

El **Ing. Alejandro Ruíz Perches**, es profesor investigador del área de Ingeniería Ambiental y se destaca por su interés en investigaciones en el área de desarrollo sustentable y estadística.

Erick Fernando Castellón Valenzuela, es estudiante de la carrera de Ingeniería Electrónica en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, TECNM.

Rocío Alvarado Tapia, es estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, TECNM