

Compartiendo conocimientos

FEGLININ

Año 9, N°35, diciembre 2025

VOL 2

REVISTA OFICIAL
DE LA



Tópicos:

Tecnología; Innovación; Calidad;
Productividad; Desarrollo Económico.



CONTENIDO

EVALUACIÓN DEL PODCAST ACADÉMICO COMO RECURSO DIDÁCTICO EN LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA	4
PROTOTIPO DE IMPLEMENTACIÓN DE CÓDIGO QR PARA ACCESO A INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	12
VALIDACIÓN DE UNA RED NEURONAL CONVOLUCIONAL USANDO PATRONES DE PRESIÓN PLANTAR PARA DETECCIÓN TEMPRANA DE PIE DIABÉTICO	21
RECICLATIC: PLATAFORMA DIGITAL PARA LA GESTIÓN COMUNITARIA DE RESIDUOS RECICLABES CON ENFOQUE EN EDUCACIÓN AMBIENTAL GAMIFICADA	31
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN ESPACIOS HABITABLES	38
ESTUDIO COMPARATIVO Y ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE PROBETAS DE ALUMINIO CON ACEITE QUEMADO Y AGUA CON SAL	52
PREDICCIÓN MULTIOBJETIVO DE LOS FACTORES DE DESEMPEÑO CON REDES NEURONALES ARTIFICIALES EN UNA INDUSTRIA TEXTIL	61

Código DOI asignado a este volumen: https://doi.org/10.70417/OVn_PS3A17

Comisión Editorial F.G.D.P.

Directora Editorial:

Lic. Sandra Patricia Vázquez Hernández
Federación Global de Profesiones AC
administracion@federacionglobal.com

Secretario Técnico:

Dr. Lorenzo Sánchez Vázquez
Abbott Laboratories de México
lorenzo.sanchezI@abbott.com

Consejeros Técnicos:

Dra. Minerva Cristina García Vargas
Tecnológico Nacional de México Campus Zitácuaro
minerva.gv@zitacuaro.tecnm.mx

Dr. Ramsés Flores Gama
Universidad Loyola del Pacífico
ramses.flores@loyola.edu.mx

Editor Responsable:

Mtro. Juan Pablo Díaz Moreno
Federación Global de Profesiones AC
congreso@federacionglobal.com

FEGLININ, año 9, No. 35, vol. 2, octubre - diciembre 2025, es una publicación trimestral editada por la Federación Global de Profesiones AC, calle Juan de Dios Bonilla, 11-c, Col. Alta Costa Azul, Acapulco de Juárez, Guerrero, México, C.P. 39850, TEL (722) 32-92-228, <https://www.federacionglobal.com>, administracion@federacionglobal.com, editor responsable: Juan Pablo Díaz Moreno. Reserva de Derecho al Uso Exclusivo No -en trámite-, ISSN: 2594-2298, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, secretaria general de la Federación Global de Profesiones AC, Lic. Sandra Patricia Vázquez Hernández, calle Juan de Dios Bonilla, 11-c, Col. Alta Costa Azul, Acapulco de Juárez, Guerrero, México, C.P. 39850, fecha de la última modificación, 14 de diciembre de 2025.

Queda prohibida la reproducción total o parcial del contenido publicado en esta revista, mismo que es propiedad y queda registrado a nombre de los autores; su reproducción no autorizada constituye una infracción y un delito de conformidad con las leyes aplicables

EDITORIAL

Las cosas no han estado sencillas ni hoy ni nunca en realidad, se ha hecho imperativo poner nuestro máximo esfuerzo en todas y cada una de las cosas que hacemos y para ello se requiere estar atentos a nuestro entorno y reconocer nuestra realidad en todos sus aspectos.

Ahora más que nunca, cuando estamos a unos pocos días de iniciar el 2026, nos damos cuenta de que se requiere trabajar mucho más arduamente en fortalecer los lazos institucionales que se ha tendido la Federación Global de Profesiones desde aquel 2017 cuando inicio operaciones esta asociación civil. Estas diferentes relaciones que se han formalizado a través de diversos convenios firmados bilateralmente y en algunos casos con varias instituciones más al mismo tiempo, le han ido dando forma a la Federación Global de Profesiones, pero sobre todo le han permitido cumplir con su misión al compartir por los medios establecidos material suficiente y amplio para establecer proyectos de gran impacto.

Estamos cerrando el 2025 y nos congratula recordar que durante este año se ha creado el que parece ser uno de los proyectos más significativos, no solo en la Federación Global de Profesiones, sino que, nos atrevemos a decir, también a nivel nacional, se trata de lanzamiento del estándar “FGDP-GCT01:2005”.

Dicho estándar garantiza para aquellas organizaciones privadas, gubernamentales, e incluso no gubernamentales, del sector educativo o del sector productivo, ya sea primario, secundario, o incluso terciario, que se decidan a CERTIFICARSE, una operatividad más eficaz y certera.

Estamos enfocados en generalizar la implementación a nivel nacional e incluso internacionalmente de dicho estándar para beneficio de la comunidad global.

Como siempre, gracias a todos por la confianza en esta su revista, pero sobre todo en lo que hacemos en la Federación Global de Profesiones

Atte:

Juan Pablo Díaz Moreno

Presidente de la FGDP

EVALUACIÓN DEL PODCAST ACADÉMICO COMO RECURSO DIDÁCTICO EN LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA

EVALUATION OF ACADEMIC PODCASTS AS A DIDACTIC RESOURCE IN ENGINEERING EDUCATION



Mtra. Alicia Herrera Campos ¹
Dra. Sandra Elizabeth León Sosa ²

RESUMEN

La investigación explora el impacto del podcast académico como recurso didáctico en estudiantes de Ingeniería Financiera de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos. Basado en teorías como el Conectivismo y la Educomunicación, el estudio empleó un enfoque mixto con 93 alumnos de octavo cuatrimestre en la asignatura de Control de Riesgos. Se conformaron grupos experimentales y de control: unos elaboraron y trabajaron con podcasts sobre riesgos ASG en las empresas, mientras otros realizaron exposiciones tradicionales. Los resultados mostraron que el grupo con podcasts mejoró significativamente su rendimiento, pasando de un promedio de 3.15 a 8.97, frente al grupo de exposición que alcanzó 6.30 y tuvo 16 reprobados. Además, las percepciones estudiantiles revelaron mayor motivación, claridad y dinamismo con el podcast, confirmando su efectividad como estrategia de enseñanza-aprendizaje.

ABSTRACT

The research explore the impact of academic podcasts as a didactic resource for Financial Engineering students at the Polytechnic University of the State of Morelos. Based on theories such as Connectivism and Educommunication, the study employed a mixed-methods approach with 93 eighth-term students in the Risk Control course. Experimental and control groups were formed: some created and worked with podcasts on ESG risks in companies, while others carried out traditional presentations. The results showed that the podcast group significantly improved their performance, increasing from an average of 3.15 to 8.97, compared to the presentation group, which reached 6.30 and had 16 failing students. Furthermore, students' perceptions revealed greater motivation, clarity, and dynamism with the podcast, confirming its effectiveness as a teaching and learning strategy.

Palabras Clave: Podcast, estrategia, aprendizaje, recurso, ingeniería

Key Words: Podcast, strategy, learning, resource, engineering

INTRODUCCIÓN

La educación superior requiere métodos de enseñanza que trasciendan la clase tradicional y se adapten a las necesidades de un aprendizaje más flexible y centrado en el estudiante, la tecnología ofrece opciones para lograrlo, y el podcast académico surge como una alternativa para una experiencia distinta.

Los antecedentes del uso del podcast como recurso educativo se remontan a recursos de audio grabado con fines educativos desde finales del siglo XIX, se basa principalmente en dos teorías educativas:

El Conectivismo, que enfatiza el autoaprendizaje y la interconexión en redes y nodos de conocimiento, reconociendo el cambio permanente del saber en entornos tecnológicos

¹ Alicia Herrera Campos. Profesora de Tiempo Completo. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. aherrera@upemor.edu.mx

² Sandra Elizabeth León Sosa. Profesora de Tiempo Completo. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. lsandra@upemor.edu.mx

actuales, el podcast, con su formato de contenidos breves (microaprendizaje), tiene a favorecer un aprendizaje efectivo y autónomo (Morales et al, 2023).

La Educomunicación estudia la sinergia entre comunicación y educación, fomentando una educación basada en la gestión de la información y el uso de tecnologías de la comunicación modernas, el podcast es reconocido como un recurso educomunicativo que permite la participación colaborativa y la creación de contenidos por parte de estudiantes y docentes, promoviendo el diálogo, la interacción y la personalización de la instrucción (Cordero et al, 2024).

Según Martínez en 2020, el uso de podcast mejora la experiencia de enseñanza-aprendizaje, ya que permite la edición libre, promoviendo la flexibilidad de acceso a contenidos en cualquier dispositivo, además, se han observado impactos positivos en motivación, autonomía, y desarrollo de habilidades auditivas y de comprensión oral, apoyando también la inclusión educativa, permitiendo a las personas con discapacidad visual tener un recurso de fácil acceso, el podcast en aulas combina su uso como complemento de las clases presenciales o como material creado por docentes y estudiantes, favoreciendo una experiencia más dinámica y personalizada (Borja et al, 2025).

La presente investigación busca evaluar el impacto del podcast como recurso didáctico de temas de Ingeniería Financiera en la Universidad Politécnica del Estado de Morelos, por lo cual, su objetivo específico se centra en evaluar la incorporación del uso de podcasts diseñados específicamente para abordar el tema de la gestión de riesgos ASG en las empresas (Forbes, 2025), y con ello dar respuesta a la pregunta de investigación sobre si el uso de podcast puede mejorar el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes, cuando abordan temas complejos. Esta investigación a través de un enfoque mixto servirá para evaluar su uso como recurso didáctico y su contribución en la mejora del rendimiento académico, así como en la motivación de los estudiantes.

METODOLOGÍA

La presente investigación utilizó un enfoque mixto que combinó métodos cuantitativos y cualitativos (Hernández et al, 2014).

2.1. Población y muestra

Se trabajó con tres grupos de estudiantes de 8vo. Cuatrimestre de la carrera de Ingeniería Financiera de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos, periodo enero-abril de 2025, en la asignatura de Control de Riesgos, con una muestra causal de 93 estudiantes, esta se dividió en un grupo experimental que utilizó podcasts y un grupo de control que no lo hizo (Lind, 2012).

Tabla 1. Estudiantes inscritos por grupo de Ingeniería Financiera

Periodo	Cuatrimestre	Número de Estudiantes
I2025. Enero-abril 2025	8vo. Cuatrimestre A	30
I2025. Enero-abril 2025	8vo. Cuatrimestre B	31
I2025. Enero-abril 2025	8vo. Cuatrimestre C	32

Fuente: Base histórica de estudiantes de Ingeniería Financiera

2.2. Diseño y creación de los podcasts

Los podcasts se estructuraron centrados en el tema “La gestión de Riesgos ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) en las empresas”, se solicitó mediante la plataforma Classroom y las instrucciones para su estructura se delimitaron a:

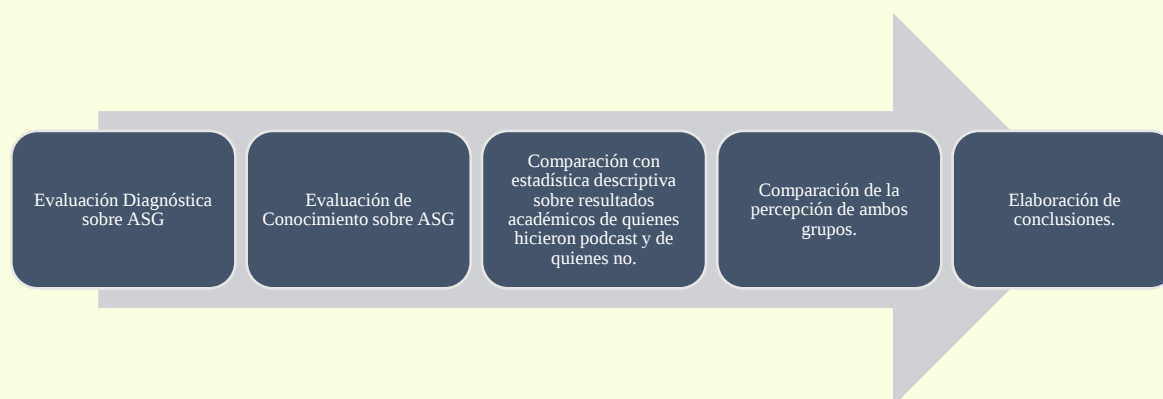
Formar equipos de 5 personas, es decir, en cada grupo existirían 6 equipos, 3 equipos desarrollarían un podcast, mientras los otros 3 de cada grupo, estudiarían el tema y prepararían una exposición, la designación de cada equipo se hizo al azar.

En el caso del podcast tendría las siguientes especificaciones:

- Duración: Entre 1 y 2 minutos por capítulo.
- Capítulos: 2 por equipo.
- Formato: entrevista, narración y música, deberían elegir un nombre para el podcast.
- Se consideró que al ser un contenido de audio y no de vídeo, permitía salvaguardar la privacidad de las y los estudiantes que crean este tipo de contenidos.

En el caso de la exposición, se pidió que no fuera más allá de 10 diapositivas y que focalizarán la información medular del tema con un ejemplo.

2.3 Recolección de datos



*Figura 1. Proceso de recolección y procesamiento de datos.
Elaboración propia*

Cuantitativo

Se aplicó una evaluación diagnóstica y una evaluación de conocimiento en los grupos de estudio, esta fue sobre el tema de la gestión de riesgos ASG en las empresas, con la finalidad de medir la aportación que este recurso tiene sobre la comprensión del tema correspondiente a la asignatura Control de Riesgos, se procesó mediante estadística descriptiva, algunas de las preguntas de dichas evaluaciones fueron:

1. Riesgos Ambientales (A)

Más allá de la regulación, ¿qué incentivos económicos o financieros pueden motivar a las empresas mexicanas a reducir sus emisiones de carbono y adoptar tecnologías más limpias?

2. Riesgos Sociales (S)

¿De qué manera las empresas mexicanas están abordando los riesgos de diversidad e inclusión, especialmente en lo que respecta a la brecha salarial de género y la representación equitativa en los puestos de liderazgo?

3. Riesgos de Gobernanza (G)

En el marco de la regulación mexicana, ¿cómo impactan las fallas en la ciberseguridad y la protección de datos personales en los riesgos de gobernanza de una empresa, y qué medidas de control interno son esenciales para proteger la información de los clientes?

4. Riesgos Integrados

¿Cómo puede un inversionista en México evaluar la integración de los riesgos ASG en la estrategia de negocio y en la cultura corporativa de una empresa, más allá de la simple publicación de un reporte de sostenibilidad?

Cualitativo

Se realizaron grupos focales con los estudiantes para recoger a través de un instrumento, sus percepciones sobre el podcast y la exposición, la calidad del contenido y su impacto en su proceso de aprendizaje, además, se evaluaron aspectos como la flexibilidad y la utilidad como herramienta, en estos grupos se presentaron los podcasts y las exposiciones, teniendo sesión de evaluación, se les otorgó el siguiente instrumento, evaluando 5 como la calificación máxima.

Claridad del contenido: La forma en que se presentó el podcast () o la exposición () me ayudó a entender los temas de manera clara y sencilla. (1) (2) (3) (4) (5)

Participación y dinamismo: El podcast () o la exposición () (ej. actividades, discusiones, proyectos) me motivó a participar activamente en la clase. (1) (2) (3) (4) (5)

Aplicabilidad práctica: Entiendo cómo puedo aplicar lo que aprendí en situaciones reales (1) (2) (3) (4) (5)

Recursos y materiales: Los recursos y materiales utilizados en el podcast () o la exposición () complementaron la enseñanza de forma efectiva. (1) (2) (3) (4) (5)

Percepción general: En general, el podcast () o la exposición () en esta unidad fue efectiva para mi aprendizaje. (1) (2) (3) (4) (5)

RESULTADOS

Creación de podcast

Los estudiantes seleccionados crearon un podcast en formato de entrevista, simulando que hablaban con expertos en el tema, a través de ello, analizaron el impacto de los riesgos ASG en las empresas, así como sus beneficios, en la figura 2, se aprecia un ejemplo de los podcasts que se elaboraron.



Figura 2. Podcast. Los retos de un empresario.

Fuente: Clase Control de Riesgos I2025

Rendimiento académico

El grupo que utilizó el recurso de podcast, mostró una mejora promedio pasando de 3.15 en la evaluación diagnóstica a un 8.97 en la evaluación de conocimientos del tema Riesgos ASG, además que se aprecia de manera puntual el pico que existe de las calificaciones de la evaluación de conocimientos, citándose en la calificación de 9 como la más alta en frecuencia (ver figura 2), cabe resaltar que ningún estudiante reprobó la evaluación de conocimiento.

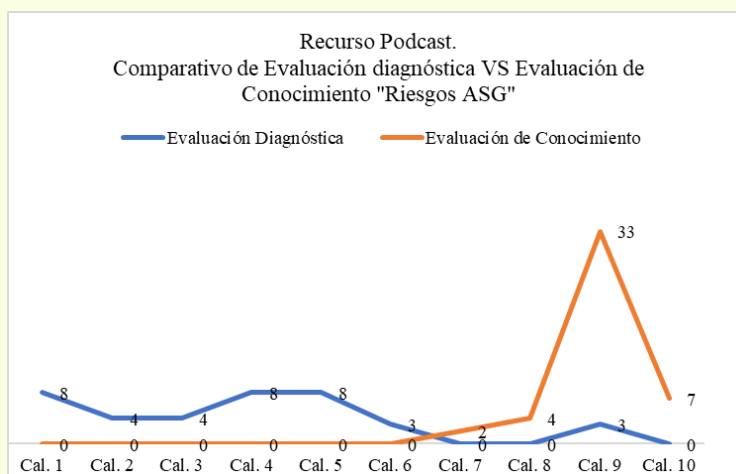


Figura 3. Recurso Podcast, comparativo de evaluación diagnóstica vs evaluación de conocimiento.

Elaboración propia.

En comparación, el grupo que utilizó el recurso de exposición, paso de un 3.19 de promedio en la evaluación diagnóstica a un 6.30 de promedio en la evaluación de conocimientos del tema, en la figura 3 se aprecia que la frecuencia más alta de las calificaciones de conocimiento se situó en 7, mientras que hubo 16 reprobados.

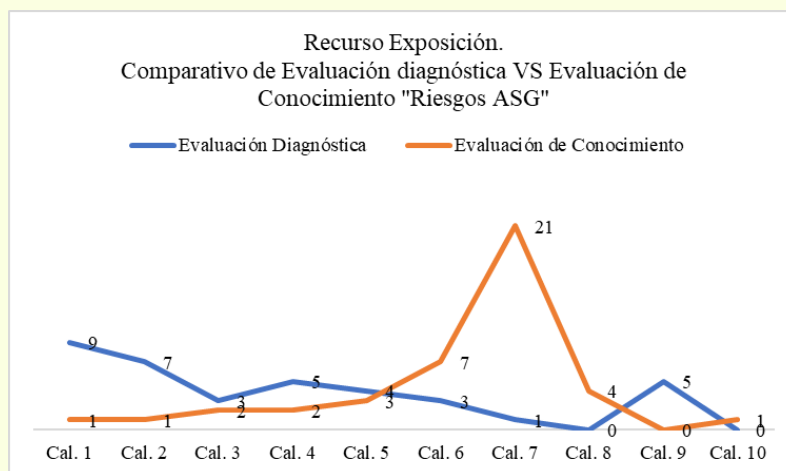


Figura 4. Recurso Exposición, comparativo de evaluación diagnóstica vs evaluación de conocimiento. Elaboración Propia

Esto sugiere que el uso de podcasts contribuyó positivamente a la retención y comprensión del tema.

Percepciones de los estudiantes

Las encuestas en grupos focales revelaron una alta aceptación en la elaboración del podcast y no así del de la exposición, como lo indica la figura 4, el 72% de estudiantes que utilizaron este recurso, están totalmente de acuerdo o de acuerdo en que el podcast ayudó a entender el tema de manera clara y sencilla el tema.

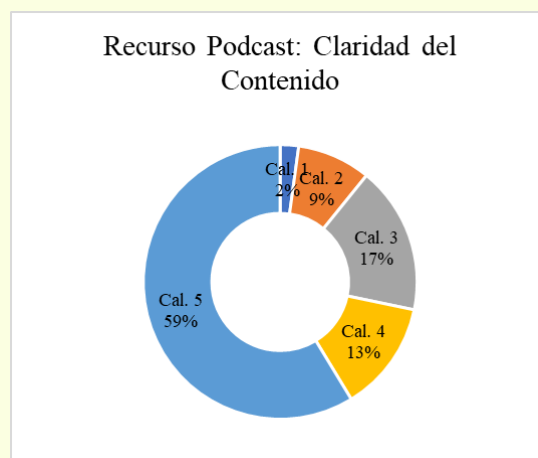
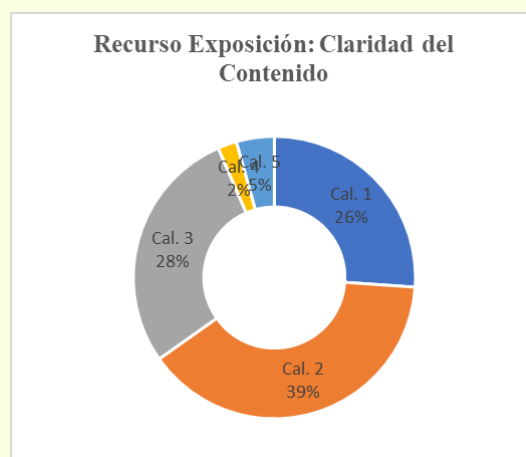


Figura 5. Pregunta: La forma en que se presentó el podcast me ayudó a entender el tema de manera clara y sencilla. Elaboración Propia

Contrario a esto, se realizó la misma pregunta a quienes ocuparon el recurso de exposición donde el 65% está en desacuerdo con que la exposición les representara claridad en el contenido.



*Figura 6. Pregunta: La forma en que se presentó la exposición me ayudó a entender el tema de manera clara y sencilla.
Elaboración Propia*

CONCLUSIONES

La investigación demuestra que la incorporación de podcasts como material de estudio mejora significativamente el rendimiento académico de los estudiantes, el grupo experimental que utilizó podcasts obtuvo un promedio de 8.97 en su evaluación de conocimientos, en comparación con el 6.30 del grupo de control que solo utilizó exposiciones, este hallazgo sugiere que los podcasts son una herramienta más efectiva para la retención y comprensión de temas complejos como los riesgos ASG.

Los hallazgos cualitativos indican una alta aceptación por parte de los estudiantes hacia la creación de podcasts, ya que la encuesta reveló que el 72% de los estudiantes que elaboraron podcasts consideraron que este recurso les ayudó a entender el tema de manera clara y sencilla, en contraste con el 65% del grupo de control que percibió las exposiciones como poco eficaces para la claridad del contenido, esto muestra que el formato de podcast no solo mejora el aprendizaje, sino que también fomenta la participación activa y la motivación.

Los resultados confirman los principios del Conectivismo y la Educomunicación, al permitir a los estudiantes crear su propio contenido, el podcast promueve el autoaprendizaje y la interconexión de conocimientos, además, al integrar la comunicación y la educación, se crea un recurso que favorece la colaboración y la personalización de la instrucción, lo que se refleja en la mejora del rendimiento académico y la percepción positiva de los estudiantes.

Finalmente, la efectividad del podcast, demuestra que es una alternativa viable y valiosa para complementar la educación superior en diversas disciplinas, no solo en Ingeniería Financiera, su flexibilidad de acceso y su capacidad para promover el aprendizaje lo convierten en una herramienta ideal para adaptarse a las necesidades de los estudiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borja-Torresano, S., Y. N., Bastardo Contreras, X. J., & Jiménez Camargo, H. J. (2025). Podcast un recurso para la enseñanza y el aprendizaje. Universidad Técnica Estatal de Guayaquil. https://www.uteg.edu.ec/wp-content/uploads/2025/01/4_2024.pdf

- Cordero de Jiménez, Y. N., Bastardo Contreras, X. J., & Jiménez Camargo, H. J. (2024). Podcast un Recurso para la Enseñanza y el Aprendizaje: Conectivismo y Educomunicación. *Memorias de la Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática*, 36–43.
- Forbes, I. (2025). *Integrar los temas ASG en el programa de gestión de riesgo empresarial, clave para 2025*. Forbes México. <https://forbes.com.mx/integrar-los-temas-asg-en-el-programa-de-gestion-de-riesgo-empresarial-clave-para-2025/>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Lind, D. A., Marchal, W. G., & Wathen, S. A. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía* (15.ª ed.). McGraw-Hill.
- Martínez, J. (2020). Eficacia del uso del “podcast” como recurso educativo en el aula de formación universitaria. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/57648/TFM-G1687.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morales, J., Plata, J. J., Lebrón, J. A., & Ostos, F. J. (2023). El podcast como una herramienta docente innovadora en la transferencia del conocimiento. *Research in Learning Technology*, 24, 28035. <https://doi.org/10.3402/rlt.v24.28035>

PROTOTIPO DE IMPLEMENTACIÓN DE CÓDIGO QR PARA ACCESO A INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

PROTOTYPE OF QR CODE IMPLEMENTATION FOR ACCESS TO INSTITUTIONAL INFORMATION



Mtro. Roberto Enrique López Díaz¹

Dra. Alma Delia Nieto Yáñez²

Dra. Irma Yazmín Hernández Báez³

RESUMEN

El presente artículo presenta el diseño e implementación de un prototipo de software donde se generan códigos QR que identifican a estudiantes y que permite recuperar información almacenada o realizar funcionalidades que deben realizarse en los diferentes departamentos dentro de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos o que deben realizar los mismos estudiantes al interactuar con esos departamentos. Con este prototipo se plantea la posibilidad de que la información sea accedida desde un navegador, lo que evita usar software adicional al que puede tener una computadora por defecto. En este trabajo se presenta la metodología de desarrollo utilizada para la creación del prototipo, los resultados del desarrollo y las conclusiones a las que se llegaron al término del proyecto.

ABSTRACT

This article presents the design and implementation of a software prototype where QR codes are generated to identify students, allowing access to stored information or enabling functionalities required by various departments within Universidad Politécnica del Estado de Morelos, as well as tasks that students need to perform when interacting with these departments. This prototype explores the possibility of accessing information through a web browser, eliminating the need for additional software beyond what is typically available on a computer by default. This work details the development methodology used for creating the prototype, the development results, and the conclusions drawn at the end of the project.

Palabras clave: Software, QR, Gestión de información.

Key Words: Software, QR, Information Management.

INTRODUCCIÓN

Desde su aparición, los códigos QR se han usado para realizar diferentes tareas o actividades. Estas tareas van desde el rastreo y administración de productos de un inventario hasta recuperar parte de la información médica de pacientes. El sector educativo no es la excepción y también se pueden encontrar trabajos donde se utilizan este tipo de códigos para llevar a cabo tareas dentro de las aulas. Esta tecnología ha sido adoptada gracias a la facilidad de uso y la rapidez con la que permite recuperar datos o interactuar con elementos digitales.

De manera resumida, un código QR representa un código o codificación de unas características particulares de elementos que describe, utilizando para ello una representación en dos dimensiones (cuadrado) en donde dependiendo del volumen de datos, tamaño del

¹ Mtro Roberto Enrique López Díaz es profesor de tiempo completo de UPEMOR. rlopezd@upemor.edu.mx

² Dra. Alma Delia Nieto Yáñez es profesora de asignatura de la UAEM. delia.nieto@gmail.com

³ Dra. Irma Yazmín Hernández Báez es profesora de tiempo completo de UPEMOR. ihernandez@upemor.edu.mx

espacio utilizado, la posición y alineamiento, indican dichas características (Hernando, 2013).

En el campo de la gestión de inventarios, los códigos QR se han utilizado para rastrear y administrar productos. Usando este tipo de códigos, los usuarios pueden acceder de manera rápida a información almacenada en bases de datos, como descripciones, cantidades disponibles y ubicaciones en almacenes. Esto optimiza los procesos en cuanto a tiempo y obtención de información (QRCodeTiger, 2025).

En el ámbito de la salud, los códigos QR han sido utilizados para mejorar el acceso a información médica. Al integrarse con sistemas de registros electrónicos, estos códigos permiten a los profesionales de la salud recuperar rápidamente historiales clínicos y datos de pacientes, lo que facilita la toma de decisiones médicas y mejora la eficiencia en la atención (Gonzalez-Argote & Garcia-Rivero, 2016).

En el sector educativo, los códigos QR han sido utilizados para comparar recursos didácticos (Hernando, 2013) (Noah, 2022), ampliar la forma de comunicación entre los involucrados (profesores y estudiantes) (Noah, 2022), ampliar el uso de servicios de biblioteca (Latha & Ravinder, 2022) (Chapple, Weir, & San-Martin, 2017), ampliar la seguridad de documentos expedidos por una institución (Razo, Asato, & Flores, 2014) y para seguimiento en el trabajo colaborativo (Hernandez, y otros, 2023). Estos trabajos han permitido ver el potencial que tienen el uso de estos códigos en tareas diversas involucradas en el ámbito educativo.

Dada la versatilidad y eficacia del uso de códigos QR en la interacción con bases de datos, el presente trabajo plantea el desarrollo de un sistema web en el que esta tecnología se utilice para acceder de manera rápida a información almacenada en una base de datos. Esta solución busca optimizar los procesos de consulta y gestión de información, mejorando la eficiencia y la accesibilidad en diversos contextos.

Considerando lo anterior, se plantean las preguntas de investigación que se revisarán durante el desarrollo de este documento: ¿el uso de códigos QR es posible desde un navegador?, ¿el uso de códigos QR pueden facilitar el acceso a información almacenada en un servidor? ¿el uso de códigos QR pueden facilitar los procesos dentro de una institución educativas?.

Para la elaboración del prototipo, al comienzo de este se tuvieron reuniones para determinar cuál sería la información que se almacenaría en él y la forma en cómo se accedería a ella. En dichas reuniones, se determinó almacenar lo siguiente:

- Información referente al estudiante, para verificación de estatus del estudiante
- Información de asistencia de los alumnos a clases
- Información de documentos de servicio social que ha entregado el estudiante
- Información de asistencia a sesiones de tutoría
- Información de préstamos de libros

Por otro lado, también se planteó que cada estudiante, para identificarse, usaría un código QR específico, que tendría la información requerida para que el sistema recupere la información almacenada.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se consideró el uso de la metodología cascada mejorada o realimentada. Esta metodología sigue un flujo secuencial, donde se tiene que realizar y terminar una etapa para poder pasar a la siguiente etapa, pero además, después de terminar una etapa, se realiza una revisión de lo realizado en la etapa anterior y en caso de encontrar un punto de mejora o corrección, se tiene la posibilidad de retroceder en el flujo a la etapa anterior terminada para realizar las correcciones necesarias (Sommerville, 2005).

La metodología de cascada mejorada ofrece algunas ventajas para la gestión de proyecto, que posiblemente no estén presentes en otras metodologías, como puede ser la facilidad de adopción del flujo de trabajo, su enfoque secuencial que sirve para guiar el progreso de un proyecto de forma ordenada y el énfasis en la comprobación de los resultados de cada etapa terminada con el objetivo de minimizar errores y problemas futuros.

Diseño de la solución

La parte funcional del software a desarrollar debe permitir realizar diversas tareas o funcionalidades, entre las cuales están

- Generación de código QR específico para cada alumno
- Registrar la entrada a las instalaciones de la universidad
- Registrar asistencia a clases
- Obtener información de documentos del estudiante en la dirección de vinculación
- Obtener información de préstamos de libros

Un código QR se generará al registrar un nuevo estudiante y se le enviará a su correo institucional. Al ejecutar las operaciones indicadas, el sistema leerá el código QR de cada alumno mediante una cámara conectada a una computadora, en la cual se accede al sistema mediante un navegador.

Además, para cumplir con lo planteado en cuanto a la forma en que se utilizaría el prototipo (uso desde varios puntos en las instalaciones de la universidad), con soporte para uso simultáneo de información de varios estudiantes, se determinó que la implementación del proyecto se hiciera con tecnologías que permitieran lo anterior, por lo que se optó por: HTML5, PHP, lenguaje SQL a través del gestor MariaBD, CSS y el framework Laravel.

La mayor ventaja ofrecida por el framework radica en que este organiza el trabajo bajo el esquema del patrón arquitectónico MVC (Modelo – Vista - Controlador), que separa los componentes encargados de almacenar los datos de los componentes que ejecutan la lógica de funcionamiento y a su vez, también separa los componentes con los que interactúan los usuarios (Alvizu, 2016) (Bahit, 2014).

También se requiere, para la generación del código QR y lectura de este, software específico para dichas tareas, por lo que se debe revisar las opciones que existen disponibles.

RESULTADOS

El prototipo se desarrolló siguiendo las etapas establecidas por la metodología. Al terminar las etapas de diseño e implementación, se realizaron las pruebas de las funcionalidades y los resultados se presentan a continuación:

Registro de alumnos y generación de código QR

Debido a que la funcionalidad principal se basa en el uso de un código QR para acceder a información almacenada, una funcionalidad relevante es la generación del código del estudiante. El código QR se genera cuando un estudiante sea registrado en el sistema y posterior a la generación, el código se envía al correo institucional del estudiante. En las Figuras 1 y 2 se presentan las pantallas del sistema donde se muestran las operaciones.

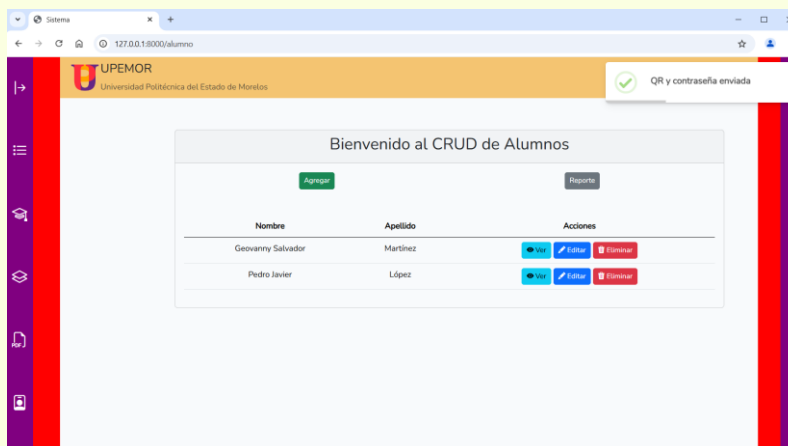


Figura 1. Registro de estudiante realizado.

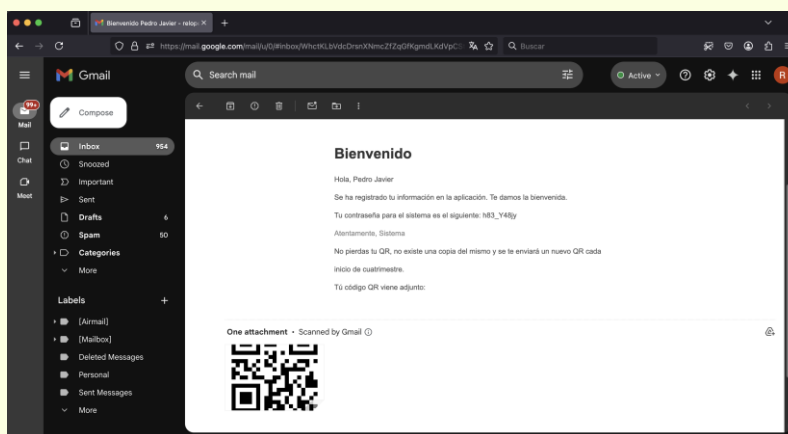


Figura 2. Correo donde se envía el código QR del estudiante.

Lectura de código QR

Una vez que el estudiante tiene el código que le corresponde, este será usado para acceder y recuperar información en diferentes áreas de la universidad, dependiendo de la funcionalidad que se esté ejecutando.

Una de las tareas en las que se puede usar el prototipo es en la toma de asistencia a clases que debe tomar el estudiante. Para poder realizar esto, un profesor debe registrar el horario en que iniciará un pase de lista (Figura 3), para que cuando el sistema detecte el horario registrado, encienda automáticamente la cámara para que se puedan asistencias mediante el QR de los estudiantes (Figura 4). Adicionalmente, una vez que el estudiante registró su asistencia, recibirá un correo de confirmación del registro (Figura 5).

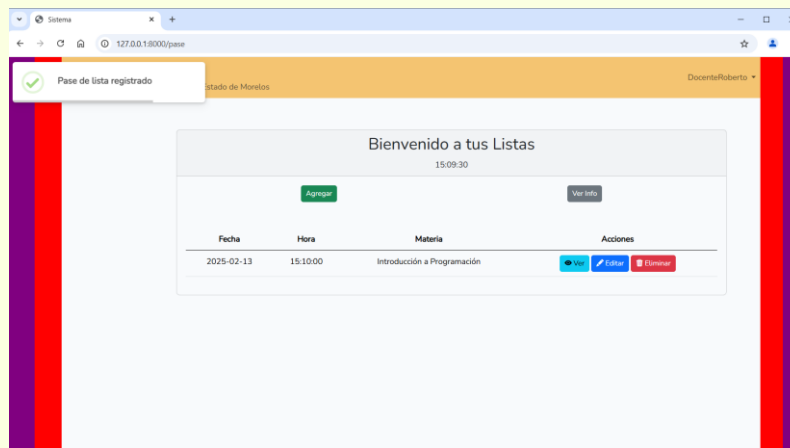


Figura 3. Registro de pase de lista.

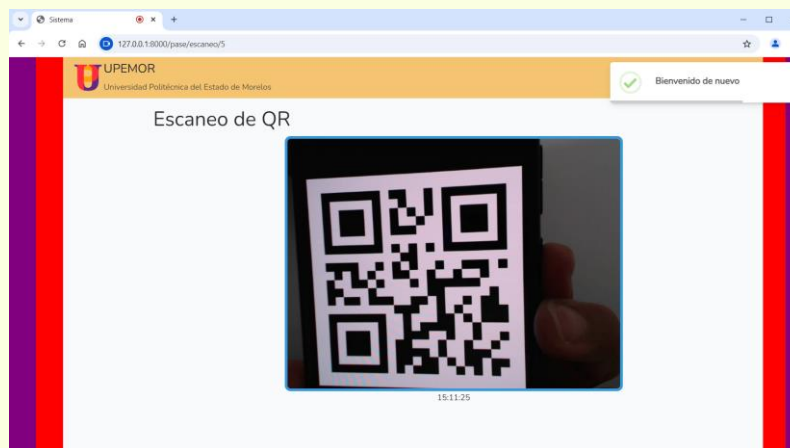


Figura 4. Registro de asistencia de un estudiante.

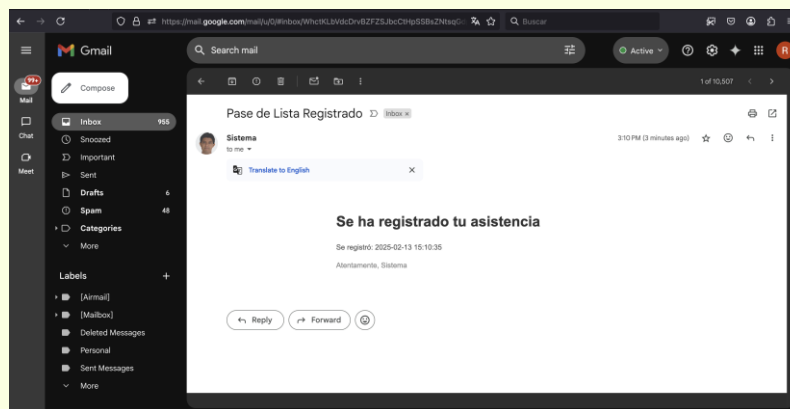
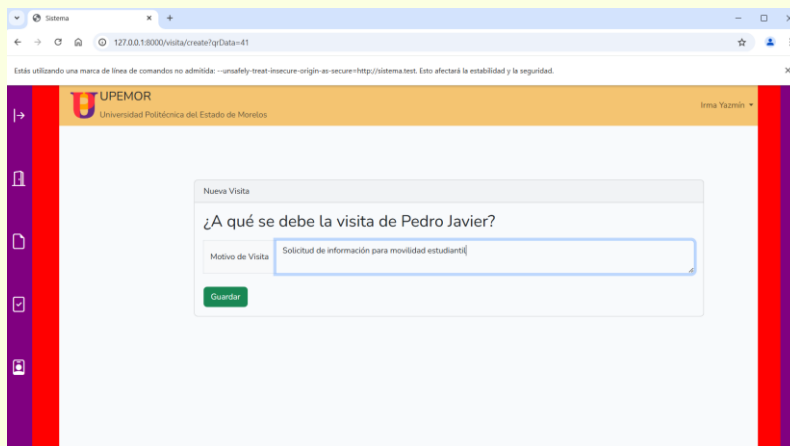


Figura 5. Correo de confirmación de registro de asistencia.

Otras dos funcionalidades tienen que ver con información relacionada con la dirección de vinculación, se pueden registrar visitas para solicitar algún tipo de información (Figuras 6 y 7) o también, para registrar la entrega de los documentos que el estudiante genera al realizar el servicio social u otras actividades reglamentarias (Figuras 8 y 9).



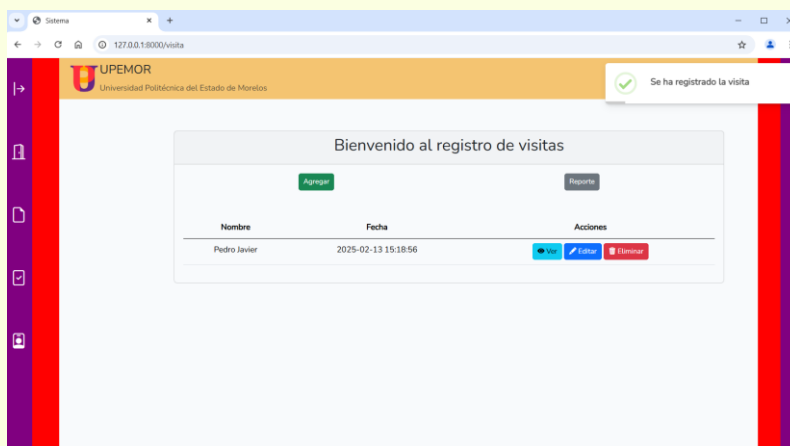
Nueva Visita

¿A qué se debe la visita de Pedro Javier?

Motivo de Visita: Solicitud de información para movilidad estudiantil

Guardar

Figura 6. Captura de información de la visita.



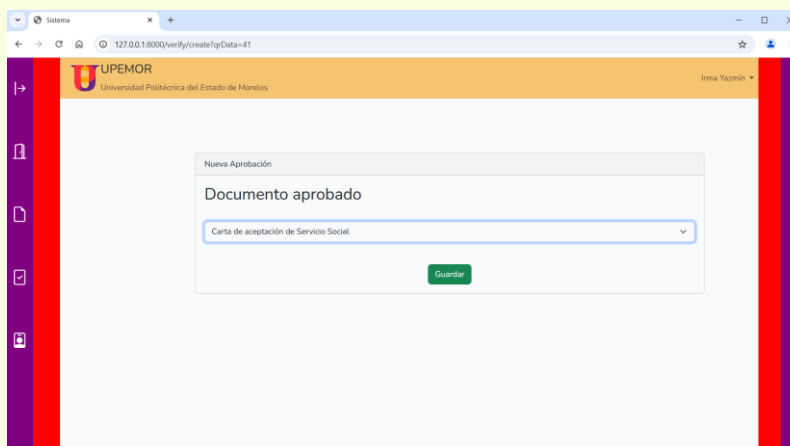
Bienvenido al registro de visitas

Se ha registrado la visita

Nombre	Fecha	Acciones
Pedro Javier	2025-02-13 15:18:56	Ver Editar Eliminar

Agregar Reporte

Figura 7. Registro de la visita en el sistema.



Nueva Aprobación

Documento aprobado

Carta de aceptación de Servicio Social

Guardar

Figura 8. Selección de documento a entregar por un estudiante.

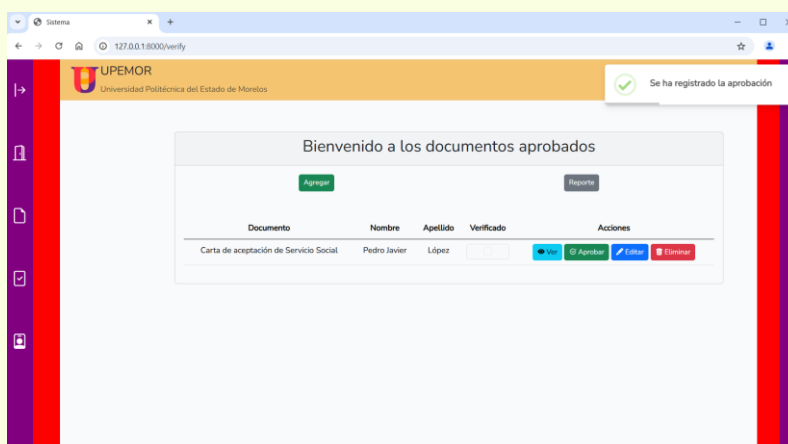


Figura 9. Registro exitoso del documento entregado por un estudiante.

Respecto a la información relacionada con biblioteca, de igual forma, después de escanear el código QR, se accede a la información registrada sobre los préstamos que tiene el estudiante, permitiendo hacer más operaciones (Figura 10), incluso registrar nuevos préstamos (Figura 11).

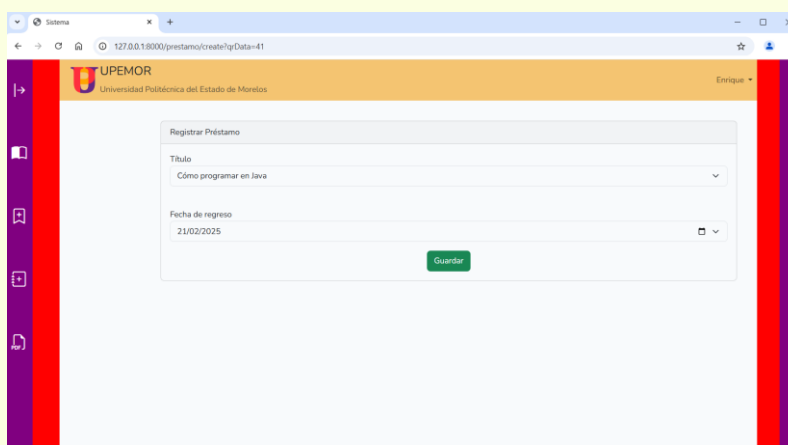


Figura 10. Captura de información de préstamos solicitado por el estudiante.

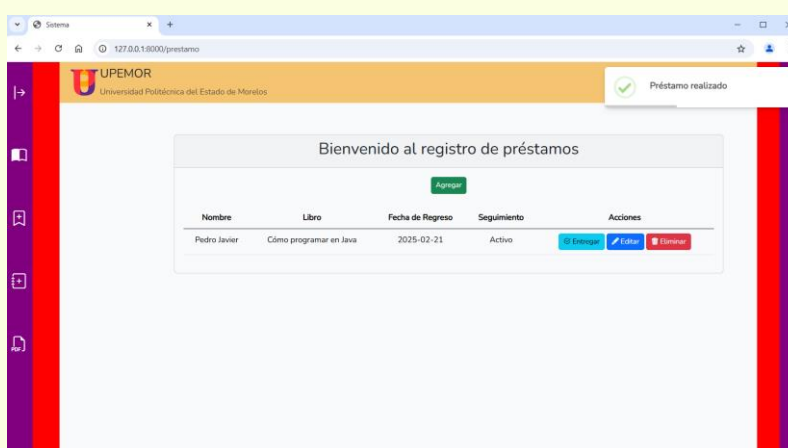


Figura 11. Registro de préstamo de libro.

Las funcionalidades anteriores son muestras de las funcionalidades en donde se involucra el uso de un código QR (generación y lectura), sin embargo, hay otras funcionalidades de

administración de la información que se requiere ejecutar previamente, para el correcto funcionamiento de la lectura del QR, pero que no se muestran en este trabajo. Entre las funcionalidades no mostradas están: Acceso controlado mediante un inicio de sesión, gestión de usuarios, gestión de asignaturas de una carrera, gestión de estudiantes, generación de reportes para toma de decisiones y gestión de respaldos de la base de datos.

Respondiendo las preguntas de investigación planteadas para el proyecto:

- ¿El uso de códigos QR es posible desde un navegador?, la respuesta es sí, gracias a la implementación de librerías para generar el código QR y posteriormente leer los códigos generados.
- ¿El uso de códigos QR pueden facilitar el acceso a información almacenada en un servidor?, sí es posible, solo debe configurarse adecuadamente los datos que se usarán para conectarse con la base de datos que almacena la información
- ¿El uso de códigos QR pueden facilitar los procesos dentro de una institución educativa?, no es posible responder la pregunta debido a que la implementación del sistema debe pasar por un proceso de validación. Sin embargo, se puede considerar que es una posibilidad que los procesos sean más sencillos ya que en el prototipo, el acceso a la información se realizaba en menor tiempo.

CONCLUSIONES

Después de las pruebas realizadas al prototipo desarrollado, se puede observar que la funcionalidad del software permitirá un acceso rápido a la información que generan los estudiantes en los distintos departamentos o direcciones que se tienen en la universidad. El prototipo implementó solo algunas de las funcionalidades básicas que permitieran verificar el funcionamiento de este, pero se puede observar que hay más información que puede incluirse, como la información de atención de primer contacto en el servicio médico de la institución o solicitudes de atención en direcciones académicas o en otros departamentos.

La inclusión en el prototipo de la biblioteca de funciones para el uso de la cámara desde un navegador implicó configurar el navegador para permitir la lectura de datos desde el dispositivo. Esto puede representar un contratiempo en la futura implementación del prototipo ya que el personal del área de sistemas podría requerir tiempo en configurar todos los equipos que harán uso del prototipo.

Con respecto a las funciones para la generación e interpretación de los códigos QR, esta puede usarse sin problemas, sin embargo, desde la terminación de prototipo se han encontrado otras bibliotecas por lo que un trabajo futuro es la comprobación de cuál de esas bibliotecas puede implementarse para mejorar la velocidad de respuesta durante la lectura, lo cual puede ser considerado lento para algunas funcionalidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvizu, A. (2016). *A Devel*. Obtenido de <https://www.adevelca.com/blog/que-es-el-patron-mvc>

- Bahit, E. (2014). *POO y MVC en PHP*. Obtenido de <http://www1.herrera.unt.edu.ar/biblcet/wp-content/uploads/2014/12/eugeniabahitpooymvcenphp.pdf>
- Chapple, D., Weir, B., & San-Martin, R. (2017). Can the incorporation of Quick Response Codes and smartphones improve Field-based Science Education. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*.
- Gonzalez-Argote, J., & Garcia-Rivero, A. (2016). Códigos QR y sus aplicaciones en las ciencias de la salud. *Revista Cubana de información en Ciencias de la Salud* Vol. 27 No. 2.
- Hernandez, C., Aslankooi, E., Frolikov, P., Li, H., Kurniawan, S., & Rolandi, M. (2023). Implementing QR codes in academia to improve sample tracking, data accessibility, and traceability in multicampus interdisciplinary collaborations. *PLOS ONE*.
- Hernando, R. (2013). *Uso de códigos QR para la mejora en el acceso y disponibilidad de recursos educativos mediante realidad aumentada*. Madrid.
- Latha, P., & Ravinder, D. (2022). QR Codes: Use in Library Services. *International Journal of Research in Library Science*.
- Noah, T. (2022). *8 Ways to Use QR Codes in Higher Education Classrooms*. Obtenido de EDUCAUSE: <https://er.educause.edu/articles/2022/8/8-ways-to-use-qr-codes-in-higher-education-classrooms>
- QRCodeTiger. (2025). *Cómo usar códigos QR para el sistema de gestión de inventario*. Obtenido de <https://www.qrcode-tiger.com/es/how-to-use-qr-codes-for-inventory-management-system>
- Razo, E., Asato, J., & Flores, D. (2014). Propuesta de uso de códigos QR como elemento de seguridad para constancias académicas. *Pistas Educativas* No. 107.
- Sommerville, I. (2005). *Ingeniería de Software*. Madrid: Pearson Addison Wesley.

VALIDACIÓN DE UNA RED NEURONAL CONVOLUCIONAL USANDO PATRONES DE PRESIÓN PLANTAR PARA DETECCIÓN TEMPRANA DE PIE DIABÉTICO



VALIDATION OF A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK USING PLANTAR PRESSURE PATTERNS FOR EARLY DETECTION OF DIABETIC FOOT

Ing. Joseph Aaron Rodríguez Cabello¹

Dra. Lucia Morales Morales²

Dra. Mirna Castro Bello³

Dr. Cornelio Morales Morales⁴

RESUMEN

Este artículo presenta la validación de una Red Neuronal Convolutacional (CNN) para la detección temprana de pie diabético mediante el análisis de patrones de presión plantar. Se utilizó un conjunto de datos de 43 pacientes (25 diabéticos y 18 sanos) con mediciones de presión en ocho zonas del pie. Los registros fueron preprocesados y normalizados para el entrenamiento y validación del modelo. Mediante optimización de hiperparámetros, la configuración más adecuada incluyó un kernel de tamaño 11, 128 filtros, cinco capas convolucionales y un tamaño de lote de 4 muestras. Con esta configuración, la CNN logró una precisión promedio del 91.5%, clasificando correctamente el 100% de los pacientes diabéticos y el 83% de los sanos. Los resultados obtenidos demuestran el potencial del modelo como herramienta de apoyo diagnóstico para la detección temprana del pie diabético, contribuyendo al desarrollo de soluciones accesibles y portátiles para el monitoreo clínico.

ABSTRACT

This paper presents the validation of a Convolutional Neural Network (CNN) for early detection of diabetic foot through plantar pressure pattern analysis. A dataset of 43 patients (25 diabetic and 18 healthy) with pressure measurements from eight-foot regions was used. The records were preprocessed and normalized for model training and validation. Through hyperparameter optimization, the most suitable configuration included a kernel size of 11, 128 filters, five convolutional layers, and a batch size of 4 samples. With this configuration, the CNN achieved an average accuracy of 91.5%, correctly classifying 100% of diabetic patients and 83% of healthy individuals. The obtained results demonstrate the model's potential as a diagnostic support tool for early detection of diabetic foot, contributing to the development of accessible and portable solutions for clinical monitoring.

Palabras clave: Red Neuronal Convolutacional, Presión Plantar, Patrones, Pie Diabético

Key Words: Convolutional Neural Network, Plantar Pressure, Patterns, Diabetic Foot.

¹ Ing. Joseph Aaron Rodríguez Cabello, estudiante de Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Juan del Río, m24590685@sjuanrio.tecnm.mx

² Dra. Lucia Morales Morales, consultora de desarrollo de software del área de Tecnología, Empresa: Sistemas de Información/Consultores de Tecnología S.C. de R.L. de C.V.

³ Dra. Mirna Castro Bello. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Chilpancingo, mirna.cb@chilpancingo.tecnm.mx

⁴ Dr. Cornelio Morales Morales. Autor de correspondencia. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Juan del Río, cornelio.mm@sjuanrio.tecnm.mx

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus (DM) es una enfermedad crónica caracterizada por niveles elevados de glucosa en sangre (Organización Panamericana de la Salud, 2024). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2023) hay 422 millones de diabéticos alrededor del mundo, siendo 13 millones de mexicanos entre 20 a 79 años (International Diabetes Federation, 2025). Según (Jiang et al., 2022) más del 50% de los diabéticos desarrollan neuropatía diabética (ND) provocando pérdida de sensibilidad en las extremidades afectadas creando complicaciones como ulceración de los pies o incluso amputación (MedlinePlus, 2024).

En Wrobel & Najafi (2010) demostraron que la marcha de una persona se ve afectada al padecer pie diabético, causando alteraciones en la fuerza de reacción normal (GRF por sus siglas en inglés), actividad muscular, presión plantar y patrones cinemáticos. Múltiples estudios se han centrado en la medición de estas características mediante sensores buscando un diagnóstico temprano de úlceras por pie diabético (DFU) encontrando relación entre un pico alto de presión plantar con la aparición de este tipo de lesiones Wu et al. (2020). Los autores Tang et al. (2023) y Petersen et al. (2020) señalan el hallux, metatarso, pie medio y talón como las zonas de interés en las cuales medir la presión plantar.

La revisión de Chemello et al. (2022) presenta el uso de modelos de Machine Learning (ML) para el diagnóstico y cuidado de las DFU mediante el análisis de síntomas, historial médico o resultados de pruebas. Siendo los más utilizados: algoritmo k-Vecinos más Cercanos (KNN), Bosque Aleatorio (RF), Maquinas de Soporte Vectorial (SVM), Redes Neuronales Profundas (DNN), Redes Neuronales Convolucionales (CNN), Perceptrón Multicapa (MLP), Memoria de Corto-Largo Plazo (LSTM) y Teorema Bayesiano. En (Tenepalli & Navamani, 2024) refiere que todos los modelos pertenecen a la rama de aprendizaje supervisado, por tanto, el conjunto de datos a utilizar debe estar etiquetado manualmente para usarse en el entrenamiento (70%) y validación (30%). En este sentido las Redes Neuronales (NN) pueden manejar grandes conjuntos de datos con datos no lineales ofreciendo más flexibilidad.

El trabajo de Agrawal et al. (2024) es un ejemplo que compara métodos estadísticos tradicionales con modelos de aprendizaje automático para clasificación. El modelo AdaBoost alcanza una precisión del 85% superando al 67% del enfoque estadístico. Otro ejemplo es Tian et al. (2024) donde presentan una plantilla sensorizada integrada con una Red Neuronal Convolucional (CNN) alcanzando una precisión del 95% en ambientes controlados.

La implementación de modelos híbridos como en Chee et al. (2024) mezclan Deep Learning (DL) con CNN y LSTM obteniendo una precisión del 91.25% en la detección de diabetes en base a la aceleración de la caminata. De manera similar, Haque et al. (2021) implementa un algoritmo Neuro Difuso para la clasificación de ND alcanzando una precisión máxima del $96.72 \pm 0.93\%$.

Estos antecedentes demuestran la eficacia de los modelos de ML en el diagnóstico temprano de complicaciones causadas por la diabetes. Por lo cual, el presente trabajo valida el rendimiento en precisión de distintas configuraciones de Redes Neuronales Convolucionales con un conjunto de datos (43 pacientes) con mediciones de presión plantar en distintas zonas del pie.

METODOLOGÍA

La presente sección explica la selección de un conjunto de datos, configuración de drivers del equipo de cómputo y preprocesamiento para adaptarse a la entrada de la CNN.

Selección del Conjunto de Datos

La selección del conjunto de datos fue tomado de Niemann et al. (2016), quien proporciona un conjunto de datos de 43 pacientes, 18 sanos (10 mujeres, 8 hombres, edad de 62.9 ± 7.6 años) y 25 diabéticos (6 mujeres, 19 hombres, edad de 64.8 ± 9.8 años). Los criterios para la elección de los participantes en el estudio se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1 Criterios de inclusión y exclusión de los participantes.

Criterios considerados		
	Inclusión	Exclusión
No diabéticos	No presentan: - Macroangiopatía. - Defectos en la piel o extremidades inferiores. - Neuropatía sensitivo-motora.	Presencia en el historial médico de: - Diabetes. - Amputaciones. - Deformación de columna vertebral. - Úlceras en los pies. - Insuficiencia cardíaca. - Infartos en el miocardio.
Diabéticos	Presentan: - Diabetes (diagnostico por parte de un profesional). - Neuropatía sensorial periférica con alteraciones de propiocepción. - Ausencia de distinción térmica. - Percepción negativa del monofilamento de Semmes-Weinstein de 10g.	Presentan: - Ulceraciones neuropáticas. - Defectos cutáneos. - Macroangiopatía en estado avanzado. - Parálisis de extremidades inferiores. - Amputación o deformación de miembros. - Insuficiencia cardíaca en estadios III y IV (New York Heart Asociation). - Infarto en el miocardio en las 12 semanas anteriores.

Fuente: Niemann et al. 2016.

Según Niemann et al. (2016), la obtención de datos se realiza colocando sensores de temperatura y presión en la zona de los metatarsos, hallux, pie lateral y talón como se observa en la Figura 1a. Los participantes usan la plantilla sensorizada mientras estaban de pie completamente erguidos ejerciendo presión sobre ambos pies, y mientras estaban sentados con ambos pies apoyados en el suelo. Esto durante sesiones de 100 minutos, repitiendo 2 veces el ciclo mostrado en la Figura 1b, resultando en 86 archivos con información. Los datos crudos de los sensores fueron obtenidos en intervalos de 20 segundos (30 de los 86 conjuntos de datos) o de 3 segundos (56 sesiones restantes), respectivamente.

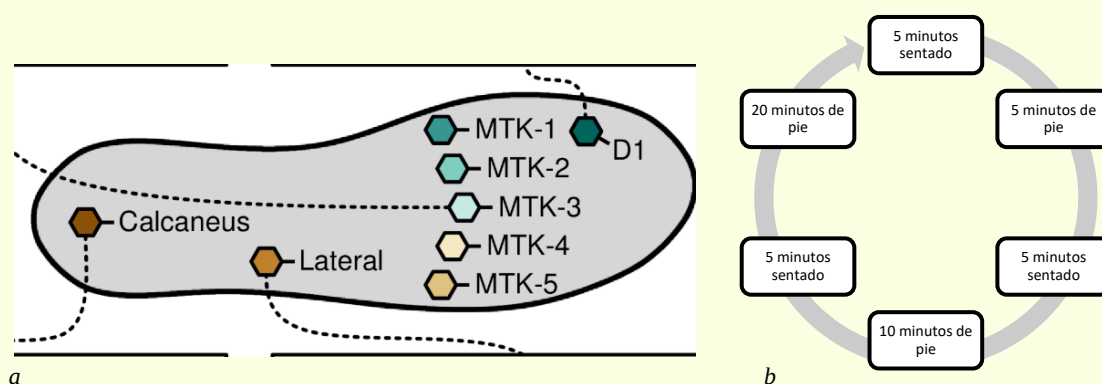


Figura 7 (a) Colocación de los sensores en la plantilla (modificado). (b) Ciclo de cambio de posturas durante los experimentos

Fuente: Niemann et al. 2016

Preparación del equipo de cómputo

El equipo de trabajo utilizado cuenta con las siguientes características:

- Procesador Ryzen 5 2600 con 6 núcleos y 12 hilos.
- 16 GB de memoria RAM a 2666 Mhz.
- Gráfica NVIDIA RTX 4060 de 8 GB.
- Almacenamiento NVMe M.2 de 512 GB.

La Figura 2 muestra la instalación del software Anaconda para crear un ambiente Python en su versión 3.10 debido a la compatibilidad con las bibliotecas seleccionadas. Adicionalmente, se añadieron los complementos "anaconda_prompt" y "jupyter notebook". La configuración de drivers de la Unidad de Procesamiento Gráfico (GPU) se llevó a cabo mediante "anaconda_prompt". Además, se instalaron paquetes de desarrollo proporcionados por NVIDIA, permitiendo hacer uso de los núcleos CUDA de la GPU en el entrenamiento de la red neuronal. Finalmente, se instalaron las bibliotecas TensorFlow y scikit-learn, así como matplotlib y numpy para el procesamiento de datos.

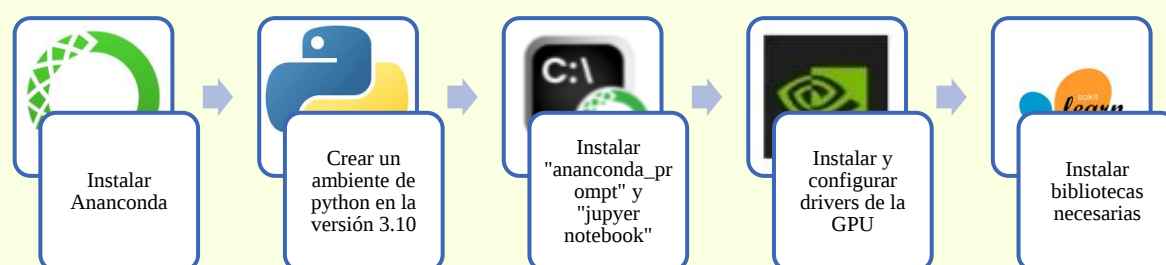


Figura 8 Procedimiento de preparación del equipo de cómputo para el entrenamiento de la NN.

Preprocesamiento

Este estudio únicamente consideró las mediciones de presión, por tanto, se descartaron los datos de temperatura incluidos en los dos archivos .xlsx correspondientes a cada paciente (pie derecho e izquierdo). Asimismo, los pacientes fueron relacionados a su diagnóstico dentro de un archivo .CSV mediante una ID y un valor binario (sano=0 y diabético=1). Todos los datos se normalizaron en un rango de 0 a 1, siendo 0 el mínimo y 1 el máximo de presión

medido, esto permitió concatenar las lecturas de ambos pies (16 sensores) en un solo archivo por participante.

En el conjunto de datos existen valores de lectura erróneos (ruido o mala conexión); por esta razón, se aplicó una técnica de relleno para sustituir estos valores por la media calculada del sensor correspondiente en cada archivo, permitiendo obtener una ventana de tiempo homogénea. Finalmente, se realizó una división de 70% para entrenamiento y 30% para validación.

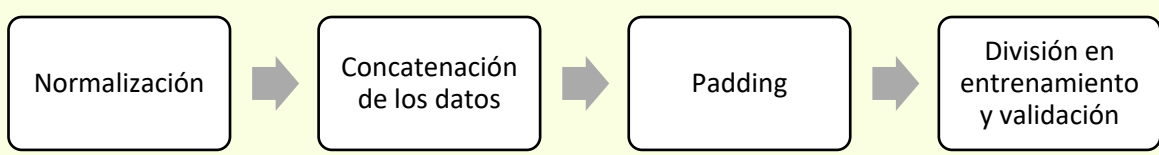


Figura 9 Pasos del preprocesamiento de datos para entrenar la NN.

Selección de la Red Neuronal

La revisión de Wang et al. (2024) demuestra el uso de CNN en el 39% de los 75 trabajos revisados, debido a su alta precisión (superior al 90%). Además, este tipo de redes neuronales son evaluadas mediante matrices de confusión, F1-score, precisión, recall y accuracy, cubriendo 5 de los 13 métodos de evaluación más utilizados en investigación, tal como se muestra en la Figura 4.

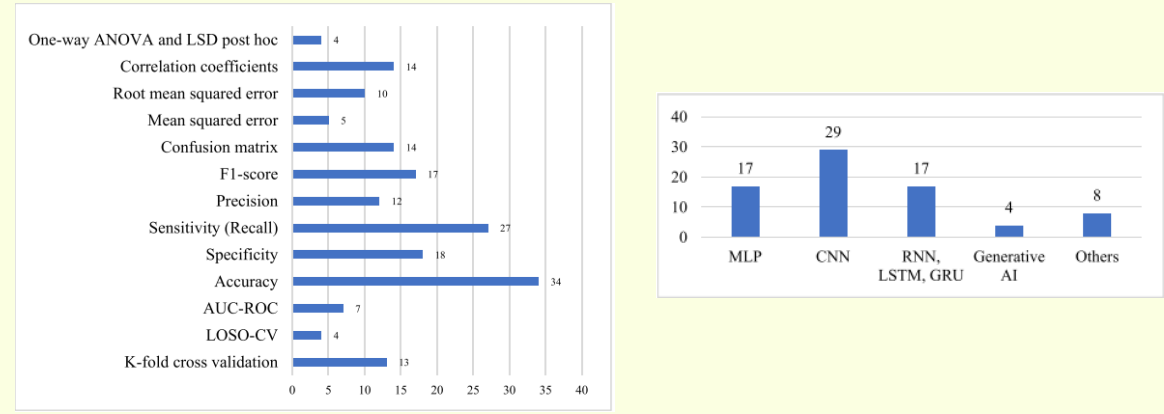


Figura 10 (a) Métodos de evaluación más usados en la literatura. (b) Número de trabajos que hacen uso de modelos de ML. Fuente: (Wang et al., 2024)

RESULTADOS

La configuración de la CNN con mayor precisión se encontró modificando los hiperparámetros en el rango de valores mostrado en la Tabla 2.

Tabla 2 Hiperparámetros modificados a lo largo de las pruebas.

Tamaño de kernel	3	5	7	9	11
Número de filtros	16	32	64	128	256
Número de capas convolucionales	2	3	4	5	7
Tamaño de lote	2	4	8	16	32

La comparación de precisión se realizó mediante gráficas de cajas y bigotes ilustrando la media, percentiles 25 y 75 (caja), y percentiles 5 y 95 (bigotes). Con base en la Figura 5, se observa una mayor precisión con los siguientes valores:

- Tamaño de kernel: 11
- Número de filtros: 128
- Número de capas convolucionales: 5
- Tamaño de lote: 4

El número de filtros presenta una precisión similar en todos los valores; sin embargo, 128 es el óptimo debido a las 2000 lecturas en cada archivo del conjunto de datos. En cuanto al número de capas convolucionales, el valor con mayor precisión fue 5; un número menor mostró valores por debajo del 83%, mientras que un mayor número de capas presentó sobreajuste. El tamaño de lote de 4 se ajusta mejor a los 86 archivos que conforman el conjunto de datos.

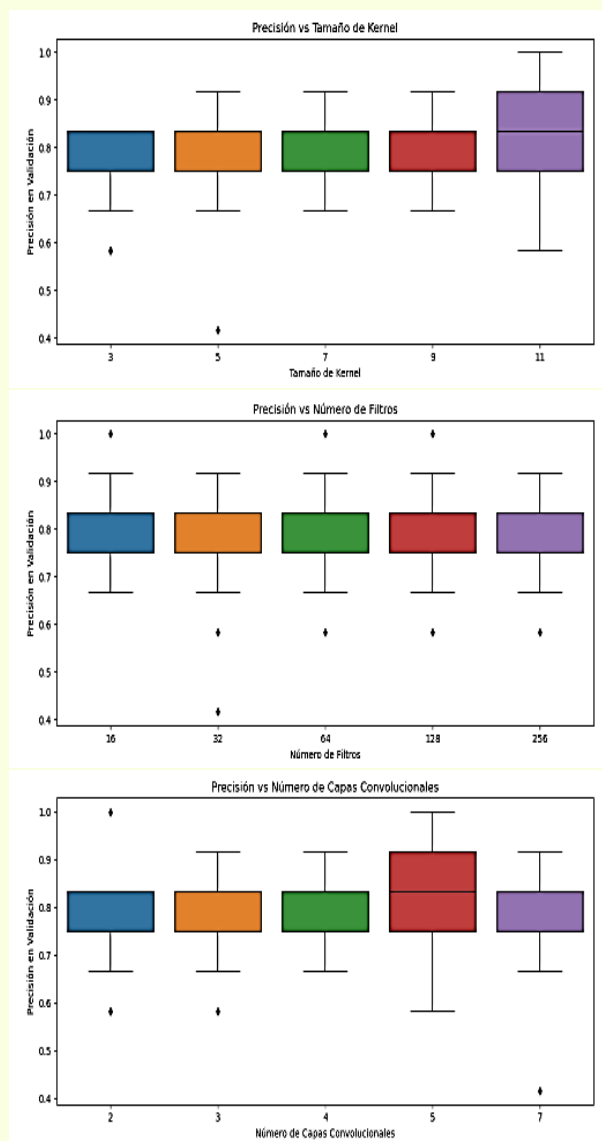


Figura 11 Gráficas de cajas y bigotes para la comparación de la precisión del modelo en distintas configuraciones para un tamaño de lote 4.

La CNN construida con base en los criterios anteriores se ilustra en la Figura 6. Además, se observa una técnica de max pooling; este proceso ayuda a reducir los cálculos, aumentar la eficiencia y lograr la invariancia de las características. Para corroborar el rendimiento de la CNN, se obtuvo la matriz de confusión mostrada en la Figura 7 al clasificar 5 pacientes sanos con un 83% de precisión y 7 diabéticos con un 100%, dando un promedio de 91.5%. El F1-score y recall muestran una alta efectividad en la clasificación de pacientes diabéticos.

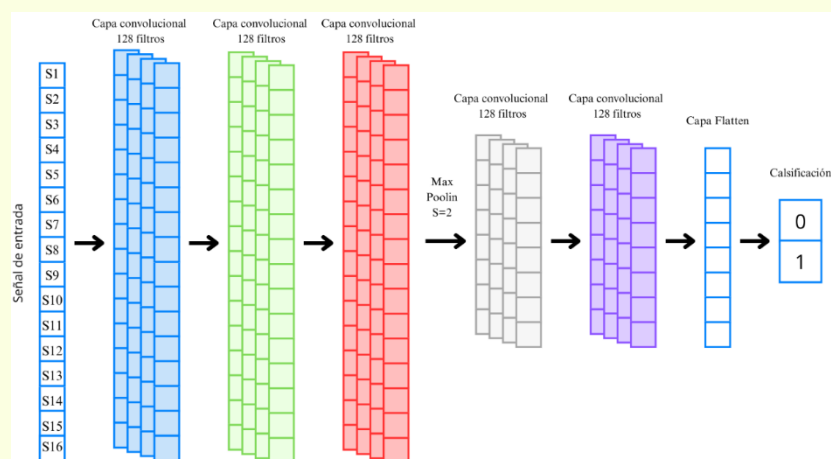
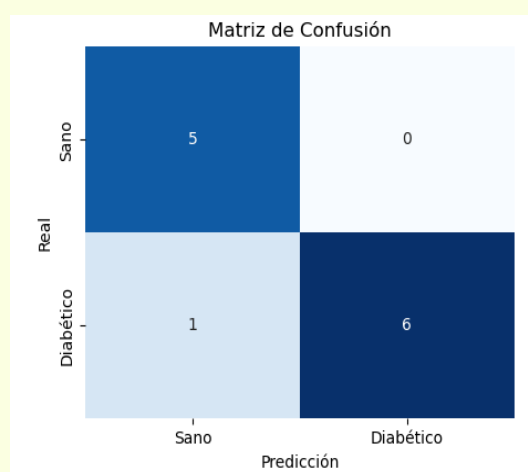


Figura 12 Red Neuronal Convolutional programada para la clasificación.



Reporte de clasificación:				
	precision	recall	f1-score	support
Sano	0.83	1.00	0.91	5
Diabetico	1.00	0.86	0.92	7
accuracy			0.92	12
macro avg	0.92	0.93	0.92	12
weighted avg	0.93	0.92	0.92	12

Figura 13 Matriz de confusión y reporte de clasificación generados.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo demuestran que una Red Neuronal Convolutional (CNN) desarrollada en Python y TensorFlow es capaz de clasificar pacientes sanos y diabéticos con base en datos de presión plantar con una precisión del 91.5%. El conjunto de datos fue preprocesado para corregir datos erróneos, homogeneizar las ventanas de tiempo y eliminar información no relevante para el estudio, optimizando así el rendimiento del modelo de aprendizaje automático seleccionado para la clasificación.

Los resultados obtenidos evidencian el potencial de las CNN como herramienta de apoyo en el diagnóstico temprano del pie diabético. La implementación de este tipo de modelos de

aprendizaje automático en plantillas sensorizadas o sistemas portátiles abre la posibilidad de desarrollar soluciones accesibles y de bajo costo para la prevención de úlceras y amputaciones, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los pacientes y a reducir el impacto en los sistemas de salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrawal, D. K., Jongpinit, W., Pojprapai, S., Usaha, W., Wattanapan, P., Tangkanjanavelukul, P., & Vitoonpong, T. (2024). Smart Insole-Based Plantar Pressure Analysis for Healthy and Diabetic Feet Classification: Statistical vs. Machine Learning Approaches. *Technologies*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/TECHNOLOGIES12110231>
- Chee, L. Z., Sivakumar, S., Lim, K. H., & Gopalai, A. A. (2024). Gait acceleration-based diabetes detection using hybrid deep learning. *Biomedical Signal Processing and Control*, 92, 105998. <https://doi.org/10.1016/J.BSPC.2024.105998>
- Chemello, G., Salvatori, B., Morettini, M., & Tura, A. (2022). Artificial Intelligence Methodologies Applied to Technologies for Screening, Diagnosis and Care of the Diabetic Foot: A Narrative Review. *Biosensors*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/bios12110985>
- Haque, F., Reaz, M. B. I., Chowdhury, M. E. H., Hashim, F. H., Arsad, N., & Ali, S. H. M. (2021). Diabetic Sensorimotor Polyneuropathy Severity Classification Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System. *IEEE Access*, 9, 7618–7631. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3048742>
- International Diabetes Federation. (2025). *Estadísticas y prevalencia de diabetes en Perú | Atlas de la FID*. <https://diabetesatlas.org/es/data-by-location/country/mexico/>
- Jiang, X., Deng, F., Rui, S., Ma, Y., Wang, M., Deng, B., Wang, H., Du, C., Chen, B., Yang, X., Boey, J., Armstrong, D. G., Deng, W., & Duan, X. (2022). The Evaluation of Gait and Balance for Patients with Early Diabetic Peripheral Neuropathy: A Cross-Sectional Study. *Risk Management and Healthcare Policy*, 15(March), 543–552. <https://doi.org/10.2147/RMHP.S361698>
- MedlinePlus. (2024). *Pie diabético*. <https://medlineplus.gov/spanish/diabeticfoot.html>
- Niemann, U., Spiliopoulou, M., Szczepanski, T., Samland, F., Grützner, J., Senk, D., Ming, A., Kellersmann, J., Malanowski, J., Klose, S., & Mertens, P. R. (2016). Comparative clustering of plantar pressure distributions in diabetics with polyneuropathy may be applied to reveal inappropriate biomechanical stress. *PLoS ONE*, 11(8), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161326>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). *Diabetes*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
- Organización Panamericana de la Salud. (2024). *Diabetes*. <https://www.paho.org/es/temas/diabetes>
- Petersen, B. J., Rothenberg, G. M., Lakhani, P. J., Zhou, M., Linders, D. R., Bloom, J. D., Wood, K. A., & Armstrong, D. G. (2020). Ulcer metastasis? Anatomical locations of recurrence for patients in diabetic foot remission. *Journal of Foot and Ankle Research*, 13(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/s13047-020-0369-3>
- Tang, J., Bader, D. L., Moser, D., Parker, D. J., Forghany, S., Nester, C. J., & Jiang, L. (2023). A Wearable Insole System to Measure Plantar Pressure and Shear for People with Diabetes. *Sensors*, 23(6), 3126. <https://doi.org/10.3390/s23063126>
- Tenepalli, D., & Navamani, T. M. (2024). A Systematic Review on IoT and Machine Learning Algorithms in E-Healthcare. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 16(1), 279–294. <https://doi.org/10.12785/ijcds/160122>
- Tian, Y., Zhang, L., Zhang, C., Bao, B., Li, Q., Wang, L., Song, Z., & Li, D. (2024). Deep-

learning enabled smart insole system aiming for multifunctional foot-healthcare applications. *Exploration*, 4(1). <https://doi.org/10.1002/EXP.20230109>

- Wang, C., Evans, K., Hartley, D., Morrison, S., Veidt, M., & Wang, G. (2024). A systematic review of artificial neural network techniques for analysis of foot plantar pressure. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 44(1), 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2024.01.005>
- Wrobel, J. S., & Najafi, B. (2010). Diabetic foot biomechanics and gait dysfunction. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 4(4), 833–845. <https://doi.org/10.1177/193229681000400411>
- Wu, R., Zhang, Y., Bai, J. J., Sun, J., Bao, Z. J., & Wang, Z. (2020). Impact of lower limb muscle strength on walking function beyond aging and diabetes. *Journal of International Medical Research*, 48(6). <https://doi.org/10.1177/0300060520928826>

RECICLATIC: PLATAFORMA DIGITAL PARA LA GESTIÓN COMUNITARIA DE RESIDUOS RECICLABLES CON ENFOQUE EN EDUCACIÓN AMBIENTAL GAMIFICADA

RECICLATIC: DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A DIGITAL PLATFORM FOR COMMUNITY MANAGEMENT OF RECYCLABLE WASTE WITH A FOCUS ON GAMIFIED ENVIRONMENTAL EDUCATION



Dra. Irma Yazmín Hernández Báez¹
 Dra. Sandra Elizabeth León Sosa²
 Mtro. Roberto Enrique López Díaz³
 Dra. Deny Lizbeth Hernández Rabadán⁴

RESUMEN

La gestión ineficiente de residuos reciclables representa un desafío creciente para la sustentabilidad ambiental en Morelos, donde más del 29% de los residuos generados son reciclables, pero no aprovechados eficazmente. Este trabajo presenta el desarrollo de RECICLATIC, una plataforma digital integral compuesta por una aplicación móvil y un sistema web que fomenta la educación ambiental digital mediante gamificación, notificaciones inteligentes y módulos formativos. La implementación utilizó metodología incremental con arquitectura de microservicios, empleando Java para el *backend*, Flutter/Dart para el *frontend* multiplataforma y MariaDB como gestor de base de datos. La investigación incluyó un estudio del compromiso ambiental de 389 estudiantes de Upemor, revelando un promedio de compromiso de 4.15/5.0, donde el 61.7% muestra alto compromiso ambiental. Las pruebas del sistema demostraron funcionalidad completa en 11 módulos principales. Los resultados validan RECICLATIC como herramienta tecnológica efectiva para fortalecer la cultura del reciclaje mediante metodologías de educación ambiental digital.

ABSTRACT

Inefficient management of recyclable waste represents a growing challenge for environmental sustainability in Morelos, where over 29% of generated waste is recyclable but not effectively utilized. This work presents the development of RECICLATIC, a comprehensive digital platform composed of a mobile application and a web system that promotes digital environmental education through gamification, intelligent notifications, and educational modules. The implementation employed an incremental methodology with a microservices architecture, using Java for the backend, Flutter/Dart for the cross-platform frontend, and MariaDB as the database manager. The research included a study of the environmental commitment of 389 UPEMOR students, revealing an average commitment score of 4.15/5.0, with 61.7% demonstrating high environmental commitment. System testing demonstrated full functionality across 11 main modules. The results validate RECICLATIC as an effective technological tool to strengthen recycling culture through digital environmental education methodologies.

Palabras clave: Educación ambiental digital, Gamificación, Gestión de residuos, Compromiso ambiental.

Key Words: Digital environmental education, Gamification, Waste management, Environmental commitment.

¹ Dra. Irma Yazmín Hernández Báez es Profesora de Tiempo Completo en Upemor. ihernandez@upemor.edu.mx

² Dra. Sandra Elizabeth León Sosa es Profesora de Tiempo Completo en Upemor. lsandra@upemor.edu.mx

³ Mtro. Roberto Enrique López Díaz es Profesor de Tiempo Completo en Upemor. rlopezd@upemor.edu.mx

⁴ Dra. Deny Lizbeth Hernández Rabadán es Profesora de Tiempo Completo en Upemor. dhernandezr@upemor.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La gestión ineficiente de residuos sólidos reciclables constituye uno de los desafíos más críticos para la sostenibilidad ambiental en México y particularmente en el estado de Morelos. Según la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Morelos, se generan entre 1,072 y 2,171 toneladas de residuos al día, de los cuales más del 29% son reciclables pero las tasas de aprovechamiento permanecen por debajo del promedio nacional (Secretaría de Desarrollo Sustentable, 2024). Esta problemática se intensifica debido al crecimiento poblacional acelerado, el aumento en los patrones de consumo, la limitada infraestructura de gestión de residuos y la falta de educación ambiental efectiva (Grau, et al, 2015).

En el contexto global, México genera aproximadamente 53.1 millones de toneladas de residuos anualmente, con solo el 9.6% siendo recicladas, cifra considerablemente baja comparada con países desarrollados que alcanzan tasas superiores al 50% (Sánchez Muñoz et al, 2019). Esta situación se ve agravada por la escasa participación ciudadana y la desconexión entre centros de reciclaje y la población, evidenciando la necesidad urgente de implementar estrategias innovadoras que integren tecnología y educación ambiental (Pereira et al, 2024).

La transformación digital ha emergido como herramienta fundamental para optimizar la gestión ambiental. Las tecnologías inteligentes de residuos (Smart Waste Technologies) están revolucionando la manera en que las comunidades gestionan sus desechos, utilizando elementos como Internet de las Cosas (IoT), inteligencia artificial y aplicaciones móviles (Rihm, 2024). Específicamente, la educación ambiental digital ha surgido como enfoque prometedor para promover conciencia y comportamiento sustentable, siendo las aplicaciones móviles con elementos gamificados más efectivas que los métodos convencionales para incrementar la participación ciudadana en actividades ambientales (Mei & Yang, 2019; Novo et al, 2024).

En este contexto, el proyecto RECICLATIC surge como respuesta tecnológica integral desarrollada en la Universidad Politécnica del Estado de Morelos (UPEMOR). La plataforma está conformada por un sistema web administrativo y una aplicación móvil que fomenta la educación ambiental digital y facilita la interacción ciudadana con centros de reciclaje, incorporando elementos de gamificación, notificaciones inteligentes y módulos formativos.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar el desarrollo completo e implementación de RECICLATIC, desde el análisis de requisitos hasta las pruebas del sistema, así como analizar el compromiso ambiental de estudiantes universitarios como base para el diseño de estrategias de educación ambiental digital efectivas.

Se plantean las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuál es el nivel de compromiso ambiental actual de los estudiantes de Upemor?

¿Qué áreas específicas de conocimiento ambiental requieren mayor atención educativa?

¿Cómo puede una plataforma digital gamificada incrementar la participación en actividades de reciclaje?

¿Qué arquitectura tecnológica es más efectiva para sistemas de educación ambiental escalables?

La investigación se desarrolló en la Universidad Politécnica del Estado de Morelos (UPEMOR), institución pública fundada en 2004 y ubicada en Jiutepec, Morelos. El proyecto se ejecutó durante el período enero - agosto 2025, integrando desarrollo tecnológico con investigación empírica. El estudio del compromiso ambiental se realizó mediante encuesta digital aplicada a estudiantes de cuatro programas educativos de Upemor. La participación de los estudiantes en la encuesta fue voluntaria y confidencial.

METODOLOGÍA

Se implementó un diseño de investigación mixto que integra el desarrollo tecnológico con análisis cuantitativo del comportamiento ambiental. La metodología se estructuró en dos fases principales: 1) desarrollo de la plataforma RECICLATIC y 2) evaluación del compromiso ambiental de la población objetivo.

Para la elaboración de RECICLATIC se implementó la metodología ágil incremental, seleccionada por su enfoque en la entrega gradual de resultados que permite desarrollo controlado y adaptable a cambios de requerimientos. Esta metodología facilita la identificación temprana de errores y la adaptación continua mediante un conjunto de cinco fases (véase Figura 1).



Figura 1. Metodología incremental seguida para el desarrollo de la plataforma RECICLATIC. Fuente: Elaboración propia.

La metodología de desarrollo de la plataforma RECICLATIC incluye cinco etapas, iniciando con el análisis de requisitos y concluyendo con la evaluación y retroalimentación del incremento actual, a partir de los resultados obtenidos, se planifica el próximo incremento, este proceso se repite las veces que sean necesarias, hasta conseguir un producto terminado.

RECICLATIC se implementó utilizando arquitectura de microservicios basada en patrón cliente-servidor, permitiendo modularidad y escalabilidad futura. El sistema consta de un

Sistema web administrativo para gestión de contenidos, usuarios y reportes y una Aplicación móvil para experiencia fluida de usuarios ciudadanos.

Las tecnologías implementadas fueron las siguientes: Para *backend*, se utilizó Java con Spring Framework para servicios web RESTful; para el *frontend* móvil, se utilizó Flutter con Dart para desarrollo multiplataforma, además se utilizó MariaDB para gestión de datos relacionales, finalmente, se utilizó APIs RESTful para interacción entre componentes.

Para el estudio del compromiso ambiental se utilizó como tipo de estudio una investigación cuantitativa descriptiva transversal, teniendo como población objetivo a los estudiantes de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos. Se seleccionó una muestra de 389 estudiantes, representativa de los siguientes programas educativos: Ingeniería en Tecnologías de la Información (ITI, 46.5%), Ingeniería Industrial (IIN, 36.5%), Ingeniería en Biotecnología (IBT, 14.4%) e Ingeniería en Tecnología Ambiental (ITA, 2.6%). Se utilizó como instrumento una encuesta de 38 preguntas utilizando escala Likert (1-5) abarcando dimensiones de: conciencia ambiental, conocimiento ecológico, actitudes pro-ambientales y comportamientos sustentables. La aplicación de la encuesta se implementó digitalmente, asegurando confidencialidad y participación voluntaria.

RESULTADOS

En lo que respecta al sistema RECICLATIC, las pruebas en ambiente controlado demostraron, en cuanto a pruebas funcionales, un cumplimiento del 100% de los casos de uso validados exitosamente; en lo que respecta a pruebas de seguridad, se obtuvo una validación exitosa de autenticación multicapa y autorización por roles. Todos los requisitos funcionales y no funcionales fueron implementados y validados satisfactoriamente.

Por otra parte, la recolección y análisis de datos evidenció que los estudiantes de UPEMOR presentan, en promedio, un elevado compromiso ambiental, aunque se identifican áreas específicas de oportunidad educativa.

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos respecto al nivel de compromiso ambiental de los estudiantes. El promedio global del compromiso ambiental fue de 4.15/5.0, mostrando una tendencia mayor en mujeres y alumnos de áreas tecnológicas.

Tabla 1. Nivel de compromiso ambiental de los estudiantes.

Compromiso Ambiental	Cantidad de estudiantes	Porcentaje
Alto	240	61.7%
Medio-Alto	142	36.5%
Medio-Bajo	7	1.8%

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2, se muestran las principales prácticas sostenibles. Entre las acciones destacadas, el ahorro y correcto uso del recurso hídrico es la práctica más frecuente, seguido por la separación y reciclaje de materiales.

Tabla 2. Principales prácticas sostenibles.

Práctica	Porcentaje de estudiantes
Cuidado del agua	66.1%
Manejo adecuado de residuos	56.3%
Reciclaje	45.5%
Ahorro de energía	28.5%
Evitar tirar basura	21.6%

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2, se muestra un gráfico que resumen las principales áreas de conocimiento ambiental, categorizadas por alto y bajo conocimiento. El comparativo incluye los promedios obtenidos en diferentes áreas de conocimiento ambiental.

Los datos muestran una alta comprensión en tópicos básicos y globales, mientras las áreas relacionadas con economía circular, reducción de carne y separación correcta presentan brecha educativa.

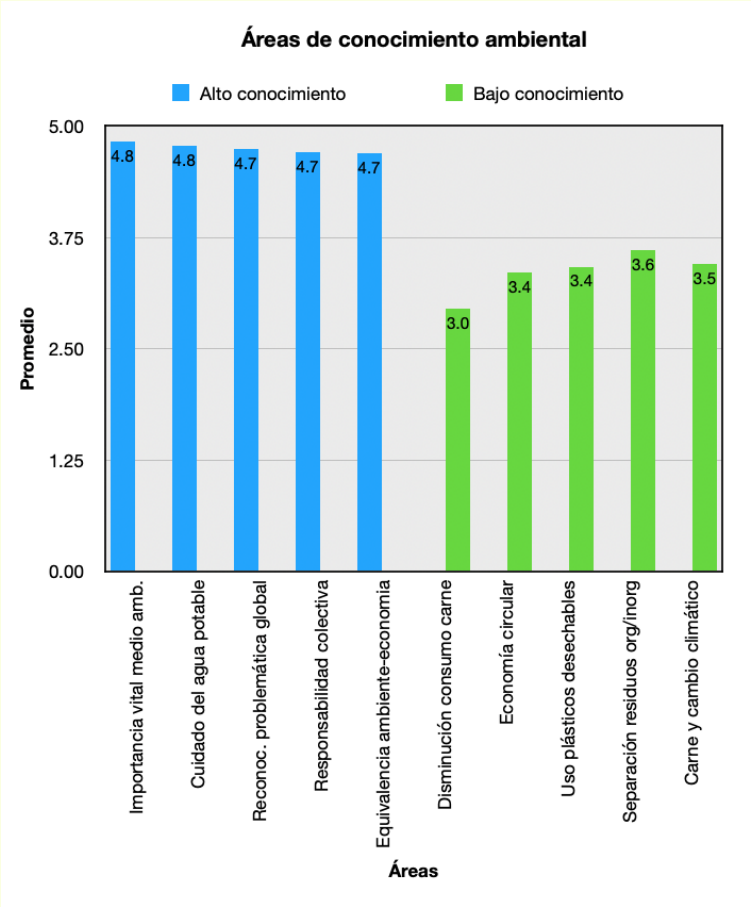


Figura 2. Comparativo de áreas de conocimiento ambiental: alto vs bajo.

En lo que respecta a la eficacia de la arquitectura tecnológica, la arquitectura de de microservicios (Java, Flutter/Dart, MariaDB) permitió escalar el sistema, implementar módulos independientes y asegurar un tiempo de respuesta óptimo. El sistema se adapta

fácilmente a nuevas funcionalidades y a expansión institucional, siendo viable para replicación en otros contextos educativos y comunitarios.

Discusión de resultados

Los resultados revelan un panorama prometedor para la implementación de RECICLATIC, con estudiantes universitarios mostrando alto compromiso ambiental general (4.15/5.0), superior a estudios similares en América Latina (Husamanh, 2025). Sin embargo, las brechas identificadas en conocimiento específico (economía circular: 3.35/5.0) y comportamientos de alto impacto (reducción de consumo de carne: 2.95/5.0) representan oportunidades clave para intervención tecnológica.

La alta frecuencia de acciones relacionadas con agua (66.1%) y manejo de residuos (56.3%) sugiere receptividad hacia prácticas de reciclaje, fundamental para el éxito de RECICLATIC. La menor práctica de acciones como uso de transporte sostenible (11.6%) y siembra de plantas (9.3%) indica potencial para gamificación de estas actividades específicas.

Las diferencias por género (mujeres: 4.19 vs hombres: 4.12) y carrera (ITA: 4.47 vs ITI: 4.09) sugieren necesidad de estrategias diferenciadas en RECICLATIC. Las carreras técnicas muestran menor compromiso, requiriendo enfoques pedagógicos específicos que conecten tecnología con sustentabilidad.

La brecha entre conciencia teórica (4.83/5.0 en importancia ambiental) y práctica específica (3.61/5.0 en separación de residuos) fundamenta la necesidad de herramientas que faciliten la traducción de conocimiento en acción, objetivo central de RECICLATIC mediante gamificación y retroalimentación inmediata.

Los hallazgos orientan el diseño de RECICLATIC hacia: a) Educación específica, a través de la incorporación de módulos sobre economía circular e impacto ambiental del consumo; b) Gamificación diferenciada, mediante estrategias por carrera y género; c) Enfoque práctico, a través de herramientas que faciliten separación de residuos y reducción de plásticos y d) Construcción sobre fortalezas, en este caso mediante el aprovechamiento de la alta conciencia sobre agua y residuos.

CONCLUSIONES

RECICLATIC representa una respuesta tecnológica integral a la problemática de gestión de residuos en Morelos, fundamentada en evidencia empírica del compromiso ambiental estudiantil. Los resultados revelan alta conciencia ambiental (4.15/5.0) con brechas específicas en conocimiento de economía circular y reducción de consumo de alto impacto, creando oportunidades precisas para intervención educativa digital.

La plataforma, diseñada con arquitectura de microservicios y elementos de gamificación, aprovecha las fortalezas identificadas (cuidado del agua: 66.1%, manejo de residuos: 56.3%) mientras aborda las debilidades mediante educación específica y herramientas prácticas. Las diferencias demográficas identificadas guían el desarrollo de estrategias personalizadas que maximicen el impacto educativo.

RECICLATIC se puede utilizar como herramienta para fortalecer la cultura del reciclaje en la localidad. Su enfoque en educación ambiental digital gamificada representa un modelo replicable para otras regiones con desafíos similares de gestión de residuos.

La investigación demuestra que la combinación de tecnología, gamificación y educación ambiental basada en evidencia puede transformar el conocimiento ambiental en acción sustentable, especialmente en poblaciones jóvenes universitarias con alto potencial de multiplicación social.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Secretaría de Desarrollo Sustentable (2024). Programa Estatal de la Gestión y Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial. Gobierno del Estado de Morelos.
- Grau, J., Terraza, H., Rodríguez Velosa, D. M., Rihm, A., Sturzenegger, G. (2015). Solid Waste Management in Latin America and the Caribbean. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0006297>
- Sánchez Muñoz, M. del P., Cruz Cerón, J. G., y Maldonado Espinel, P. C. (2019). Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la perspectiva de la generación. *Revista Finanzas Y Política Económica*, 11(2), 321–336.
- Pereira, L. M., Sanchez Rodrigues, V., Freires, F. G. M. (2024). Use of Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) to Improve Plastic Waste Management. *Applied Sciences*, 14(2), 628.
- Rihm, A., Piamonte, C., Restrepo Lagos, E. A., Correia, M., Guerra Morán, P. G., Basani, M. (2024). Digital Transformation of Solid Waste Management: Waste Collection Innovation, Business Intelligence, and Digital Technologies. Inter-American Development Bank.
- Mei, B., Yang, S. (2019). Nurturing Environmental Education at the Tertiary Education Level in China: Can Mobile Augmented Reality and Gamification Help? *Sustainability*, 11(16), 4292.
- Novo, C., Zanchetta, C., Goldmann, E., de Carvalho, C. V. (2024). The Use of Gamification and Web-Based Apps for Sustainability Education. *Sustainability*, 16(8), 3197.
- Husamant, H., Rahardjanto, A., Permana, T., Lestari, N. (2025). Learning Media for Environmental Education, What Can the Scopus Database Tell Us? A Review. *Al Jahiz Journal of Biology Education Research*, 6(1), 93-114.

AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN ESPACIOS HABITABLES

AUTOMATION AND CONTROL FOR ENERGY SAVINGS IN LIVING SPACES



Dr. Juan José Bedolla Solano¹
C. Natalia Elizabeth Pérez Aguilar²
C. José Adán Arroyo Castillo³

RESUMEN

El presente estudio describe el diseño y desarrollo de una aplicación informática orientada al control de iluminación en espacios habitables, con el objetivo de fomentar el ahorro energético mediante tecnologías de automatización. El proyecto inició con un análisis detallado de los recursos disponibles, lo que permitió seleccionar la alternativa más viable para su implementación. Se utilizaron metodologías de investigación documental y aplicada, complementadas con el modelo de desarrollo en cascada para estructurar el sistema. El código fue desarrollado en Python, integrando una interfaz que simula el encendido y apagado de dispositivos lumínicos de forma intuitiva. Esta herramienta permite al usuario gestionar el uso de la luz de manera eficiente, adaptándose a diferentes necesidades domésticas. Los resultados obtenidos evidencian una solución accesible y funcional, que contribuye tanto a la sostenibilidad ambiental como a la mejora de la comodidad dentro del hogar.

ABSTRACT

This study describes the design and development of a software application aimed at controlling lighting in living spaces, with the goal of promoting energy savings through automation technologies. The project began with a detailed analysis of the available resources, which allowed the selection of the most feasible alternative for implementation. Documentary and applied research methodologies were used, complemented by the waterfall development model to structure the system. The code was developed in Python, integrating an interface that simulates the turning on and off of lighting devices in an intuitive way. This tool allows users to manage lighting use efficiently, adapting to different domestic needs. The results obtained demonstrate an accessible and functional solution that contributes to both environmental sustainability and improved comfort within the home.

Palabras clave: Automatización, ahorro energético, control de iluminación, Python, eficiencia doméstica, sostenibilidad, desarrollo de software.

Key Words: Automation, energy saving, lighting control, Python, household efficiency, sustainability, software development.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el consumo energético en los hogares representa un desafío constante, no solo por los costos asociados, sino también por el impacto ambiental derivado del uso innecesario de energía. Según la Agencia Internacional de la Energía (2020), "el sector

¹ Dr. Juan José Bedolla Solano es profesor e investigador del Tecnológico Nacional de México campus Acapulco, México.
juan.bs@acapulco.tecnm.mx

² C. Natalia Elizabeth Pérez Aguilar es estudiante del Tecnológico Nacional de México campus Acapulco, México.
L20321160@acapulco.tecnm.mx

³ C. José Adán Arroyo Castillo es estudiante del Tecnológico Nacional de México campus Acapulco, México.
L19320887@acapulco.tecnm.mx

residencial es responsable de una porción significativa del consumo energético global". Este problema se agrava en diversas áreas residenciales, donde se observa un gasto excesivo, especialmente en dispositivos como las luces, sin una justificación clara.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas que optimicen el uso de la energía. De acuerdo con un estudio de la Consumer Technology Association (2023), "la adopción de tecnologías de automatización del hogar, como el control de iluminación, puede disminuir el consumo energético en el hogar hasta en un 10%".

Como respuesta a esta problemática, se realizó un análisis de recursos electrónicos que se utilizan en los sistemas de automatización de viviendas y se implementó una simulación de una aplicación que permita a los usuarios encender y apagar las luces según sus necesidades y horarios, facilitando así el ahorro energético.

Además de la eficiencia energética, la seguridad es otro aspecto clave en la automatización del hogar. Según un informe de la Fundación Nacional de Seguridad (2021), "un hogar seguro es uno de los factores más importantes para el bienestar de los habitantes". Con el objetivo de brindar mayor tranquilidad a los usuarios se agregó un historial de movimientos a la aplicación, esto con el propósito de llevar un control de la última acción que se realizó, ya sea haber encendido o apagado la luz.

Se buscó proporcionar una solución sencilla, accesible y eficiente que permita a los usuarios gestionar tanto el consumo energético como la seguridad de su hogar. Según el trabajo de titulación de Bastidas López, M. S. & Proaño Chauca, J. S. (2022), "un sistema domótico que permita gestionar el monitoreo del hogar y brindar el control sobre el mismo" es esencial para mejorar la calidad de vida y reducir el impacto ambiental.

Este proyecto se enfocó en el análisis de recursos y en el desarrollo de una aplicación orientada al control de la iluminación en hogares, con el objetivo de reducir el consumo energético mediante una gestión más eficiente de las fuentes lumínicas. La eficiencia energética, es entendida como la optimización del uso de la energía para obtener un mismo resultado con un menor consumo, constituyó el eje técnico de esta solución (Martínez et al., 2020). La aplicación preliminar que se desarrolló cuenta con un lenguaje en Python, la cual permite al usuario encender o apagar las luces de su vivienda, al igual que conocer el último movimiento que se realizó para así tener una mejor certeza y seguridad de su entorno.

El propósito principal de esta investigación fue para poder demostrar la viabilidad del desarrollo de una herramienta tecnológica enfocada al ahorro energético en espacios habitables a través del control inteligente de la iluminación. Se aplicaron metodologías de investigación documental y aplicada, permitiendo una aproximación integral al fenómeno desde el análisis teórico hasta la validación práctica del sistema. Asimismo, se incorporó la metodología de desarrollo en cascada, que estructuró el proyecto en fases secuenciales.

Este estudio es relevante porque aborda dos necesidades fundamentales: el ahorro energético y la seguridad en los hogares. Según un artículo de Torres, Y. (2020), "El ahorro de energía implica hábitos y buenas prácticas para bajar el consumo, y es un aliado complementario para la implementación de la política". De la misma manera, según un artículo de Ciencia e

Inteligencia (2011), "Seguridad: consiste en una red de seguridad encargada de proteger tanto los bienes patrimoniales como la seguridad personal". Con el creciente aumento de la demanda de soluciones sostenibles, la automatización del hogar se presenta como una alternativa viable.

Se integró el concepto de aplicación domótica, la cual se define como el conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, proporcionando una gestión eficiente del uso de la energía, así como mayor seguridad y comodidad al usuario (Ramírez & Torres, 2023). Esta aplicación tecnológica no solo incrementó el confort de los ocupantes al permitir el control remoto e inteligente del sistema de iluminación, sino que también evidenció el potencial de la domótica como herramienta para mejorar la calidad de vida en el hogar (Camargo & Beltrán, 2020).

Finalmente, el desarrollo de este programa representó una solución funcional y sostenible, que contribuirá de manera significativa al ahorro energético doméstico, posicionándose como una herramienta útil y adaptable para el hogar moderno.

METODOLOGÍA

El presente estudio se enmarca dentro de una investigación mixta, la investigación mixta según el sitio web de QuestionPro (2025). "La investigación mixta es una metodología de investigación que consiste en recopilar, analizar e integrar tanto investigación cuantitativa como cualitativa. Este enfoque se utiliza cuando se requiere una mejor comprensión del problema de investigación, y que no te podría dar cada uno de estos métodos por separado". Que combina enfoques documentales y aplicados, la investigación documental según el artículo de Reyes-Ruiz, L. & Carmona Alvarado, F. A. (2020). "La investigación documental es una de las técnicas de la investigación cualitativa que se encarga de recolectar, recopilar y seleccionar información de las lecturas de documentos, revistas, libros, grabaciones, filmaciones, periódicos, artículos resultados de investigaciones, memorias de eventos, entre otros". La investigación aplicada según el artículo de Bibliotecas Duoc UC. (s.f.). "Investigación Aplicada: Consiste en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos. Está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo o propósito específico práctico. Se realiza para determinar los posibles usos de los resultados de investigación básica, o para determinar nuevos métodos o formas de alcanzar objetivos específicos predeterminados, lo que implica un intento de solucionar problemas específicos. (Manual de Frascati 2015)".

Tipo de estudio

La investigación realizada es de tipo aplicada ya que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren con anterioridad. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última ya que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico. De este modo, la investigación aplicada, está dirigida para trabajos que incursionan las tecnologías considerando actividades aplicadas para el aprendizaje (Bedolla et al., 2023).

Ya que se buscó tener la mejor solución al problema que se contemplaba: Tener un ahorro energético con la automatización de los espacios habitables, se llevó a cabo la investigación necesaria para realizar el análisis y la aplicación.

Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se implementó la metodología documental, en donde se investigó los recursos hardware que se podrían ocupar en un sistema domótico para así lograr conocer los recursos que mejor se adaptan a la problemática que se busca resolver.

También se siguió el modelo de cascada, el cual proporciona una estructura clara y secuencial para el desarrollo de software, donde cada fase debe completarse antes de que comience la siguiente (Pressman & Maxim, 2020).

"A pesar de ser un modelo tradicional, sigue siendo aplicable en proyectos donde los requisitos están bien definidos y son estables" (Sommerville, 2016).

Procedimientos

En la ilustración 1 se muestra un esquema metodológico con el cual se exponen las fases de la elaboración del proyecto domótico, en este esquema se plasmaron cuatro fases o etapas que se tomaron en cuenta al realizar el proyecto, estas fases llevan el siguiente orden:

- 1) Análisis y elección de los recursos que se pueden utilizar. (Investigación de los recursos materiales que se pueden utilizar para la implementación del sistema).
- 2) Elección del lenguaje de programación (Una investigación respecto que lenguaje de programación es más factible para poder realizar la aplicación).
- 3) Elaboración y prueba de la aplicación. (Elaboración de la aplicación y realización de pruebas sobre su funcionamiento).
- 4) Revisión del funcionamiento correcto. (Revisión profunda sobre el funcionamiento de la aplicación ya implementada en el lugar deseado).

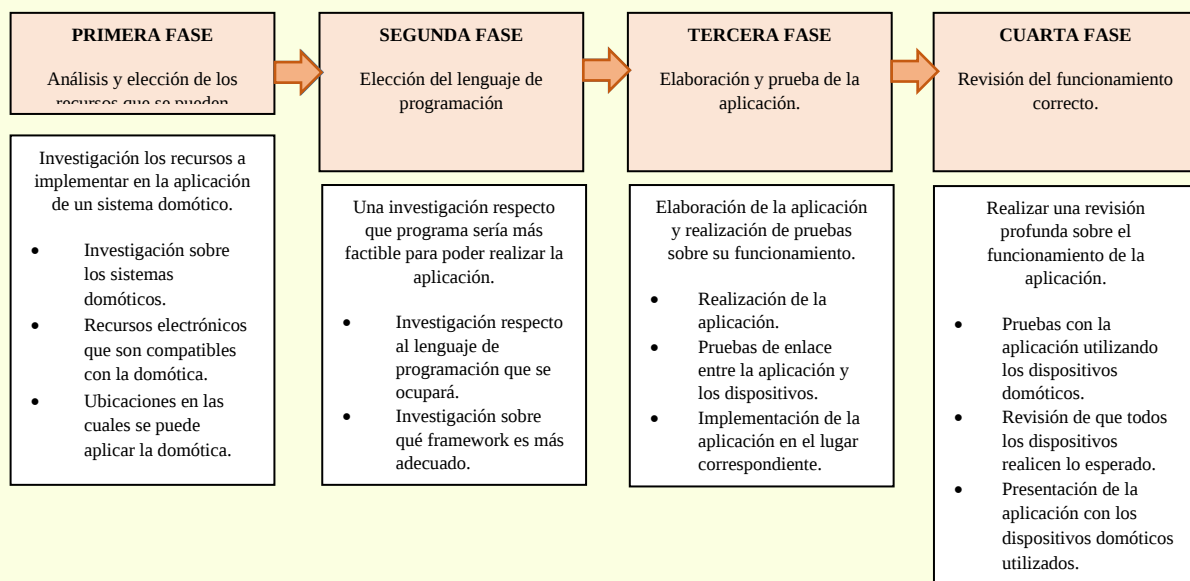


Ilustración 1: Fases de desarrollo del estudio: "AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN ESPACIOS HABITABLES"

Primera Fase. Análisis y elección de los recursos que se pueden utilizar.

En la primera fase de desarrollo se utilizó la investigación documental con la finalidad de realizar un análisis amplio de diferentes referentes teóricos de los sistemas domóticos, de igual manera, se aplicó esta investigación para que se tuviera un extenso conocimiento sobre qué dispositivos son los que están correlacionados con la domótica ya que no todos son utilizados con una finalidad de esta índole, esto con la meta de contemplar qué dispositivos podían ser incluidos en el sistema y cuáles no.

Segunda Fase. Elección del lenguaje de programación.

En el primer punto se realizó un análisis de recursos para seleccionar las herramientas a utilizar en el sistema de “Automatización y control para el ahorro energético en espacios habitables”, esto con la finalidad de investigar los más que se puedan y lograr seleccionar y adaptarnos a ellos para implementarlos en nuestro proyecto.

Posteriormente a haber elegido las herramientas, se decidirá el lenguaje, la aplicación y la base de datos en la que se llevará a cabo el sistema.

Tercera Fase. Elaboración y prueba de la aplicación.

La tercera fase se dedicó únicamente a la elaboración de la aplicación. Al realizarla, se hicieron diferentes pruebas con la finalidad de poder comprobar que se podía conectar a los dispositivos domóticos que se tenían visualizados, las pruebas se realizaron ya que es de suma importancia que estos dispositivos no tengan ningún problema en enlazarse con la aplicación.

Cuarta Fase. Revisión del funcionamiento correcto.

La cuarta fase tiene como finalidad el poder terminar de pulir y asegurarse de que la aplicación tenga el enlace correcto con los diferentes dispositivos que se tienen implementados en el área en la cual se aplicarán los dispositivos domóticos.

Mediante pruebas y revisiones constantes es como se puede tener una resolución real de que la aplicación llevará a cabo la realización de las acciones solicitadas en los dispositivos que se tienen enlazados, esta fase es la última por esto es que se debe de tener un gran chequeo de que todo fuese acorde a lo que se tenía previsto que se realizara, esta fase también nos permitirá el poder solucionar ciertos errores si es que se tenían para que así ya no se tuvieran al momento de liberar la aplicación.

Análisis de recursos

Se analizaron diferentes recursos electrónicos que se adaptan y utilizan en los sistemas de automatización de hogares, esto con el fin de contemplar sus características y ventajas a la hora de implementarlos en los sistemas domóticos y así se pudo conocer las mejores opciones para generar el sistema y enfocarse en el ahorro de energía y en la seguridad.

Los dispositivos electrónicos se dividieron en 4 tipos y se realizaron 5 tablas:

1. Dispositivos y sensores
2. Actuadores y controladores
3. Controladores centrales y de software
4. Materiales y componentes

Dispositivos y sensores (tabla 1 y 2)

Tabla 3: Análisis de recursos - Dispositivos y sensores

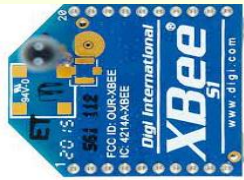
NOMBRE	FUNCIÓN	VENTAJA	IMAGEN
Módulos Wi-Fi ESP8266 y ESP32	Permiten la conexión a la red inalámbrica para controlar dispositivos remotamente.	• Conectividad Wi-Fi • Bajo costo • Compatibilidad con múltiples protocolos	
Módulos Zigbee	Utilizados para la comunicación entre dispositivos domóticos por su bajo consumo de energía.	• Menos interferencias • Compatibilidad con múltiple dispositivo • Consumo energético muy bajo	
Microcontrolador Rele 8266	Permite el control remoto y la automatización de dispositivos eléctricos a través de una red Wi-Fi.	• Control remoto de dispositivos • Aislamiento eléctrico • Bajo consumo de energía	
Módulo Bluetooth HC-05 Bluetooth Module	Útiles para conexiones de corto alcance y configuraciones iniciales.	• Fácil implementación • Conexión estable • No requiere internet	
Cámaras IP: Wyze Cam v3	Cámaras de seguridad que se conectan a la red para monitoreo remoto.	• Visión nocturna • Resistente al Agua y al Polvo • Streaming en 1080p Full HD	
Cámara con Detección de Movimiento: Blink Outdoor	Cámaras que activan alertas o grabación cuando detectan movimiento.	• Inalámbrica • Grabación en 1080p Full HD • Almacenamiento en la Nube y Local	

Tabla 4: Análisis de recursos - Dispositivos y sensores

NOMBRE	FUNCIÓN	VENTAJA	IMAGEN
Ecolink Z-Wave PIR Motion Detector	Para detectar la presencia y activar luces o alarmas.	• Bajo consumo de energía • Resistente a mascotas • Compatible con escenas de domótica	
Samsung SmartThings Multipurpose Sensor	Detectan aperturas o cierres para activar sistemas de seguridad.	• Alertas en tiempo real • Activa notificaciones luces o alarmas	
Govee Temperature Humidity Monitor	Para monitorear el ambiente y ajustar climatización.	• Conectividad Bluetooth o Wi-Fi • Historial de datos y gráficos • Bajo consumo de energía	
First Alert Z-Wave Smoke and Carbon Monoxide Detector	Para detectar fugas y prevenir incendios.	• Alertas de emergencia en tiempo real • Mayor seguridad para personas mayores y con movilidad reducida	

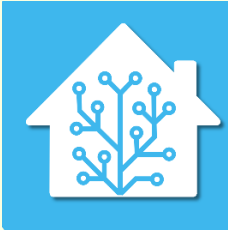
Los actuadores y controladores (tabla 3) son componentes clave para la automatización de dispositivos y tareas en el hogar inteligente. Los controladores se encargan de recibir información de sensores y a partir de ahí son los que gestionan y envían órdenes a los actuadores, los cuales realizan una acción física en respuesta a la señal del controlador.

Tabla 5: Análisis de recursos - Actuadores y controladores

NOMBRE	FUNCIÓN	VENTAJA	IMAGEN
TP-Link Kasa Smart Light Switch	Permiten el control remoto de la iluminación y otros dispositivos.	- Control remoto desde la app Kasa - Funciona solo con Wi-Fi - Programa horarios para encender/apagar las luces	
Enchufes Inteligentes: Wemo Mini Smart Plug	Permiten encender y apagar dispositivos conectados a ellos mediante una aplicación.	- Programa horarios para encender o apagar dispositivos - Ahorro energético	
Philips Hue White and Color Ambiance	Controlables a través de aplicaciones móviles para ajustar brillo y color.	- Control completo de color y temperatura - Sincronización con música y películas - Eficiencia energética	
Govee Smart LED Strip Lights	Para la iluminación decorativa y funcional.	- Control remoto por app y asistentes de voz - Automatización y temporizador - Conectividad Wi-Fi y Bluetooth	

Los controladores centrales y el software (tabla 4) son esenciales para gestionar y coordinar todos los dispositivos inteligentes de un hogar u oficina. Un controlador central o hub es el dispositivo que conecta y coordina todos los dispositivos inteligentes, permitiendo que funcionen juntos dentro de un ecosistema. Mientras que el software es la aplicación o plataforma que permite controlar y configurar dispositivos inteligentes desde un smartphone, tablet o PC.

Tabla 6: Análisis de recursos - Controladores centrales y el software

NOMBRE	FUNCIÓN	VENTAJA	IMAGEN
Smart Hub: Samsung SmartThings	Controlables a través de aplicaciones móviles para ajustar brillo y color.	- Compatible con asistentes de voz - Modo de seguridad y alertas - No requiere suscripción mensual	
Puerta de Enlace Zigbee/Z-Wave: Aeotec Smart Home Hub	Para la iluminación decorativa y funcional.	- Amplia compatibilidad con dispositivos domóticos - Mayor seguridad - Soporta hasta 200 dispositivos	
Software de Automatización: Home Assistant	Plataformas de código abierto para la gestión centralizada de dispositivos.	- Automatización avanzada - Funcionamiento local - Sin dependencia de la nube	
Raspberry Pi	Utilizada para implementar sistemas de control centralizados y ejecutar software de automatización.	- Bajo costo - Versatilidad - Eficiencia energética - Soporte para múltiples sistemas operativos	
Arduino	Para controlar y gestionar sensores y actuadores	- Facilidad de uso - Control en tiempo real - Bajo consumo energético	

Los materiales y componentes son elementos físicos y electrónicos que se utilizan para construir dispositivos, sistemas de control y automatización en el hogar, se aprecia un ejemplo de ellos en la tabla 5.

Tabla 7: Análisis de recursos - Materiales y componentes

NOMBRE	FUNCIÓN	VENTAJA	IMAGEN
Cables de Red Ethernet: Ethernet Cable	Para la conexión de dispositivos a la red.	Conexión estable y rápida Mayor velocidad de transmisión de datos Mayor fiabilidad en la conexión	
Cables de Alimentación: Tripp Lite Heavy Duty Power Extension Cord	Para proporcionar energía a los dispositivos.	Alta capacidad de carga Protección contra sobrecarga Certificación de seguridad	
Conectores y Adaptadores: VCE RJ45 Coupler Ethernet Extender	Para la interconexión de diversos componentes.	Fácil instalación, sin necesidad de herramientas Compatibilidad con múltiples categorías de Ethernet Alta velocidad de transmisión de datos	

RESULTADOS

El análisis de los recursos electrónicos que se pudieron utilizar en el sistema domótico permitió identificar los dispositivos más adecuados para lograr una implementación funcional y eficiente.

Sin embargo, se tiene la desventaja de que la automatización de los hogares inteligentes va dirigida a los usuarios con mayor sustento monetario ya que automatizar una vivienda tiene un costo elevado al cual no todos tienen acceso, por esta razón se llevan a cabo las investigaciones de qué recursos electrónicos son los más accesibles para los usuarios y que al mismo tiempo también generen un buen ahorro de energía y de seguridad.

Se desarrolló una versión preliminar de la aplicación para el control de luces en un hogar inteligente utilizando Python 3.12 y la biblioteca Tkinter para la interfaz gráfica de usuario. La aplicación simula el funcionamiento de un sistema de automatización doméstica, específicamente para el encendido y apagado de luces, y está diseñada para interactuar con

el Módulo Wi-Fi ESP8266 en el futuro, como se detalló en la investigación sobre los recursos electrónicos.

En la ilustración 2 se observa la interfaz preliminar de la aplicación, en donde se presenta dos botones principales: "Encender Luz" y "Apagar Luz", diseñados para ser intuitivos y de fácil acceso. Estos botones son visualmente destacados con colores verdes y rojos, respectivamente, para representar el encendido y apagado de manera clara. Además, la interfaz muestra el estado actual de las luces, así el usuario sabrá inmediatamente si la luz está encendida o apagada.



Ilustración 2: Interfaz preliminar de la aplicación de encendido y apagado de luces para el artículo "Automatización y control para el ahorro energético en espacios habitables"

En la ilustración 3 se observa el encendido de la luz y cómo se ve reflejado el movimiento en el sistema, en la ilustración 4 se visualiza el apagado de la luz.



Ilustración 3: Simulación, luz encendida

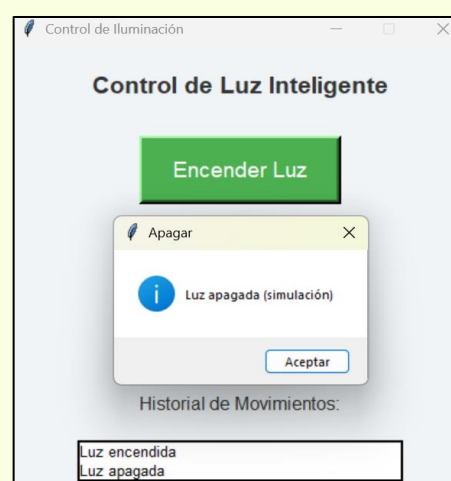


Ilustración 4: Simulación, luz apagada

Una característica importante que se añadió en esta fase es el **historial de movimientos**, que se registra en tiempo real en un Listbox dentro de la aplicación. Cada vez que se realiza una acción (encender o apagar la luz), el sistema agrega un registro en el historial, permitiendo al usuario revisar las acciones previas realizadas en la aplicación. En la figura 5 y 6 se ve el último movimiento hecho, ya sea encendido de la luz o apagarla.

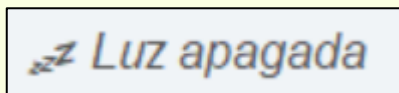


Ilustración 5: Último movimiento hecho, luz apagada

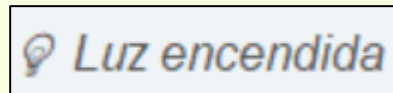


Ilustración 6: Último movimiento hecho, luz encendida

Aunque el sistema está diseñado para integrarse con el ESP8266, por el momento, el control de las luces se simula, lo que permite evaluar la funcionalidad de la interfaz sin la necesidad de hardware físico. Este enfoque facilitará la transición hacia la implementación real, cuando se conecte el ESP8266 y se active el control remoto a través de la red Wi-Fi.

DISCUSIÓN

La domótica, entendida como el conjunto de tecnologías aplicadas al control y automatización inteligente del hogar, ha evolucionado de ser un lujo para convertirse en una necesidad dentro de los espacios habitables modernos. Según Morales (2011), la domótica no solo mejora el confort y la seguridad, sino que también permite una gestión energética más eficiente. En este sentido, se coincide con el autor en que su implementación representa una estrategia viable para optimizar los recursos del hogar, especialmente en contextos donde el consumo energético es elevado y poco controlado.

Por otra parte, Cetares Laguna, Aponte Palacios y Pineda Cadena (2024) definen la automatización del hogar como un sistema integral que permite la interacción entre usuarios y dispositivos a través de redes inteligentes. Desde esta perspectiva, se considera que la automatización es fundamental no solo para mejorar la experiencia del usuario, sino también para generar un entorno más seguro, eficiente y sostenible.

Respecto al ahorro energético, Torres (2020) sostiene que el uso racional de la energía requiere tanto de buenas prácticas como de herramientas tecnológicas que las faciliten. En concordancia, se considera que los sistemas domóticos, al permitir el control automatizado de luces y dispositivos eléctricos, ofrecen una solución práctica para fomentar dichos hábitos. Este estudio reafirma que la correcta selección e implementación de recursos electrónicos facilita la automatización eficiente del hogar, lo cual se traduce en beneficios económicos y ambientales a largo plazo.

Finalmente, se coincide con Bastidas López y Proaño Chauca (2022) en que la integración de sistemas inteligentes en el hogar no solo mejora la calidad de vida, sino que representa un paso necesario hacia entornos más sostenibles. El análisis realizado en este proyecto demuestra que la domótica no es solo una tendencia, sino una herramienta con potencial real para transformar los hábitos de consumo energético en la vida cotidiana.

CONCLUSIONES

La automatización y el control para el ahorro energético en espacios habitables se ha convertido en una necesidad urgente en un mundo donde la eficiencia energética es esencial tanto para la sostenibilidad como para la reducción de costos operativos. La automatización permite gestionar el consumo de energía de manera inteligente, ajustando el uso de los dispositivos de acuerdo con las necesidades del hogar, evitando el derroche y optimizando el rendimiento de los recursos. Esta capacidad de control y monitoreo de dispositivos en tiempo real no solo reduce el gasto en electricidad, sino que también contribuye a la reducción de la huella de carbono, un factor clave en la lucha contra el cambio climático.

En cuanto al sistema preliminar desarrollado, este representa una implementación inicial sólida que permite simular el control de luces dentro de un hogar inteligente utilizando Python y la biblioteca Tkinter. Aunque el sistema aún se encuentra en fase de simulación, proporciona una visión clara de las futuras capacidades del sistema, como la interfaz de usuario intuitiva, la retroalimentación en tiempo real sobre el estado de las luces, y la inclusión de un historial de movimientos que registra las interacciones del usuario. El uso de recursos electrónicos como el ESP8266 será esencial para permitir la comunicación real con los dispositivos en el hogar, pero el sistema preliminar permite validar la estructura y funcionalidad de la interfaz antes de la integración con el hardware.

Este sistema preliminar también evidencia la viabilidad de los proyectos de automatización del hogar, mostrando cómo se pueden desarrollar soluciones accesibles y efectivas que no solo mejoran la comodidad y seguridad de los usuarios, sino que también optimizan el consumo de energía, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia energética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INEGI. (2021). Ingresos por suministro de bienes y servicios, así como gastos por consumo de las empresas comerciales al por mayor y al por menor. 08 DE AGOSTO 2021, de INEGI Sitio web: <https://www.inegi.org.mx/temas/comercioemp/>
- Moreno, J. P. (2017). EL PRIMER LIBRO. México: GANDHI.
- Cetares Laguna, J. S., Aponte Palacios, J. C., & Pineda Cadena, E. (2024). Vivienda domótica. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, 1–10.
- Morales, G., (2011). La domótica como herramienta para un mejor confort, seguridad y ahorro energético. Ciencia e Ingeniería, 32(1), 39-42.
- ¿Qué es un microcontrolador? (2024, octubre 23). Ibm.com. <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/microcontroller>
- Bastidas Lopez, M. S. & Proaño Chauca, J. S. (2022). Implementación del prototipo de un sistema domótico controlado por medio de una aplicación web. 178 hojas. Quito: EPN.
- Ortega, C. (2021, abril 14). Investigación mixta. Qué es y tipos que existen. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-mixta/>
- Tancara Q, C. (1993). LA INVESTIGACION DOCUMENTAL. Temas Sociales, 17, 91–106. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0040-29151993000100008

- Duoc, B. (2021). Biblioteca: Investigación Aplicada, Innovación y Transferencia: Definición y propósito de la Investigación Aplicada. <https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/definicion-proposito-investigacion-aplicada>
- Bedolla Solano, J. J., Bedolla Solano, R., & Miranda Esteban, A. (2023). Prácticas digitales y sostenibilidad socioambiental en la educación básica de las Smart Cities. Revista de Educación a Distancia (RED), 23(72). <https://doi.org/10.6018/red.533831>.
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). Ingeniería del software: Un enfoque práctico (8ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Sommerville, I. (2016). Ingeniería de software (10ª ed.). Pearson Educación.
- Bastidas López, M. S., & Proaño Chauca, J. S. (2022). Implementación del prototipo de un sistema domótico controlado por medio de una aplicación web. Quito: EPN.
- Cetares Laguna, J. S., Aponte Palacios, J. C., & Pineda Cadena, E. (2024). Vivienda domótica. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, 1–10.
- Morales, G. (2011). La domótica como herramienta para un mejor confort, seguridad y ahorro energético. Ciencia e Ingeniería, 32(1), 39–42.
- Torres, Y. (2020). El ahorro de energía implica hábitos y buenas prácticas para bajar el consumo, y es un aliado complementario para la implementación de la política energética.

ESTUDIO COMPARATIVO Y ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE PROBETAS DE ALUMINIO CON ACEITE QUEMADO Y AGUA CON SAL.



COMPARATIVE STUDY AND ANALYSIS OF THE HEAT TREATMENT OF ALUMINUM TEST SPECIMENS WITH BURNT OIL AND SALT WATER.

Mtro. Agustín Acevedo Figueroa¹

Mtra. Veronica Petra Hernandez Pastrana²

Dr. Julio Cesar Flores Cabrera³

Dra. Sindya Yadira Castillo Ortíz⁴

RESUMEN

El tratamiento térmico del aluminio puede incidir en las propiedades mecánicas del material, como la dureza, resistencia y ductilidad, a través de ciclos controlados de calentamiento y enfriamiento. Se planteó un estudio para analizar dos métodos de tratamiento térmico de la aleación de aluminio redondo #6065. Se diseñó, planeó y realizó una práctica en el laboratorio de Ingeniería de métodos y de sistemas de manufactura, realizando principalmente actividades de corte, pulido y acabado a espejo para realizar pruebas de dureza mediante la medición directa usando un durómetro a 16 probetas de prueba a las que se les realizó un tratamiento térmico diferente separándolas en dos grupos de 8 probetas. Se llevó a cabo el experimento con diseño factorial 22 con 2 y se obtuvieron los resultados de la dureza máxima y el nivel en el cual se deben trabajar los factores de tiempo y temperatura.

ABSTRACT

Aluminum heat treatment can affect the mechanical properties of the material, such as hardness, strength, and ductility, through controlled heating and cooling cycles. A study was proposed to analyze two heat treatment methods for the round aluminum alloy #6065. A practice was designed, planned, and carried out in the Manufacturing Methods and Systems Engineering laboratory, mainly performing cutting, polishing, and mirror finishing activities to perform hardness tests by direct measurement using a durometer on 16 test specimens that underwent a different heat treatment, separating them into two groups of 8 specimens. The experiment was carried out with a 22 factorial design with 2 and the results of the maximum hardness and the level at which the time and temperature factors should be worked were obtained.

Palabras clave: Tratamiento; térmico; aleación, aceite, agua.

Keywords: Treatment; thermal; alloy; oil; water.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento térmico de probetas de aluminio, como el temple, puede realizarse utilizando diferentes medios de enfriamiento, como aceite quemado o agua con sal, cada uno con efectos

¹ Mtro. Agustín Acevedo Figueroa es Profesor de Medio Tiempo del Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Iguala. agustin.acevedo@iguala.tecnm.mx

² Mtra. Veronica Petra Hernandez Pastrana es Profesora de Tiempo Completo del Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Iguala. veronica.hernandez@iguala.tecnm.mx

³ Dr. Julio Cesar Flores Cabrera es Profesora de Tres Cuartos de Tiempo del Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Iguala. jcesar.flores@iguala.tecnm.mx

⁴ Dra. Sindya Yadira Castillo Ortíz es Profesor de Asignatura del Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Iguala. sindya.castillo@iguala.tecnm.mx

distintos en las propiedades finales del material. El aceite quemado, debido a su menor velocidad de enfriamiento en comparación con el agua con sal, produce una menor tensión interna en la probeta, lo que puede resultar en menos deformación, pero también puede generar una dureza menor. Por otro lado, el agua con sal, al ser un medio de enfriamiento más rápido, induce mayores tensiones internas, lo que puede llevar a una mayor dureza, pero también a un mayor riesgo de deformación o incluso grietas, especialmente en aleaciones de aluminio más susceptibles a estos efectos.

El templado se refiere al calentamiento o enfriamiento de los metales en su estado sólido, para modificar las propiedades mecánicas que el mismo posea, su estructura metalográfica y/o eliminar tensiones residuales.

Generalmente para los metales el temple se realiza después de que los mismos endurecen, para aumentar su dureza. El procedimiento de una forma muy breve y generalizada se realiza calentando el metal a una temperatura más baja que la utilizada en el proceso de fundido y endurecimiento. Es importante en todo momento manejar una temperatura adecuada pues de ésta depende la dureza que se desea alcanzar.

La temperatura mencionada depende de una serie de factores, como la composición específica de la aleación y las propiedades físicas y mecánicas que se desean obtener en el producto final. Para ejemplificar lo anteriormente descrito, usualmente las herramientas muy duras se templan a bajas temperaturas, mientras que, de manera contraria, los resortes se templan a temperaturas mucho más altas. Es importante mencionar, además, que el incremento de la dureza crece de la mano con el aumento de la fragilidad de la pieza, lo que por supuesto disminuye la resistencia del metal en cuestión.

Cuando los tratamientos térmicos (como el templado) son aplicados a aleaciones de aluminio, el término “tratamiento térmico” se refiere normalmente a operaciones llevadas a cabo para incrementar la resistencia y la dureza de las aleaciones de moldeo o de forja.

De manera pura, el aluminio es blando y posee en sí poca resistencia mecánica, pero afortunadamente puede formar aleaciones con otros elementos que le permiten al mismo adquirir una serie de propiedades útiles para su uso comercial. Las aleaciones que comprenden aluminio en su composición son ligeras, fuertes y de fácil formación; se considera de igual forma que son fáciles de ensamblar, de fundir o de maquinar y gracias a ser un material tan versátil y trabajable, acepta una gran variedad de acabados. Debido a sus propiedades químicas, físicas y metalúrgicas, el aluminio se ha convertido en el metal no ferroso de mayor uso en el mercado.

En el caso del aluminio el temple se realiza mediante un enfriamiento muy rápido del material que se hace normalmente por inmersión en agua fría apenas la pieza sale del horno. Este enfriamiento repentino del metal tiene como función impedir la precipitación de los compuestos intermetálicos.

La velocidad de temple es un parámetro de suma importancia a tomar en cuenta, pues de él van a ir sostenidos las características finales que se esperan de la aleación de aluminio como

las características de tracción, el comportamiento a la corrosión y la tenacidad del material. Para cada tipo de aleación existe una velocidad crítica de temple de la cual no se debe bajar.

El templado es solo uno de los tratamientos que se les dan a los metales en el proceso de endurecimiento y al mismo se le tiende a asociar con el proceso de revenido, pues se considera que ambos deben ir de la mano en el tratamiento final del producto.

En ese sentido se diseñó y realizó un diseño experimental y una práctica educativa dentro de la asignatura de diseño de experimentos, como resultado de esta colaboración se realizó una práctica escolar como proyecto integrador con colaboración multidisciplinaria.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada fue de tipo experimental-cuantitativa, el tipo de investigación aplicativo y el diseño utilizado fue un diseño experimental de 2².

Se siguieron los siguientes pasos para desarrollar la investigación.

1. Búsqueda de información teórica. Consiste en realizar una búsqueda del estado del arte con relación al tratamiento térmico del aluminio.
2. Diseño del experimento 2². Consiste en diseñar un experimento DOE de dos factores y dos niveles para realizar las pruebas tratamiento térmico a las probetas de prueba de aluminio mediante agua con sal y aceite quemado, con los equipos y materiales que se requieren como son:
 Parrilla con termostato regulador de temperatura y capsula magnética, aceite quemado, sal o cloruro de sodio, agua destilada, vaso de precipitado de 500ml., matraz volumétrico, varilla de vidrio, durómetro modelo: MCTMET76, MARCA MECIT, guantes de algodón, lentes de seguridad, bata blanca para laboratorio de tela de algodón.
3. Preparación y tratamiento de las muestras. Consiste en cortar con arco y segueta, una aleación de aluminio redondo #6065 de 2.5 cm de diámetro y 2cm de largo, para obtener las 8 probetas de prueba de aluminio para cada tratamiento. También se lijan y pulen a espejo con una manta redonda y motor de pulido y abrillantado, con la finalidad de preparar la superficie de esta para la prueba de medición de la dureza antes y después del tratamiento térmico, vigilando y controlando las operaciones necesarias para el mejor control de las variables.
4. Diseño del experimento: Se planteó un problema a resolver por parte del ingeniero industrial con la finalidad de analizar y realizar este problema como si fuese un entorno industrial real el cual se muestra a continuación:

A un ingeniero industrial encargado del departamento de control de calidad, se le ha encargado estudiar el efecto de dos procesos diferentes de endurecimiento, mediante el templado en agua salada y en aceite quemado, sobre una aleación de aluminio redondo #6065 de 2.5 cm de diámetro y 2 cm de largo, como probeta de prueba.

El ingeniero decide someter varios ejemplares o muestras para ensayo de la aleación a cada medio de templado y medir la dureza de los ejemplares después del templado.

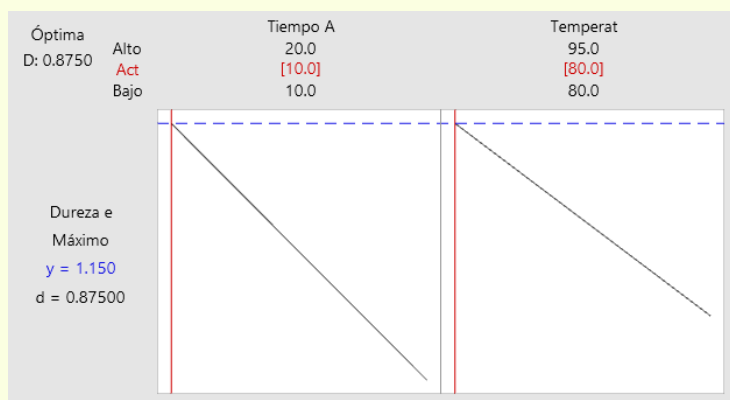
El objetivo del experimentador es determinar cuál de las dos soluciones de templado produce la dureza máxima para esta aleación en particular.

Para determinar cuál de las soluciones es la mejor, se realizará el análisis del diseño factorial, tratados en cada solución de templado con los siguientes factores y niveles (véase Tabla 1).

Tabla 1. Factores y niveles del diseño factorial 2^2 .

FACTOR	NOMBRE	NIVEL	
		BAJO	ALTO
A	TIEMPO min.	10	20
B	TEMPERATURA °C	80	95

Pero antes se obtuvo la dureza de la probeta sin el templado en agua con sal y en aceite quemado, obteniendo una dureza de 1.15 HBR, como se muestra en la gráfica 1, obtenida con el software Minitab. Todos los resultados de la dureza se obtuvieron con el durómetro MCTMET76, MARCA MECIT, DUREZA HBR. (véase Gráfica 1).



Gráfica 1. Dureza, factores y niveles antes del templado.

5. Pruebas de tratamiento térmico del aluminio a las probetas de prueba: se realizó el tratamiento térmico con agua y sal a las 8 probetas de prueba y posteriormente con aceite quemado a las otras 8 probetas de prueba, de acuerdo con el diseño experimental y dos corridas, tomando las mediciones de manera aleatoria.
6. Pruebas de medición de dureza: se sometieron a pruebas de medición de la dureza después de ambos tratamientos al conjunto de ambas probetas y una vez que estas se encontraban estables a temperatura ambiente se procedió a realizar la medición de su dureza con el durómetro registrando los resultados en la matriz de diseño, los resultados de 8 probetas que fueron tratadas con agua y sal, así como las 8 probetas restantes que fueron sometidas a tratamiento térmico con aceite quemado.
7. Resultados, conclusiones y recomendaciones: consiste en analizar los resultados obtenidos de las 8 corridas realizadas en el diseño experimental para el tratamiento térmico con agua y sal y del tratamiento térmico con aceite quemado a las probetas de prueba de aluminio, esto con la finalidad de concluir si existía aumento de la dureza con el templado realizado y el tratamiento térmico mejor.

RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de la dureza obtenidos con el templado en agua con sal, las mediciones fueron obtenidas de manera aleatoria, en los factores y niveles establecidos. (véase Imagen 1).

*	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
	OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	Tiempo A	Temperatura B	Dureza en agua con sal	
1	7	1	1	1	10	95	1.4	
2	2	2	1	1	20	80	1.4	
3	8	3	1	1	20	95	1.4	
4	1	4	1	1	10	80	1.7	
5	3	5	1	1	10	95	1.5	
6	4	6	1	1	20	95	1.6	
7	5	7	1	1	10	80	1.6	
8	6	8	1	1	20	80	1.6	

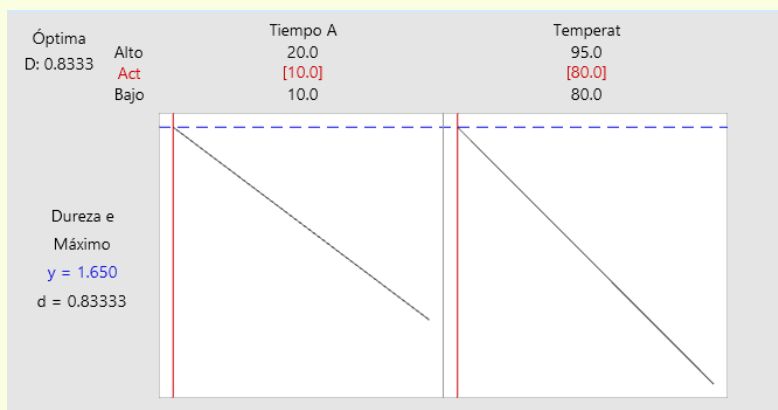
Imagen 1. Matriz de diseño factorial para templado en agua con sal.

El Análisis de Varianza (imagen 2) arroja que ninguno de los efectos es significativo porque los valores de p-value son mayores a 0.05, el efecto de Tiempo A tiene un valor de $p=0.561$, efecto Temperatura B con $p=0.275$ y el efecto de la interacción Tiempo A*Temperatura B con $p=0.275$. (véase Imagen 2).

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	0.045000	0.015000	1.20	0.417
Lineal	2	0.025000	0.012500	1.00	0.444
Tiempo A	1	0.005000	0.005000	0.40	0.561
Temperatura B	1	0.020000	0.020000	1.60	0.275
Interacciones de 2 términos	1	0.020000	0.020000	1.60	0.275
Tiempo A*Temperatura B	1	0.020000	0.020000	1.60	0.275
Error	4	0.050000	0.012500		
Total	7	0.095000			

Imagen 2. ANOVA para efectos en tratamiento de agua con sal.

De acuerdo a la gráfica 2, para obtener la mayor dureza de 1.65 HBR del aluminio con el tratamiento de agua con sal el factor Tiempo debe ser de 10 min y el factor Temperatura de 80 °C. (véase Gráfica 2).



Gráfica 2. Dureza, factores y niveles con templado en agua con sal.

Los valores de la dureza con el templado en aceite quemado se obtuvieron con la matriz de diseño factorial (véase imagen 3).

+	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	Tiempo A	Temperatura B	Dureza
1	6	1	1	1	20	80	1.6
2	1	2	1	1	10	80	1.5
3	4	3	1	1	20	95	1.4
4	5	4	1	1	10	80	1.8
5	8	5	1	1	20	95	1.3
6	3	6	1	1	10	95	1.1
7	7	7	1	1	10	95	1.5
8	2	8	1	1	20	80	1.3

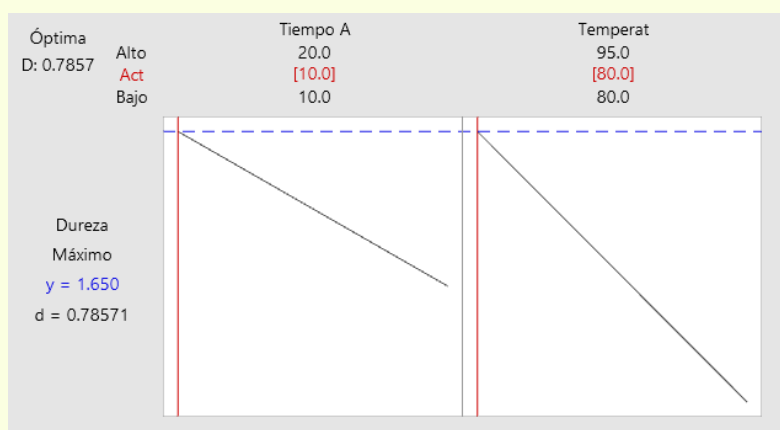
Imagen 3. Matriz de diseño factorial para templado con aceite quemado.

El Análisis de Varianza (Imagen 4) obtenido del diseño factorial muestra que los efectos no son significativos, porque el valor de p-value es mayor a 0.05, $p=0.639$ para el efecto Tiempo A, efecto Temperatura B el valor de $p=0.203$ y $p=0.446$ para el efecto de la interacción Tiempo A*Temperatura B. (véase Imagen 4).

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	0.14375	0.04792	1.10	0.448
Lineal	2	0.11250	0.05625	1.29	0.371
Tiempo A	1	0.01125	0.01125	0.26	0.639
Temperatura B	1	0.10125	0.10125	2.31	0.203
Interacciones de 2 términos	1	0.03125	0.03125	0.71	0.446
Tiempo A*Temperatura B	1	0.03125	0.03125	0.71	0.446
Error	4	0.17500	0.04375		
Total	7	0.31875			

Imagen 4. ANOVA para efectos en tratamiento de aceite quemado.

Realizando el análisis con la templeanza en aceite quemado, se obtuvo que la mayor dureza en el aluminio es de 1.65 HBR manejando el factor Tiempo A en 10 min y el factor Temperatura B en 80 °C (véase Gráfica 3).



Gráfica 3. Dureza, factores y niveles con templeado en aceite quemado.

CONCLUSIONES

El tratamiento térmico que produce mayor dureza en el aluminio depende del tipo específico de aleación, ya que el aluminio puro no se endurece significativamente por temple, pero muchas aleaciones sí pueden responder a tratamientos térmicos. Los efectos de tiempo y temperatura en los niveles utilizados, así como la interacción no son significativos, sería importante utilizar o realizar el experimento en nuevos niveles, para comprobar si los efectos siguen siendo no significativos.

En base al diseño del experimento, se concluye que la dureza resultó ser de 1.65 HBR con el tratamiento térmico en agua con sal y con aceite quemado, pero se recomienda utilizar el temple en agua salada debido a que el agua con sal enfría más rápido el aluminio que el aceite, lo cual es fundamental para lograr una estructura más dura (por retención de fases endurecedoras en aleaciones tratables). La sal ayuda a reducir la formación de burbujas de vapor, mejorando la eficiencia del enfriamiento.

Es mejor el endurecimiento en aleaciones tratables como las de la serie 2xxx (Al-Cu) o la serie 7xxx (Al-Zn-Mg), estas responden mejor a un enfriamiento rápido en agua para luego ser envejecidas (natural o artificialmente), logrando mayores durezas.

Una desventaja del temple en aceite quemado es que el aceite tiene una velocidad de enfriamiento más lenta, lo que puede ser insuficiente para retener las fases endurecedoras necesarias en algunas aleaciones de aluminio.

Además, el “aceite quemado” en particular puede tener impurezas y temperaturas irregulares, lo que dificulta un control adecuado del tratamiento térmico, esto se vio claramente al realizar el tratamiento térmico ya que esta variable costaba más trabajo controlarla en el experimento. Se debe considerar también lo siguiente: El aluminio no se comporta igual que el acero. Muchos tipos de aluminio no se endurecen por temple, sino por trabajo en frío o envejecimiento (tratamiento térmico posterior al enfriamiento). También que el aluminio

exhibe propiedades de metal y no metal, ya que está considerado como un metaloide dentro de la clasificación de la tabla periódica, por lo que el temple directo no siempre aumenta la dureza en el aluminio y puede incluso provocar grietas internas o deformaciones si no se hace correctamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BOX, G.E.P., HUNTER, W.G. y HUNTER, J.S. (1989): Estadística para investigadores. Introducción al diseño de experimentos, análisis de datos y construcción de modelos.
- Reverte Gutiérrez Pulido, H. Control de Calidad y Seis Sigma, McGraw-Hill, México
- Gutiérrez Pulido, H. y de la Vara Salazar Román, Análisis y Diseño de Experimentos, McGraw-Hill, México, 2003
- Montgomery, D.C., Diseño y análisis de experimentos. Tercera Edición, Grupo Editorial Iberoamericano.
- Roldán G. M. Técnicas de Obtención de Grano Metalográfico en el Rango Milimétrico y Centimétrico Mediante Diversos Tratamiento Térmicos y Mecánicos. 8 de julio de 2007. Universidad de Sevilla. <http://bit.ly/3J3Zbpd>
- Distribuidora de aluminio 2025. <https://distribuidordealuminio.net/blog/el-aluminio-y-los-tratamientos-termicos/> agosto 30 del 2020.
- Solución y envejecimiento: Aleaciones de aluminio <http://bit.ly/41w5bx7> 2024. Bodycote.
- La guía definitiva para el tratamiento térmico del aluminio. <https://es.kdmfab.com/la-guia-definitiva-para-el-tratamiento-termico-del-aluminio/> January 2, 2024
- Cochran, W. G. Y G. M. Cox, Diseños Experimentales, Editorial Trillas, México
- Box, G. E. P., Hunter, William G. Statistics for experiments, editorial Wiley. 3. BOX, G.E.P., HUNTER, W.G. y HUNTER, J.S. (1989): Estadística para investigadores. Introducción al diseño de experimentos, análisis de datos y construcción de modelos. Reverte
- Petrel. (2025). Aluminio para tratamiento térmico: ¿Cómo funciona y cuáles son las opciones? Petrel Aluminio. URL: PetrelAluminio.es.
- MachineMFG. (2025). Tratamiento Térmico del Aluminio: Su guía completa. MachineMFG. URL: machinemfg.com.
- ShengenFab. (2025). Tratamiento térmico de aluminio: métodos, beneficios y mejores prácticas. ShengenFab. URL: shengenfab.com.
- N. Idusuyi and J. I. Olayinka, (2019) "Dry sliding wear characteristics of aluminium metal matrix composites: a brief overview," J. Mater. Res. Technol., vol. 8, no. 3, pp. 3338–3346.
- H. Singh, G. S. Brar, H. Kumar, and V. Aggarwal, (2021) "A review on metal matrix composite for automobile applications," Mater. Today Proc., vol. 43, pp. 320–325.
- D. K. Koli, G. Agnihotri, and R. Purohit, (2015) "Advanced aluminium matrix composites: the critical need of automotive and aerospace engineering fields," Mater. Today Proc., vol. 2, no. 4–5, pp. 3032–3041.
- S. V Prasad and R. Asthana, "Aluminum metal-matrix composites for automotive applications: tribological considerations," (2004). Tribol. Lett., vol. 17, no. 3, pp. 445–453.
- D. R. Askeland, P. P. Fulay, and W. J. Wright, (2006). Ciencia e ingeniería de materiales. CENGAGE learning, 2017. [15] N. Chawla and K. K. Chawla, Metal Matrix Composites. Springer Science & Business Media.
- J. L. Cavazos García, (1998) "Tratamiento térmico de una aleación de aluminio 6063." Universidad Autónoma de Nuevo León.
- W. F. Smith and J. Hashemi, (2006). Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales.

- M. A. Bolaños and F. F. Arenas, (2005). “Evaluación de la resistencia mecánica de la unión soldada en la aleación de aluminio 6261,” Ing. y Compet., vol. 7, no. 2, pp. 27–34.
- L. Á. Barboza González, (2014). “Efectos de la precipitación en anillos rolados de INCOLOY 909 durante el proceso de forja.” Universidad Autónoma de Nuevo León.

PREDICCIÓN MULTI OBJETIVO DE LOS FACTORES DE DESEMPEÑO CON REDES NEURONALES ARTIFICIALES EN UNA INDUSTRIA TEXTIL

MULTI-OBJECTIVE PREDICTION OF PERFORMANCE FACTORS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN A TEXTILE INDUSTRY



Dr. Oscar Báez Senties¹

Ulises Emmanuel Ruiz Arguelles

Daniel Eduardo Cano Nava

María José Sánchez Martínez

RESUMEN

El análisis del desempeño en empresas textiles ha sido un tema de interés creciente, impulsado por la necesidad de optimizar procesos y mejorar la competitividad. La utilización de modelos de aprendizaje automático, en particular las redes neuronales, ha permitido abordar problemas complejos de predicción y clasificación en este sector. La predicción multiobjetivo, que busca predecir el comportamiento con múltiples factores simultáneamente, ha emergido como una estrategia efectiva para reflejar las múltiples dimensiones del desempeño empresarial, incluyendo eficiencia, calidad y sostenibilidad.

ABSTRACT

Performance analysis in textile companies has been a topic of growing interest, driven by the need to optimize processes and improve competitiveness. The use of machine learning models, particularly neural networks, has made it possible to address complex prediction and classification problems in this sector. Multi-objective prediction, which seeks to predict behavior with multiple factors simultaneously, has emerged as an effective strategy for reflecting the multiple dimensions of business performance, including efficiency, quality, and sustainability.

Palabras clave: Predicción multiobjetivo, Redes neuronales, Industria textil.

Key Words: Multi-objective prediction, Neural Networks, Textile Industry.

INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios han demostrado que las redes neuronales son una herramienta efectiva para modelar y predecir variables relacionadas con la producción textil, como parámetros del proceso y desarrollo de productos (Chauhan et al., 2018; Singh & Sarkar, 2023). Por ejemplo, Wang et al. (2020) desarrollaron un modelo de red neuronal para predecir el rendimiento en procesos de recubrimientos, logrando mejorar la precisión en comparación con métodos tradicionales.

La predicción multiobjetivo permite optimizar simultáneamente múltiples factores de desempeño, como detección de defectos y calidad del producto (Ozek et al., 2025). En el sector textil, esta aproximación ha sido aplicada para balancear eficiencia y sostenibilidad, considerando el equilibrio correlacionado del proceso textil (He et al., 2022). Sin embargo,

¹ Dr. Óscar Báez Senties es docente del TECNM campus Orizaba oscar.bs@orizaba.tecnm.mx

la mayoría de los estudios aún se concentran en problemas univariados o en enfoques de optimización secuencial, dejando espacio para investigaciones en modelos multiobjetivos integrados con redes neuronales.

Aunque las redes neuronales han demostrado ser prometedoras, su implementación en entornos reales presenta desafíos, como la reprocesamiento de tejidos, lo que genera retrasos en las entregas, impactos en la calidad, mayores costos e impactos ambientales.(Chattopadhyay & Guha, 2003). Además, la integración con técnicas de inteligencia artificial es aún un área de oportunidad de acuerdo a la literatura (Naz et al., 2024).

METODOLOGÍA

La metodología aplicada para este trabajo se muestra en la Figura 1. En primer lugar, es necesario la recolección de datos para a la construcción de la Base de Datos (BD) que contenga todas las variables de entrada y salida. Esta información servirá de entrada para generar el modelo a través de las Redes Neuronales Artificiales (RNA). Una vez obtenidos los resultados de la RNA, fue posible hacer las predicciones del comportamiento para el siguiente periodo. El responsable de la toma de decisiones, estará en condiciones de elegir el mejor resultado, en función de sus propias restricciones, prioridades y preferencias. Finalmente, una retroalimentación a la DB, permite continuar el ciclo y mejorar los resultados esperados.

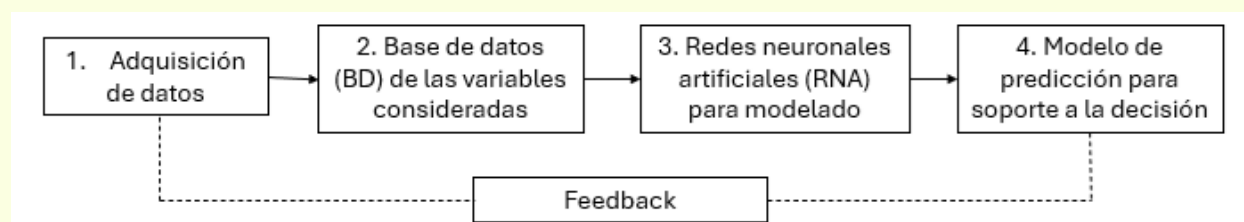


Figura 1 Metodología

RESULTADOS

De acuerdo a la metodología, se presentan los resultados de cada etapa.

1. La adquisición de datos se realizó en los registros de la plataforma digital de la empresa textil, durante el mes de julio de 2025, estos los datos fueron concentrados para su análisis. En esta etapa, el objetivo es identificar los indicadores que influyen directamente en los objetivos prioritarios de la empresa. Estas variables fueron recopiladas y muestran en la Tabla 1.

Tabla 8: Resultados de la adquisición de datos

NumCliente	Fecha	Cantidad	Descripcion	Valor Unitario	Importe	Total	IVAT
Ciente441340	2025-06-02T13:45:19	9	CHAMARRA	490	4410	5115.6	705.6
Ciente470	2025-06-06T12:50:46	13	BLUSA OXFORD MANGA CORTA CH	159	2067	194233.88	330.72
Ciente470	2025-06-06T12:50:46	45	BLUSA OXFORD MANGA CORTA MED	159	7155	194233.88	1144.8
Ciente470	2025-06-06T12:50:46	17	BLUSA OXFORD MANGA CORTA GDE	159	2703	194233.88	432.48
Ciente470	2025-06-06T12:50:46	19	CAMISA OXFORD MANGA CORTA XG	159	3021	194233.88	483.36
Ciente470	2025-06-06T12:50:46	1	BLUSA OXFORD MANGA CORTA XG	159	159	194233.88	25.44
Ciente470	2025-06-06T12:50:46	18	BLUSA OXFORD MANGA LARGA CH	169	3042	194233.88	486.72
Ciente470	2025-06-06T12:50:46	22	BLUSA OXFORD MANGA LARGA MED	169	3718	194233.88	594.88
Ciente470	2025-06-06T12:50:46	17	BLUSA OXFORD MANGA LARGA GDE	169	2873	194233.88	459.68
Ciente470	2025-06-06T12:50:46	19	BLUSA OXFORD MANGA LARGA XG	169	3211	194233.88	513.76

A continuación, se realizó la estratificación de los datos de entrada y salida para la generación de la BD.

2. La BD, son fundamentales en la gestión de la información, gracias a su acceso y disponibilidad para realizar análisis. Tras haber realizado la adquisición de daos en la empresa textil, se concentró la información en la BD. En la tabla 2, se puede observar información detallada de una sección de las variables consideradas.

Tabla 2. Base de datos de los indicadores de agua.

NO	SEM	CANTIDAD	COSTO/U	PRECIO	VENTAS	COSTO
1	1	13	127	159	2067	1651
2	1	45	127	159	7155	5715
3	2	17	127	159	2703	2159
4	2	19	127	159	3021	2413
5	3	1	127	159	159	127
6	3	18	129	169	3042	2322
7	4	22	129	169	3718	2838
8	4	17	129	169	2873	2193

En la BD se definieron los indicadores: las semanas, las cantidades, los costos por unidad, y el precio unitario, como X_1 , X_2 , X_3 y X_4 , respectivamente.

Con esta información, se establecieron valores mínimo y máximo de las Ventas (V) y Costos (C), que sirven para definir los objetivos de salida al modelo predictivo (Tabla 3).

Tabla 3. Estimación de parámetros de los objetivos.

RANGO	VENTAS (V)	COSTOS (C)
MINIMO	\$ 159.00	\$ 127.00
MAXIMO	\$ 56,975.00	\$ 29,592.00

3. Las RNAs, actúan como modelos matemáticos no lineales que aprenden a partir de datos. La función de entrada, la arquitectura de la red y el proceso de entrenamiento mediante algoritmos como la RetroPropagación permiten que la red ajuste sus pesos para aproximar funciones complejas y relaciones no lineales a los datos.

El Error Cuadrático Medio (ECM) se seleccionó como función de rendimiento para el entrenamiento supervisado. El objetivo es minimizar la suma promedio de estos errores. El algoritmo de ECM ajusta los pesos y sesgos de la red lineal para minimizar este ECM. El error se calcula como la diferencia entre el objetivo y los valores de salida de la red. La función de error es el ECM, y el error de aprendizaje ($e(k)$) se define como:

$$MSE = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q e(k)^2 \quad (1)$$

$$e(k) = y_i(k) - g_i(k) \quad (2)$$

donde Q se refiere a la cantidad de patrones de ejemplo de entrada-salida utilizados en el entrenamiento, i al índice del patrón de ejemplo (vector), y $y_i(k)$ y $g_i(k)$ a los valores deseados (objetivo) y predichos por ANN del nodo de salida k, respectivamente.

El proceso de minimización de ECM, no garantiza que el entrenamiento de la red sea completo. Puede producirse un sobre entrenamiento de la red cuando esta se entrena excesivamente o cuando la arquitectura de la red comprende un número de neuronas ocultas mayor del necesario (sobre parametrización). Existen varios procedimientos para definir la arquitectura de la RNA (Hiriyannaiah et al., 2020); en este estudio se utiliza el siguiente procedimiento de dos fases.

Fase 1: Configuración de los parámetros de las RNA, con todos los elementos requeridos para el aprendizaje, estos se muestran en la tabla 4. Es de suma importancia dividir los datos en tres grupos: Entrenamiento, Validación y Prueba para este estudio se utilizaron 75%, 15% y 15%, respectivamente. Dividir los datos en estos tres conjuntos ayuda a construir modelos más precisos y confiables, evitando que el modelo simplemente aprenda de memoria los datos de entrenamiento (sobreajuste) y asegurando que pueda desempeñarse bien en datos nuevos y reales.

Tabla 4. Configuración de parámetros para las RNA

PARAMETROS DE ENTRENAMIENTO	
Tipo de Red	RetroPropagación (RP)
Entradas	Matriz 4 x 104
Meta (objetivos)	Matriz 2 x 104
Función de entrenamiento	Algoritmo Lenberg-Marquardt
Función de adaptación	Gradiente Descendiente M
Función de rendimiento	ECM

Número de capas ocultas	1
Número de neuronas ocultas	5
Función de transferencia	Tangente Hiperbólica
Función de transferencia salida	Lineal
Número de iteraciones	1000

Fase 2: Con la información obtenida anteriormente se procedió a trabajar con las RNA en el entrenamiento. Asimismo, se busca encontrar el mejor resultado de ECM y de la regresión R. Los datos de Entrenamiento, son los datos utilizados para ajustar los pesos y parámetros de la red neuronal durante el proceso de aprendizaje. Los datos de Validación, se utilizan para sintonizar hiperparámetros, prevenir sobreajuste y tomar decisiones sobre cuándo detener el entrenamiento. Los datos de Prueba, son datos completamente nuevos y no vistos por la red durante el entrenamiento ni la validación. Sirven para evaluar de manera objetiva y final la capacidad del modelo para generalizar a datos no vistos, asegurando que el modelo sea confiable en aplicaciones reales de predicción. Después de revisar los resultados preliminares se observó que la mejor arquitectura para este conjunto de datos, fue con una capa oculta y una estructura de 5 neuronas ocultas, definiendo el modelo predictivo como se muestra en la figura 2.

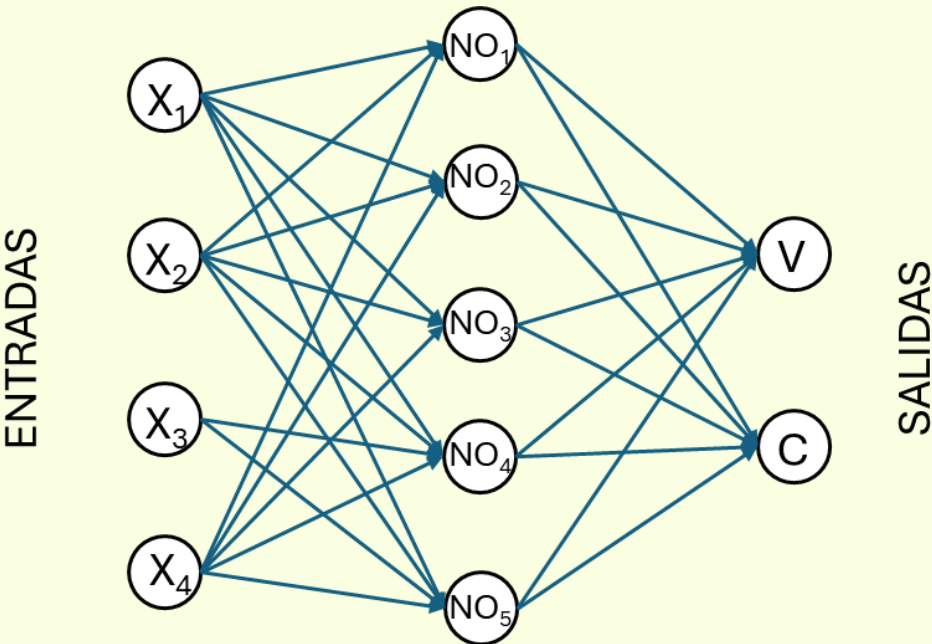
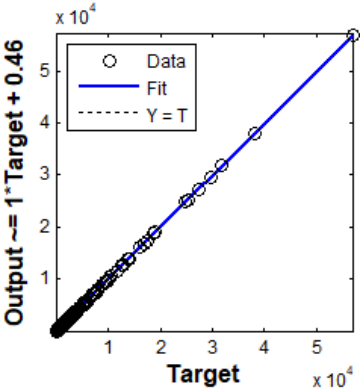
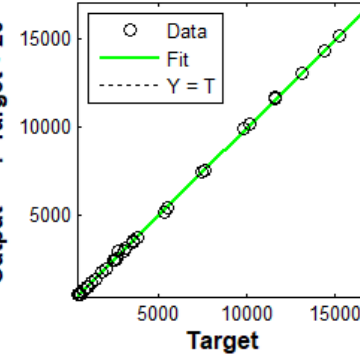
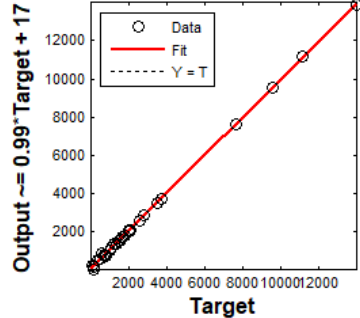


Figura 2. Modelo predictivo de RNA

Los resultados se muestran en la tabla 5, para V y C. Como se puede apreciar en ambos resultados, se ha considerado que una capa oculta es suficiente para representar el comportamiento de los objetivos.

Tabla 5. Resultado de entrenamiento para V y C.

V / C	MUESTRAS (% DATOS)
Entrenamiento: R=0.99997 	ENTRENAMIENTO 75 %
Validación: R=0.99987 	VALIDACIÓN 15 %
Prueba: R=0.9998 	PRUEBA 15 %

Estas cifras destacan la buena concordancia entre los valores calculados y medidos, y por lo tanto la eficacia de la RNA para modelar estos objetivos, simultáneamente. Se obtuvieron los mínimos valores de ECM para Entrenamiento, Validación y Prueba: 4.08470e-0, 5.91234e-0 y 1365.11795e-0, respectivamente.

4. Modelo de predicción de la RNA.

Después de verificar que los resultados del modelo son satisfactorios en las etapas de entrenamiento y aprendizaje, el modelo de RNA, está lista para los ejercicios de predicción. En esta etapa, se tomaron los datos de entrada de la BD, se compararon con los resultados

calculados por la RNA. Las figuras 3 y 4 muestran la comparación de los modelos predictivos para V y C, respectivamente.

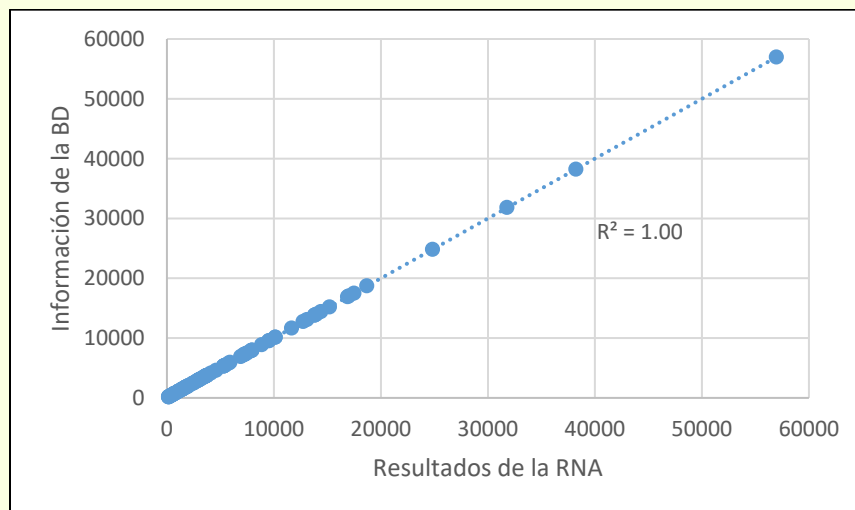


Figura 3. Modelo predictivo V

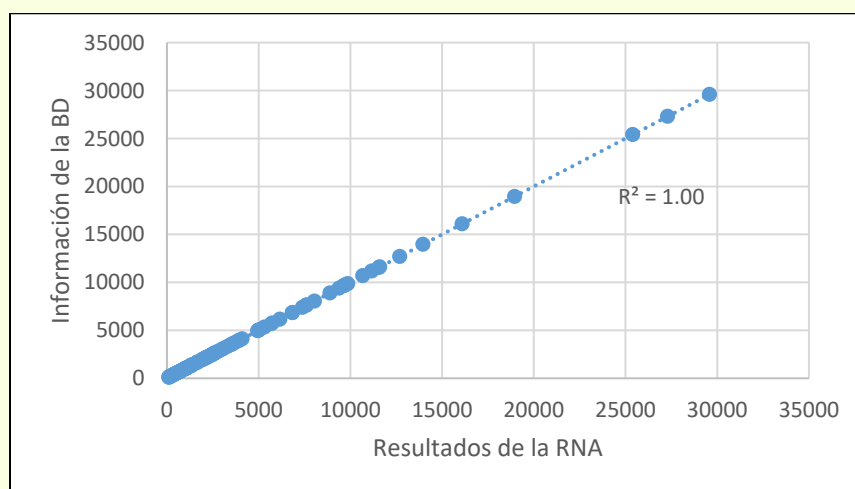


Figura 4. Modelo predictivo C

El error absoluto promedio de V, fue de 0.00000006 y de C fue 0.00000003, lo que representa un sesgo muy pequeño en ambos objetivos de salida.

Finalmente, en la medida que el ciclo de adquisición de datos continúe, se podrán robustecer los cálculos de la RNA, para una mayor precisión y eficiencia, a través de la Retroalimentación (Feedback) de la información en la conformación de una BD actualizado, de manera permanente.

CONCLUSIONES

En términos de la metodología aplicada, se logró crear una BD, con los datos de rangos de referencia considerados. Esta información forma parte de un legado de consulta para la empresa textil. Los resultados obtenidos con la RNA demostraron ser precisos, con una eficiencia superior al 99 % con el comportamiento de V y C. Los resultados del modelo con

objetivos simultáneos, permiten contar con una herramienta predictiva confiable, debido a su gran capacidad de interpolar y extrapolar en los valores de indicadores de entrada, obteniendo de inmediato resultados estimados de los comportamientos de para las salidas. Se demostró que la RNA es una herramienta viable y eficaz para la predicción, permitiendo a la empresa tomar decisiones estratégicas para tener el control en el mejor manejo de sus procesos y adaptarse proactivamente a las necesidades de la empresa textil. Los departamentos operativos, estarán en condiciones de recibir información con el mínimo de margen de error para alcanzar los objetivos deseados. Cabe mencionar que esta metodología, no limita el número de objetivos (o salidas), todo lo contrario, podrán añadirse en cualquier momento nuevos objetivos. forman un referente de soluciones para ayudar al responsable de la toma de decisiones a alcanzar el resultado deseado a partir de sus prioridades, preferencias o restricciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chattopadhyay, R., & Guha, A. (2003). Artificial neural networks: Applications to textiles. *Textile Progress*, 35(1). <https://doi.org/10.1080/00405160408688961>
- Chauhan, N., Yadav, N., & Arya, N. (2018). Applications of Artificial Neural Network in Textiles. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 7(4), 3134–3143. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.356>
- He, Z., Tran, K. P., Thomassey, S., Zeng, X., Xu, J., & Yi, C. (2022). Multi-objective optimization of the textile manufacturing process using deep-Q-network based multi-agent reinforcement learning. *Journal of Manufacturing Systems*, 62, 939–949. <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2021.03.017>
- Hiriyannaiah, S., Srinivas, A. M. D., Shetty, G. K., Siddesh, G. M., & Srinivasa, K. G. (2020). A computationally intelligent agent for detecting fake news using generative adversarial networks. *Hybrid Computational Intelligence: Challenges and Applications*, 69–96. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818699-2.00004-4>
- Naz, F., Kumar, A., Agrawal, R., Garza-Reyes, J. A., Majumdar, A., & Chokshi, H. (2024). Artificial intelligence as an enabler of quick and effective production repurposing: an exploratory review and future research propositions. *Production Planning and Control*, 35(16), 2154–2177. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2248947;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER>
- Ozek, A., Seckin, M., Demircioglu, P., & Bogrekci, I. (2025). Artificial Intelligence Driving Innovation in Textile Defect Detection. *Textiles* 2025, Vol. 5, Page 12, 5(2), 12. <https://doi.org/10.3390/TEXTILES5020012>
- Singh, P. K., & Sarkar, P. (2023). An artificial neural network tool to support the decision making of designers for environmentally conscious product development. *Expert Systems with Applications*, 212, 118679. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2022.118679>
- Wang, L. (2020). Design of neural network model and its application to coating performance prediction. *Journal of Physics: Conference Series*, 1648(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1648/2/022140>

3er CONGRESO INTERNACIONAL MULTIDISCIPLINARIO: SUSTENTABILIDAD Y DESARROLLO ALIMENTARIO

Desde México: el Cuerpo Académico de la Maestría en Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO); el Cuerpo Académico en Consolidación ITPAC-CA-3 del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Pachuca (ITP); la Universidad de Guadalajara Red Universitaria de Jalisco (UdeG); el Centro Universitario de la Ciénega a través del Cuerpo Académico CA-UDG-562 y la Federación Global de Profesiones A.C. (FGDP).

Desde Argentina: la Federación de Cooperativas Federadas Ltda. (FECOFÉ); la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ) a través del Programa de Gestión de la Tecnología y la Innovación en el Medio Socioproductivo.

CONVOCAN

A investigadores y docentes, a la comunidad estudiantil, a los especialistas en Innovación, Economía, Sustentabilidad, a los colaboradores en empresas privadas, gobierno municipal, estatal o federal, órganos no gubernamentales y a todos aquellos interesados en formar parte del desarrollo sustentable y alimentario de las naciones al:

3er Congreso Internacional Multidisciplinario: Sustentabilidad y Desarrollo Alimentario -InMuSDA 2026-

Objetivo del Congreso: Generar una participación activa en el desarrollo sustentable y la seguridad alimentaria a nivel global, compartiendo las experiencias obtenidas en la investigación científica y el emprendimiento dado en colaboración institucional, administración empresarial, la gestión pública y/o la sociedad en general.

El congreso se desarrollará los días 26 y 27 de febrero del 2026, con actividades virtuales y presenciales, siendo la **SEDE el Instituto Tecnológico de Pachuca**.

Actividades a desarrollar: Conferencias Magistrales, talleres y presentación de trabajos de investigación científica, proyectos empresariales y/o administrativos, la totalidad de los trabajos presentados durante el congreso podrán ser considerados para publicarlos a través de la FGDP. Los trabajos deberán estar orientados en la temática del congreso y se clasificarán en las siguientes mesas:

Mesa 1: Procesos Industriales

Mesa 2: Agronomía

Mesa 3: Sustentabilidad Ambiental

Mesa 4: Innovación

Recepción de los trabajos en extenso	Fecha inicial	Fecha final
	01 de octubre del 2025	15 de enero del 2026

En ningún caso y por ningún motivo se aceptarán trabajos después del 15 de enero del 2026.

Para conocer más sobre el congreso y para el registro de los trabajos ir a: <https://congresointernacional.com/InMuSDA/2026.html> y/o a través de los códigos QR abajo mostrados. Todos los trabajos registrados podrán participar en la modalidad de "ponencia" con una duración máxima de 10 minutos para desarrollar el tema y 5 minutos para preguntas y respuestas.

La totalidad de los trabajos que concluyan con el proceso de registro se enviarán a revisión por par ciego en el comité arbitral para su aprobación y posible recomendación para ser publicados. Los trabajos aceptados serán notificados por correo electrónico y se darán a conocer en la agenda general del congreso. La publicación podrá ser en la revista científica FEGLININ, ISSN 2594-2298 e indexada en Latindex y en Crossref (las publicaciones incluyen código DOI), o en la revista electrónica GoEL (las publicaciones no incluyen código DOI), la elección de la revista se encuentra a consideración de los autores por lo que se comparten a continuación ligas electrónicas de cada una de ellas para su valoración: <https://federacionglobal.com/FEGLININ.html>; <https://goelpro.com/>, los lineamientos que deben cumplir cada uno de los trabajos se encuentran publicados en la pág. web del congreso.

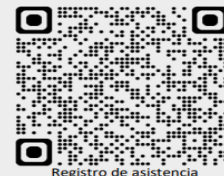
La asistencia al evento se podrá registrar a partir del 01 de octubre del 2025 hasta el 31 de enero del 2026.



Registro de ponencia

Donativo:		
Autores	Revista GoEL	Revista FEGLININ
Estudiante	\$900.00 por trabajo presentado	\$4,500.00 por trabajo presentado
Docente, Investigador, profesionista independiente.	\$1,200.00 por trabajo presentado	\$5,100.00 por trabajo presentado
ASISTENTE		
Estudiante	Acceso libre	
Público en general		

Notas:
1 el donativo está indicado en pesos mexicanos
2 de necesitarse una constancia de asistencia, tendrán un costo de \$350.00 y la deberá solicitar por correo electrónico el interesado.



Registro de asistencia

Los pagos se habrán de realizar en:

BBVA (Bancomer)
Titular de la cuenta: FEDERACIÓN GLOBAL DE PROFESIONES A.C.
Tipo de moneda: pesos mexicanos
Número de Cuenta: 0111752650
Cuenta Clabe: 012261001117526504
Código SWIFT: BCMRMXMPYM para transferencias internacionales.

Para mayores informes sobre el evento:

*ITP

Dra. Katia Lorena Avilés Coyoli
katia.ac@pachuca.tecnm.mx
Mtra. Norma López Pérez
norma.lp@pachuca.tecnm.mx
Dra. Rosa Irene Rojas Rauda
rosa.rr@pachuca.tecnm.mx
Dra. Elisa Monterrubio Cabrera
elisa.mc@pachuca.tecnm.mx

*ITO

Dra. María Eloísa de la Asunción
Gurruchaga Rodríguez
eloisa.gr@orizaba.tecnm.mx
Dr. Fernando Ortiz Flores

*FECOFÉ

Ing. Eduardo Aranzábal
eduardo.aranzabal@gmail.com

*UNAJ

Dr. Federico Walas Mateo
fwalas@unaj.edu.ar
Ing. Industrial Sonia Fretes
sonia.fretes7@gmail.com

*U de G

Dra. Ma. Soledad Castellanos Villarruel
ma.castellanos@academicos.udg.mx
Dr. Lucio Guzmán Mares
lucio.guzman@academicos.udg.mx

*FGDP

Mtro. Juan Pablo Díaz Moreno
congreso@federacionglobal.com
Para el seguimiento administrativo:
Lic. Sandra Patricia V. H.
Secretaría General FGDP Tel.
7221473150
administracion@federacionglobal.com

