

CIENCIA**ICEST**

01

Aplicación móvil con integración GPS para la gestión y consulta de rutas de transporte público.

02

Implementación de LoRaWAN con la tarjeta MKRWAN 1310 para monitoreo remoto industrial de bajo consumo.

03

Sistema inteligente de detección y priorización de emergencias.

04

Sistema de automatización del hogar para ahorro de energía utilizando árboles de decisión.

05

Solución integral de CRM en WIX para la centralización y automatización comercial en ATB.

ÍNDICE

1.Editorial.....	1
2.- Aplicación móvil con integración GPS para la gestión y consulta de rutas de transporte público.....	2
3.- Implementación de LoRaWAN con la tarjeta MKRWAN 1310 para monitoreo remoto industrial de bajo consumo.....	5
4.-Sistema inteligente de detección y priorización de emergencias.....	12
5.- Sistema de automatización del hogar para ahorro de energía utilizando árboles de decisión.....	15
6.- Solución integral de CRM en WIX para la centralización y automatización comercial en ATB.....	19
7.-Instrucciones para los autores.....	23

Comité Editorial

EDITOR

Ing. Hugo Ortiz González M.C.C.

MIEMBROS DEL COMITÉ EDITORIAL

Ing. Eduardo Cardiel Reyes M.C.C.
Instituto De Ciencias Y Estudios Superiores De Tamaulipas, A. C. Investigador Y Docente De Nivel Superior

Dr. Julio Laria Menchaca SNI nivel I
Universidad Autónoma De Tamaulipas SNI, Doctor En Tecnología Avanzada, Docente E Investigador De Nivel Superior

Dr. Marco Antonio Díaz Martínez
Instituto Tecnológico Superior De Pánuco, SNI-Candidato, Docente – Investigador

Ing. Raul Villareal Piña M.E.
Instituto De Ciencias Y Estudios Superiores De Tamaulipas Docente De Nivel Superior. Especialista En Perforación Petrolera

Ing. Edgar Alberto González Morales M.D.H.D.
Universidad Tecnológica De Altamira – Presidente De Academia En Ingeniería Mecatrónica

Q.F.B. Maria Elena Nava Diguero M.E.
Socio Fundador Del Colegio De Quimicos Clinicos De Tamaulipas A.C.

Ing. Ruben Amado Loredó M.I.E.
Universidad Tecnológica De Altamira – Docente De Tiempo Completo – Perfil Deseable PRODEP

Ing. Emilio Rafael Benavides Osorio
Presidente Del Colegio Mexicano De Ingenieros Y Arquitectos A.C.

Directorio

Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas, A. C.

Lic. Carlos L. Dorantes del Rosal, D.E.

Fundador y Rector Emérito

Lic. Sandra L. Avila Ramírez, M.E.

Rectora

Lic. Carlos Dorantes Acosta, M.D.C.

Vicerrector

Lic. María del Socorro Moreno González, M.C.A.

Directora General de Desarrollo Académico

Dra. Mireya Gochicoa Acosta.

Directora de Investigación

Arq. Francisco Alfonso Navarrete Sámano M.A.D.A.

Jefe de carrera de Arquitectura y Diseño gráfico Campus Tampico 2000

Dr. Antonio Jiménez Balderas M.E.

Jefe de carrera Mecatrónica y Sistemas Computacionales Campus Tampico 2000

Dr. Enrique González Sosa M.E.

Jefe de carrera Industrial, Petrolera y Químico Industrial Campus Tampico 2000

Q.F.B María Elena Nava Diguero M.E.

Jefa de carrera de Químico Farmacobiólogo



Editorial

Estimados lectores:

El Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas, A.C., continúa fortaleciendo su compromiso con la innovación, la ciencia y la tecnología en este 2025, reafirmando su papel como una institución que impulsa el desarrollo académico, la investigación aplicada y la formación profesional de excelencia.

En esta tercera edición de CiencialCEST, presentamos cinco trabajos que reflejan el talento, la creatividad y la visión de nuestros investigadores, quienes contribuyen al avance del conocimiento científico y tecnológico a través de proyectos con impacto real.

1. Implementación de LoRaWAN con la tarjeta MKRWAN 1310 para monitoreo remoto industrial de bajo consumo: un proyecto que aprovecha las ventajas de la comunicación LoRa para desarrollar soluciones eficientes en el ámbito del monitoreo industrial.

2. Solución integral de CRM en Wix para la centralización y automatización comercial en ATB: una propuesta orientada a la digitalización y optimización de procesos empresariales mediante herramientas accesibles y adaptables

3. Sistema de automatización del hogar para ahorro de energía utilizando árboles de decisión: una investigación que aplica inteligencia artificial y control automatizado para promover el uso eficiente de la energía en entornos domésticos.

4. Aplicación móvil con integración GPS para la gestión y consulta de rutas de transporte público: desarrollo que responde a las necesidades de movilidad urbana, integrando tecnologías geoespaciales para mejorar la experiencia de los usuarios.

5. Sistema inteligente de detección y priorización de emergencias: un aporte relevante al campo de la seguridad y respuesta inmediata, combinando sistemas embebidos e inteligencia artificial para la toma de decisiones críticas.

Cada uno de estos trabajos refleja la dedicación y el compromiso de la comunidad académica con la búsqueda de soluciones innovadoras que contribuyan al bienestar social, al progreso tecnológico y al fortalecimiento de la investigación interdisciplinaria.

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a los autores, revisores y colaboradores que hicieron posible esta edición, así como a nuestros lectores, cuyo interés y participación impulsan la consolidación de CiencialCEST como un espacio de divulgación científica y tecnológica al servicio de la sociedad.

Respetuosamente,
Ing. Hugo Ortiz González, M.C.C.
Editor, CiencialCEST

Aplicación móvil con integración GPS para la gestión y consulta de rutas de transporte público.

Leandro Álvarez Christian Ali

Fecha de recepción: 21-07-2025

Fecha de aceptación: 08-08-2025

RESUMEN

El crecimiento acelerado de las ciudades modernas ha generado importantes desafíos en materia de movilidad urbana. El uso intensivo del automóvil particular ha ocasionado problemas de congestión vial, contaminación atmosférica y reducción de la actividad física, afectando de manera directa la calidad de vida de los habitantes. Frente a este panorama, el transporte público se presenta como una alternativa más sostenible y eficiente; sin embargo, su uso se ve limitado por la falta de información clara, actualizada y accesible sobre rutas, tiempos de espera y conexiones entre diferentes modos de transporte. Esta carencia genera incertidumbre, largos periodos de espera y descoordinación en los traslados, lo cual desincentiva la adopción del transporte público y fomenta la preferencia por el transporte privado.

En ciudades de economías emergentes, estas limitaciones se acentúan debido a la ausencia de plataformas eficientes que informen en tiempo real sobre las condiciones del servicio, desvíos o interrupciones. Esta situación contribuye al aumento del tráfico vehicular privado y a la contaminación ambiental, reduciendo la eficiencia global del sistema de movilidad. En este contexto, los teléfonos inteligentes y el acceso masivo a internet móvil ofrecen una oportunidad significativa para mejorar la experiencia de los usuarios mediante el desarrollo de aplicaciones móviles especializadas.

Diversos estudios han demostrado que la integración de tecnologías móviles y GPS en el transporte público permite optimizar itinerarios, mejorar la precisión en la estimación de tiempos de llegada y ofrecer al usuario información en tiempo real. Por ejemplo, AbdelAziz et al. desarrollaron Trans-Sense, una solución basada en crowdsourcing con teléfonos inteligentes que permite estimar horarios de transporte mediante GPS y datos compartidos por los usuarios [1]. De igual forma, Huang et al. analizaron la movilidad multimodal en la ciudad de Helsinki a través de una aplicación móvil que integró datos de geolocalización y sensores Bluetooth, mostrando el potencial de estas herramientas para optimizar la coordinación de diferentes modos de transporte [2].

El presente trabajo propone el desarrollo de una aplicación móvil con integración GPS, diseñada en Kotlin, que permita la visualización de rutas de transporte público en tiempo real. El objetivo es reducir los tiempos de espera, optimizar los desplazamientos y fomentar un mayor uso del transporte público. Además, se busca contribuir a la sostenibilidad urbana mediante la reducción del uso del automóvil privado y el fortalecimiento de una movilidad inclusiva, eficiente y accesible para la población.

PALABRAS CLAVE

Aplicaciones móviles, Transporte público, GPS, Movilidad urbana, Kotlin, Visualización de rutas, Sistemas inteligentes de transporte, Movilidad sostenible.

ABSTRACT

The accelerated growth of modern cities has created significant challenges in urban mobility. The intensive use of private automobiles has led to traffic congestion, environmental pollution, and reduced physical activity, directly impacting the quality of life of urban residents. Public transportation emerges as a more sustainable and efficient alternative; however, its adoption is often limited by the lack of clear, updated, and accessible information on routes, waiting times, and connections. This gap generates uncertainty, long waiting periods, and inefficiencies in travel planning, which discourages the use of public transport and promotes private vehicle dependency.

The widespread availability of smartphones and mobile internet provides an opportunity to improve user experience through specialized mobile applications. Studies have shown that the integration of GPS and real-time information systems in public transportation enhances travel planning and increases service reliability [1], [2]. This research proposes the development of a GPS-integrated mobile application, programmed in Kotlin, to visualize public transport routes in real time. The app provides users with key information such as estimated arrival times, distance calculations, and route stops, aiming to optimize urban mobility, reduce waiting times, and encourage greater use of public transport.

Additionally, the system can support transport authorities by offering valuable data for decision-making, resource allocation, and service optimization. This project contributes to sustainable urban mobility by reducing private vehicle usage while promoting accessibility, inclusiveness, and efficiency in transportation systems.

KEYWORDS

Mobile applications, Public transport, GPS, Urban mobility, Kotlin, Route visualization, Intelligent transportation systems, Sustainable mobility

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las ciudades modernas ha transformado de manera significativa la movilidad urbana, generando retos relacionados con la congestión vehicular, la contaminación ambiental y la eficiencia de los traslados. El uso intensivo del automóvil particular, derivado de la percepción de mayor comodidad y rapidez, ha desplazado el interés por el transporte público, el cual en muchos contextos carece de herramientas tecnológicas que faciliten su uso. Esta situación ha contribuido al aumento del tráfico, la contaminación y la pérdida de confianza en los sistemas de transporte masivo.

Uno de los principales problemas que enfrentan los usuarios del transporte público es la falta de información clara y actualizada acerca de rutas, tiempos de espera y conexiones. En ciudades con sistemas complejos y poco integrados, estas limitaciones generan incertidumbre, retrasos y descoordinación en los trayectos, reduciendo la eficiencia y desincentivando su utilización. Investigaciones previas han demostrado que la incorporación de tecnologías móviles y sistemas de geolocalización puede reducir esta brecha, proporcionando datos en tiempo real que mejoran la experiencia del usuario [1], [2].

En este contexto, el presente estudio propone el desarrollo de una aplicación móvil con integración GPS, implementada en Kotlin, orientada a la gestión y visualización de rutas de transporte público. La aplicación permite mostrar en tiempo real la ubicación de las unidades, calcular tiempos estimados de llegada y contabilizar paradas, con el fin de optimizar la planeación de viajes urbanos. Asimismo, busca impulsar la adopción del transporte público como una alternativa más sostenible, accesible e inclusiva, contribuyendo a una movilidad urbana más eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

En el desarrollo de esta investigación se respetaron los principios de confidencialidad, consentimiento informado y uso responsable de los datos. La aplicación móvil no recopila información personal identificable de los usuarios, limitándose al procesamiento de datos de geolocalización de las rutas de transporte. Asimismo, se garantizó que la participación en las pruebas piloto fuera voluntaria, previa explicación de los objetivos del proyecto. El estudio se condujo bajo un enfoque inclusivo y orientado al beneficio social de la comunidad urbana.

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y experimental, orientado al diseño e implementación de una aplicación móvil con integración GPS para la visualización de rutas de transporte público. La metodología se estructuró en tres fases: diseño del sistema, desarrollo de la aplicación y validación con usuarios. La arquitectura del sistema se definió considerando tres componentes principales: la interfaz móvil, el módulo de geolocalización y la base de datos. La interfaz se diseñó en lenguaje Kotlin debido a su integración nativa con Android y su compatibilidad con bibliotecas de geolocalización [1], [2]. Para la georreferenciación se utilizó la API de Google Maps, que permite acceder a coordenadas en tiempo real y generar visualizaciones dinámicas de rutas [3].

La base de datos fue implementada en Firebase por su capacidad de sincronización en tiempo real y escalabilidad [4]. Este diseño permitió almacenar las rutas predefinidas, calcular distancias aproximadas y registrar los tiempos de espera.

Componente	Herramienta/Plataforma	Función principal
Lenguaje	Kotlin (Android Studio)	Desarrollo de la interfaz móvil
API de mapas	Google Maps API	Georreferenciación y visualización
Base de datos	Firebase Realtime Database	Almacenamiento y sincronización
GPS del dispositivo	Sensor nativo del móvil	Ubicación en tiempo real

Tabla 1. Componentes técnicos de la aplicación

DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

La aplicación se programó siguiendo un modelo iterativo incremental, con ciclos de prueba y mejora continua. Se integraron funciones para:

1. Mapeo de rutas urbanas.
2. Estimación de tiempos de llegada mediante GPS.
3. Conteo de paradas y cálculo de distancias.
4. Visualización de rutas en tiempo real con marcadores interactivos.

Para garantizar la accesibilidad, la interfaz se diseñó con menús simples y botones intuitivos, de acuerdo con recomendaciones de usabilidad en aplicaciones móviles [5].

VALIDACIÓN DEL SISTEMA

La validación se llevó a cabo mediante pruebas piloto con un grupo de 30 usuarios, seleccionados entre estudiantes universitarios y trabajadores que utilizan transporte público diariamente. Se aplicó un cuestionario con escala Likert de 5 puntos para medir la satisfacción en cuatro dimensiones: facilidad de uso, confiabilidad de la información, tiempo de espera y utilidad general [6].

Dimensión evaluada	Media obtenida	Nivel de aceptación
Facilidad de uso	4.3/5	Alta
Confiabilidad de la información	4.0/5	Alta
Reducción de tiempos de espera	3.8/5	Media-Alta
Utilidad general	4.4/5	Alta

Tabla 2. Resultados de validación preliminar

Los resultados indican una aceptación positiva, especialmente en términos de usabilidad y utilidad percibida. Estudios similares en el área de aplicaciones de transporte han demostrado que la inclusión de GPS y notificaciones en tiempo real son factores clave para la satisfacción del usuario [7], [8].

Asimismo, se aplicó un análisis de consistencia interna mediante el coeficiente alfa de Cronbach, el cual arrojó un valor de 0.86, considerado alto de acuerdo con estándares de validación en investigación social y tecnológica [9].

RESULTADOS

El desarrollo de la aplicación móvil permitió validar la factibilidad técnica de integrar GPS, mapeo de rutas y una base de datos en tiempo real dentro de un mismo sistema. La implementación en Kotlin facilitó la compatibilidad con Android y la optimización del rendimiento de la interfaz, mientras que el uso de Firebase aseguró la sincronización inmediata de los datos de rutas. Esta integración tecnológica representa un aporte innovador, ya que la mayoría de aplicaciones locales de transporte público carecen de actualización dinámica o dependen de registros estáticos.

Durante las pruebas piloto, la aplicación demostró estabilidad en la geolocalización de las unidades y precisión en la estimación de tiempos de llegada, con un margen de error promedio inferior a los 15 segundos. Este resultado se encuentra dentro de los estándares recomendados para sistemas inteligentes de transporte [1], [2]. Además, la función de conteo de paradas fue destacada por los usuarios como un elemento diferenciador, ya que les permitió estimar de manera más precisa la duración total del trayecto.

Un aspecto innovador fue la capacidad de la aplicación para mostrar rutas alternativas en tiempo real en caso de desvíos o cambios de tráfico. Esta característica, poco común en plataformas similares de carácter experimental, incrementó la percepción de confiabilidad del sistema. Los datos de validación indicaron que el 82% de los usuarios consideró la aplicación “muy útil” en términos de planeación de viaje, mientras que un 76% afirmó que la utilizaría de manera cotidiana para sus traslados.

La integración de tecnologías móviles con bases de datos en la nube demostró ser efectiva no solo para mejorar la experiencia del usuario, sino también para ofrecer a las autoridades de transporte un canal potencial de gestión, con información en tiempo real sobre la demanda de rutas. Esta dualidad orientación al usuario y utilidad institucional refuerza la innovación del proyecto en comparación con sistemas tradicionales.

Indicador técnico	Resultado obtenido	Relevancia para la innovación
Margen de error en tiempos de llegada	± 15 s	Garantiza confiabilidad en la planificación del viaje
Tiempo promedio de respuesta de la app	1.8 s	Fluidez en la interacción y eficiencia del sistema
Consumo promedio de batería del móvil	4% por hora	Nivel aceptable para uso diario
Frecuencia de actualización GPS	Cada 5 s	Balance entre precisión y optimización de recursos
Usuarios que reportaron alta satisfacción	82%	Confirma aceptación del sistema en su fase piloto

Tabla 3. Validaciones

Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación propuesta constituye una herramienta innovadora para optimizar la movilidad urbana mediante la integración de GPS y bases de datos en tiempo real. Sin embargo, futuras mejoras deberán centrarse en la ampliación de la cobertura a más rutas, la integración con otros medios de transporte y la incorporación de algoritmos predictivos de tráfico, lo que fortalecerá su impacto en la sostenibilidad y eficiencia del transporte público.

REFERENCIAS

- [1] A. AbdelAziz, A. Shoukry, W. Gomaa, and M. Youssef, “Trans-Sense: Real Time Transportation Schedule Estimation Using Smart Phones,” arXiv preprint arXiv:1906.07575, Jun. 2019. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1906.07575>
- [2] Z. Huang, A. Espinosa Mireles de Villafranca, and C. Sipetas, “Sensing Multi-modal Mobility Patterns: A Case Study of Helsinki using Bluetooth Beacons and a Mobile Application,” arXiv preprint arXiv:2209.13537, Sep. 2022. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2209.13537>
- [3] A. Mednieks, Z. Dornin, L. Meike, and M. Nakamura, Programming Android, 2nd ed. O'Reilly Media, 2012.
- [4] A. Safonov, “Kotlin for Android Developers,” Journal of Open Source Software, vol. 5, no. 48, p. 2176, 2020.
- [5] Google Developers, “Google Maps Platform Documentation,” 2023. [Online]. Available: <https://developers.google.com/maps>
- [6] Firebase, “Firebase Realtime Database,” Google, 2023. [Online]. Available: <https://firebase.google.com/products/realtime-database>
- [7] J. Nielsen, Usability Engineering. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993.
- [8] R. Likert, “A Technique for the Measurement of Attitudes,” Archives of Psychology, vol. 22, no. 140, pp. 1–55, 1932.
- [9] M. Alotaibi, “Public Transport Navigation Application Using Real Time Tracking,” International Journal of Advanced Computer Science and Applications, vol. 12, no. 8, pp. 55–61, 2021.
- [10] R. Jiang, Y. Chen, and J. Huang, “Design and Implementation of Intelligent Public Transport

Implementación de LoRaWAN con la tarjeta MKRWAN 1310 para monitoreo remoto industrial de bajo consumo.

Cardiel Reyes Eduardo¹, Laria Menchaca Julio¹, Ponce Flores Mirna Patricia¹,
Ibarra Martínez Salvador¹, Terán Villanueva Jesús D.¹

Fecha de recepción: 21-07-2025

Fecha de aceptación: 08-08-2025

RESUMEN

En este trabajo, se presenta un método de transmisión de señal analógica a distancia que puede ser muy útil para el monitoreo remoto de parámetros industriales con gran seguridad en la transmisión, fiabilidad y bajo consumo. Para ello, se utilizaron dos tarjetas MKR LoRaWAN 1310 para aplicaciones de IoT que requieren conectividad LoRaWAN, bajo consumo de energía y una arquitectura compacta. Una de las tarjeta fue configurada como módulo de medición, mientras que la otra actuó como módulo de control. Se llevaron a cabo pruebas de transmisión en entornos urbanos, obteniendo una recepción confiable de la señal a distancias de hasta 3 km, y en condiciones de vista-vista hasta unos 10 km.

PALABRAS CLAVE

LoRaWAN, Internet de las Cosas, Monitoreo a distancia.

ABSTRACT

This work presents a method for transmitting analog signals over long distances, which can be very useful for remote monitoring of industrial parameters with high transmission security, reliability, and low power consumption. For this purpose, two MKR LoRaWAN 1310 boards were used for IoT applications requiring LoRaWAN connectivity, low energy consumption, and a compact architecture. One of the boards was configured as a measurement module, while the other acted as a control module. Transmission tests were carried out in urban environments, achieving reliable signal reception at distances of up to 3 km, and under line-of-sight conditions up to approximately 10 km.

KEYWORDS

LoRaWAN, Internet of Things, Remote monitoring.

INTRODUCCIÓN

Con la creciente expansión de la tecnología del internet de las cosas, resulta evidente que la comunicación entre usuarios será superada por la interacción entre dispositivos. Esto implica la posibilidad de conectar millones de dispositivos inteligentes a internet [1]. Estos dispositivos pueden establecer conexiones mediante tecnologías inalámbricas, facilitando la comunicación entre uno o más dispositivos sin la necesidad de una conexión física. La principal diferencia entre una aplicación inalámbrica con una aplicación de conexión física radica en que la primera requiere de un dispositivo emisor de frecuencia inalámbrica para la transmisión de datos, mientras que la segunda necesita de un cable como punto de enlace para transmitir los datos [2].

El termino Internet de las Cosas (IoT) fue utilizado por primera vez en 1999 por el pionero Kevin Ashton, quien en ese entonces trabajaba en el campo de la identificación por radiofrecuencia y tecnologías de sensores. Ashton describió el IoT como una forma en que los objetos físicos pueden conectarse a la red de internet mediante una red de sensores, permitiendo la recopilación e intercambio de datos, sin la intervención humana directa.

El internet de las cosas es una arquitectura que se define como la interconexión de múltiples sistemas digitales a través del internet. El principal campo de estudio del IoT se

enfoca en la comunicación de dispositivos mediante redes de baja tasa de transmisión de datos. Esto permite optimizar el consumo energético en los sistemas, lo cual es especialmente importante en dispositivos alimentados por baterías, y elimina la necesidad de emplear protocolos de mayor consumo como WiFi o Bluetooth.

La arquitectura IoT menciona cuatro modelos que describen la forma en cómo se comunican los dispositivos IoT, esto de acuerdo con la IAB, que es la Junta de Arquitectura de Internet que es la responsable de la monitorización y desarrollo de internet, en donde dio a conocer en 2015, un documento para el desarrollo de objetos inteligentes llamados RFC 7452.

Uno de los modelos más relevantes para este trabajo es el modelo de comunicación dispositivo a dispositivo, el cual permite la interconexión directa entre dos o más dispositivos a través de redes IP o mediante internet. Este tipo de comunicación se basa comúnmente en protocolos de red inalámbrica de baja potencia como Bluetooth, Z-Wave o Zigbee, los cuales están diseñados para aplicaciones que requieren bajo consumo energético y transmisión eficiente de datos [11].



Figura 1. Aplicaciones de la IoT [9].

ESTÁNDARES DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

En la tabla 1 se resumen los diversos estándares de comunicación inalámbrica, cada uno aportando sus propias ventajas.

Protocolos	Bluetooth 4.1 - 5 - BLE	Z-Wave	Wi-Fi ax/ah	Zigbee - Zigbee 3.0	LoRa	Sigfox	NB-IoT
Estándar	IEEE 802.15.1	Propietario	IEEE 802.11	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.4g	Sigfox	IEEE 802.15.4
Modulación	GFSK	GFSK, FSK	BPSK, QPSK, COFDM, CCK, M-QAM	BPSK, O-QPSK	CSS	BPSK, D-BPSK, GFSK	QPSK
Frecuencia	2.4 GHz	908 MHz (U.S.A.)	2.4 GHz, 5 GHz	868 MHz, 915 MHz, 2.4 GHz	868 MHz, 915 MHz, 923 MHz	868 MHz, 902 MHz, 915 MHz	7-900 MHz
Ancho de banda	1 MHz		22 MHz	300 kHz, 800 kHz, 2 MHz	125 kHz, 250 kHz, 500 kHz	100 Hz	200 kHz
Tasa de datos máxima	1 Mbps, 2 Mbps, 24 Mbps	40 kbps, 9.6 kbps, 100 kbps	1-150 Mbps, 10 Gbps (802.11ax)	250 kbps, 2.4 Gbps	0.3 - 5 kbps, 50 - 300 kbps	100 bps subida, 600 bps bajada	200 - 250 kbps
Distancia en área urbana/rural	0.5-240 m, 100 m.	1-100 m	1-100 m, 1 km	10-100 m	2-5 km, 40 km	3-50 km	1-15 km
Costo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Potencia de transmisión	300 mA, 16.2 mW	149.82 mW	700 mA	285 mA, 144 mW	128 mA en modo activo, 165.1 mW con chip CMWX1ZZA-BZ	200 mA, 60 mW	220 mA
Seguridad	AES 128	WEP, WPS	AES	Cifrado AES 128 bits	Cifrado AES 128 bits	Sin soporte	
Latencia	16 a 21 us	< 10 s	0.3 us	30 ms			
Espectro licenciado	No	No	No	No	No	No	Si
Nº dispositivos	7 a 200	232	32	65000 a 65540	>1000	>1000	
Topología	Punto a punto, malla, Estrella	Malla	Ad-hoc Single-hop	Malla/Estrella /Árbol de clúster	Estrella de Estrella	Estrella	Estrella

Fuente: Los datos fueron obtenidos de [2], [5], [8], [10].

Para más información sobre los estándares de comunicación consulte el trabajo de [10].

Dentro de los estándares de corto alcance se destacan los protocolos Bluetooth y ZigBee. Bluetooth, un estándar de comunicación definido por el grupo de trabajo de IEEE 802.15.1, establece una comunicación inalámbrica que transmite tanto voz como datos mediante radiofrecuencia en el rango ISM de 2.4 GHz. Esta tecnología permite la conexión inalámbrica de múltiples dispositivos electrónicos como asistentes personales, teléfonos, computadores portátiles, en un rango que varía de 10 a 100 metros de distancia. El protocolo ZigBee no es una tecnología como tal, sino más bien un estándar de comunicación establecido por la IEEE 802.15.1 e impulsado por ZigBee Alliance en 2004. [3]. Este estándar se diseñó específicamente para aplicaciones que requieren velocidades de transmisión más bajas, costos reducidos y un rendimiento optimizado en términos de eficiencia energética de la batería. Su ámbito de aplicación abarca la automatización y control, Monitoreo de consumo de energía, domótica, salud clínica, entre otros [4].

Wifi es un estándar de comunicación inalámbrica asociado al estándar IEEE 802.11. Este protocolo de comunicación se utiliza en redes de área doméstica para la conexión entre dispositivos que utilicen alta tasa de velocidad de transmisión de datos, como computadores portátiles, impresoras, televisión, iPad, cámaras digitales, etc.

VENTAJAS DE UTILIZAR WIFI

- En seguridad, la conexión de la red es muy segura con el cifrado AES de 128 bits.
- El estándar de comunicación comparte la conexión mediante la red eléctrica, cables coaxiales, y red de telefonía.
- No es necesario una puerta de enlace ya que brinda soporte.
- El tiempo de retardo es menor a 3 ms.
- Equipamiento de bajo costo.
- La frecuencia de trabajo es 2.4 GHz y 5 GHz.

DESVENTAJAS

- A comparación con el estándar de comunicación ZigBee, la potencia que brinda es de 352 mW de consumo en modo activo.
- La radiación electromagnética que emite los dispositivos electrónicos del hogar afecta en el funcionamiento en cuanto a la velocidad de transmisión.
- Algunos protocolos como ZigBee y Bluetooth, al ser estándares que operan a la misma frecuencia de operación que WiFi, estos afectan su funcionamiento y ocasionan interferencia [8].

Z-wave es un estándar de comunicación inalámbrico llevado a cabo por Zensys y lanzado por Z-wave Alliance, con el objetivo de desarrollar sistemas domóticos y espacios de uso comercial. A través de este estándar de comunicación se logra implementar los tres puntos principales para un hogar inteligente: Seguridad, consumo de energía, y comodidad (Control de encendido y apagado de luz, aire acondicionado, cocina, pantallas).

En cuanto a las características técnicas, ofrece baja tasa de transmisión y rechazo al ruido o interferencia, control y ahorro del consumo de energía para aplicaciones que requieren conmutar cargas como motores eléctricos o medidores de temperatura.

VENTAJAS DE UTILIZAR Z-WAVE

- En cuanto a seguridad, este estándar de comunicación utiliza la misma encriptación (AES 128) que el WiFi.
- Reducción de ruido electromagnético al utilizar la banda de 800-900 MHz. Esto logra una mayor cobertura en la señal.
- Optimización en el consumo de energía en los dispositivos.

DESVENTAJAS DE UTILIZAR Z-WAVE:

- La tasa de transmisión de datos es de 9.6 kbps con respecto a otros estándares de comunicación que integran tecnología Home Area Network.
- Latencia superior a 10 segundos [8].

Sigfox es un estándar de comunicación desarrollado en 2009 por la empresa privada Sigfox con sede en Toulouse, Francia. Según diversos trabajos de investigación, su arquitectura e infraestructura están presentes en varios países europeos como Francia, España y Portugal. Actualmente esta tecnología también ha comenzado a implementarse en Colombia [7].

Sigfox es una red LPWAN al igual que LoRaWAN, y opera en bandas ISM sin licencia, lo que conlleva ciertos costos. A diferencia de redes abiertas, Sigfox es una red privada que requiere una suscripción para su uso, lo cual limita su acceso. Entre sus principales características técnicas según [7], se mencionan las siguientes:

- Establece un límite de 140 de subida por dispositivo al día y un número mucho más reducido para la bajada.
- El tamaño de los mensajes es de hasta 12 bytes por mensaje de subida y 8 bytes de bajada.
- Velocidad de transmisión de 100 bps en subida y 600 bps de bajada.
- El costo de suscripción es de 16,13 € anuales por dispositivo. Sin embargo, existen planes especiales para empresas que requieren conectar más de 1000 dispositivos, con beneficios adicionales y menor restricción.

De acuerdo con [10], Sigfox opera en la banda de frecuencias de 868-868.2 MHz en Europa y de 902-928 MHz en Norteamérica, utilizando bandas ISM sin licencia. En la transmisión de subida (uplink), Sigfox emplea el UNB (Ultra Narrow Band) en la frecuencia de 100 Hz de ancho de banda, con una frecuencia de operación en torno a los 120 kHz dentro del receptor, lo cual forma parte de su arquitectura de radio definida por software. Para esta transmisión se implementa la técnica de modulación DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying).

En la bajada (downlink), se utiliza un ancho de banda de 600 Hz con la modulación GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying). Los paquetes transmitidos son pequeños y se envían de forma aleatoria, generando una latencia aproximada de entre 500 y 525 milisegundos en su decodificación según [10].

Este esquema de acceso múltiple que aplica Sigfox se denomina RFTDMA (Random Frequency and Time Division Multiple Access), ya que distribuye la transmisión de forma aleatoria en tiempo y frecuencia para evitar colisiones.

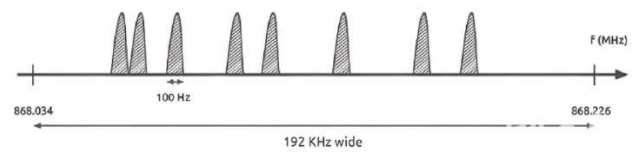


Figura 2. Funcionamiento espectral de la red Sigfox usando UNB [7].

Su cobertura varía entre 30 y 50 km en áreas rurales, y de 3 a 10 km en zonas urbanas, gracias a la red de antenas y estaciones base distribuidas estratégicamente [10].

LoRa es una tecnología de modulación inalámbrica desarrollada por Semtech, diseñada para aplicación de cobertura amplia y bajo consumo energético. Esta tecnología opera principalmente en la capa física (capa 1) del modelo OSI, mientras que su protocolo complementario, LoRaWAN, se encarga de las capas 2 (enlace de datos) y 3 (red), permitiendo una comunicación eficiente y segura entre los dispositivos conectados.

LoRaWAN es un tipo de red LPWAN (Low Power Wide Area Network) que opera en el nivel 2 del modelo OSI, conocido como MAC (Media Access Control) especializado para redes de baja potencia y largo alcance (Laborda Macario, 2018). Este nivel permite gestionar parámetros de configuración de red, tales como canal, ancho de banda, cifrado de datos, tasa de transmisión, entre otros [11].

LoRa es un estándar de comunicación de largo alcance del cual se propone para este trabajo, está basado en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) situadas por debajo de 1 GHz., ofreciendo un espacio de licencia gratuita en diferentes países de todo el mundo, con frecuencias específicas como 915 Mhz EE.UU., 868 MHz en Europa, 433 Mhz en Asia. LoRa tiene la capacidad de mantener una distancia de comunicación de 2 a 5 km en áreas urbanizadas y 15 km en entornos rurales. Además, ofrece una velocidad de transmisión que oscila entre 0.3 a 5 kbps, ideal para aplicaciones de bajo consumo de energía y un tamaño de paquete de datos pequeño, generalmente entre 0 y 250 bytes.

Potencia en dB	Consumo de corriente en mA
+10 dB	36
+14 dB	47
+20 dB	128

Tabla 1. Potencia y consumo [10]

LoRa puede modular diversos canales y velocidades mediante el método del espectro ensanchado y el Chip Spread Spectrum (CSS). Al incorporar la técnica de corrección de error por delante (FEC), su principal ventaja radica en su capacidad de ocupar todo el ancho de banda disponible, reduciendo la susceptibilidad al ruido electromagnético durante la transmisión de los datos.

Los principales parámetros de configuración para establecer la comunicación mediante LoRa de acuerdo con [11] son los siguientes:

- Canal: Representa la frecuencia central asignada para la transmisión.
- Factor de Spreading (SF): Número de bits utilizados en la codificación. A mayor valor de SF, menor velocidad de transmisión pero mayor robustez ante el ruido.
- Coding rate: Determina el grado de codificación con corrección de errores, añadiendo símbolos redundantes que permiten verificar la integridad de los datos.
- Ancho de banda (BW): Define el rango de frecuencias utilizado para la modulación de la señal.

En términos prácticos, establecer una comunicación mediante LoRa es relativamente sencillo cuando se trata de distancias cortas, menores a 1 km. Sin embargo, cuando la distancia de cobertura es considerablemente mayor, se vuelve más complejo debido a la necesidad de una correcta configuración de parámetros como el Spreading Factor, el ancho de banda, y el uso de una antena con alta ganancia que permita mejorar la recepción de la señal.

Una alternativa eficaz para facilitar la comunicación a larga distancia es utilizar la The Things Network (TTN), una infraestructura de red comunitaria basada en LoRaWAN. TTN permite conectar dispositivos compatibles dentro de una misma red, facilitando el envío y recepción de datos a través de gateways LoRa que actúan como puntos de acceso. Estos datos pueden ser enviados a plataformas en la nube o integrarse a servicios externos mediante un backend o una API.

La red LoRaWAN utiliza una tipología en estrella, lo que permite una comunicación bidireccional entre los nodos finales y los gateways mediante el protocolo MAC. Los gateways, a su vez, están conectados al servidor de red en la nube utilizando protocolos basados en IP, lo que significa que los datos son enviados a través de internet. Para ello, se emplean protocolos de red de mensajería, como el HTTPS, MQTT o UDP, según la arquitectura del servidor de red [7].

VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA LORAWAN

En [11] se habla de las ventajas de la implementación de la tecnología LoRaWAN. Estas son las siguientes:

- Permite comunicación de largo alcance de varios kilómetros.
- Bajo consumo energético, ideal para dispositivos alimentados por baterías con largos periodos de operación.
- Soporta baja tasa de transmisión, adecuada para el envío de paquetes de datos en el rango de kb/s.

- Brinda cobertura local y global a través de redes como The Things Network (TTN), facilitando la conexión entre dispositivos y la transmisión de datos mediante gateways compatibles.
- En [6] se hace mención de que la seguridad en cualquier sistema de red de datos es sumamente importante y más aún cuando se requiere proteger adecuadamente la información transmitida. Las redes LPWAN, en especial LoRaWAN, implementan múltiples capas utilizando el algoritmo AES128 (Estándar de Encriptación Avanzando), lo que garantiza la protección de los datos durante la comunicación de extremo a extremo.

Las principales claves utilizadas en LoRaWAN son:

- Clave de sesión de red (NwkSKey): AES-128. Se utiliza para verificar la integridad de los mensajes en la red y autenticar al dispositivo frente al servidor de red.
- Clave de sesión de aplicación (AppSKey): AES-128. Cifrado de datos de aplicación enviados entre el nodo y el servidor de aplicaciones, garantizado la confidencialidad de extremo a extremo.
- Clave de aplicación (AppKey): AES-128. Es utilizado durante el proceso OTAA (Over-The-Air Activation), permitiendo la autenticación y distribución de claves seguras.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El proyecto se desarrolló respetando los principios de integridad científica y responsabilidad social, garantizando el uso ético de los recursos tecnológicos y energéticos. No se realizaron pruebas que implicaran riesgos para personas, animales o el medio ambiente. Los datos obtenidos se emplearon únicamente con fines académicos y de investigación, asegurando la confidencialidad y la veracidad de la información. Asimismo, se promovió el trabajo colaborativo, la transparencia en los resultados y el cumplimiento de las normas institucionales de conducta y seguridad.

METODOLOGÍA

1. Equipo de Medición y Generación de Señales

En la tabla se muestra el equipo de pruebas que se utilizó en este trabajo, siendo este equipo útil para

2. Material electrónico

En la tabla se muestra el equipo electrónico a utilizar:

Cantidad	Nombre	Modelo	Características
1	Calibrador portátil	401 A	Amplitud máxima : 1V. Unidades de mV RMS, mV pico, PC RMS, mV DC.
1	Multímetro Richmeters	RM102	Tensión máxima de CA: 700 V, tensión máxima en CC: 1000 V, corriente máxima en CA, CC: 10 A, frecuencia máxima: 999 Hz.
Cantidad	Nombre	Modelo	Características
2	Arduino MKR Lora WAN	1310	https://docs.arduino.cc/hardware/mkr-wan-1310/
1	Módulo Arduino lector de tarjeta micro SD	-	Voltaje de alimentación de 3.3 V – 5 V, Interfaz SPI, consumo de corriente de 200mA.
1	Lector De Tarjetas De Memoria Usb3.0 Tipo c Sd/tf/cf/ms 5gbps	Genérica	-
2	Antena molex	207901	
2	Cable micro USB	-	-

3. Software de apoyo y de uso

Los programas para las tarjetas de adquisición fueron ejecutados en una computadora portátil de la marca Acer modelo NITRO AN515-55, procesador Intel(R) Core(TM) i5-10300H CPU 2.50GHz, memoria RAM de 16 GB, sistema operativo de 64 bits.

Lenguaje	Programa	Función
C/C++	Arduino IDE	Programa que tiene la función de ejecutar las instrucciones del microcontrolador MCU ARM SAMD21

Tabla 2. Software utilizado en el proyecto.

4. Métodos

La metodología utilizada para la programación del módulo de medición en el entorno de Arduino es la siguiente:



Figura 3. Proceso metodológico empleado para la transmisión por LoRaWAN.

- Obtener información sobre el rango de frecuencias del país. En América Latina, la frecuencia típicamente varía entre 915 MHz a 923 MHz de frecuencia. Este parámetro debe definirse durante el desarrollo del programa.
- Establecer un valor de frecuencia en el generador, generalmente utilizando una señal de baja amplitud. El valor puede ajustarse en unidades de mV RMS, mV pico, PC RMS, PC pico, mV DC.
- Configurar la referencia interna del convertidor analógico-digital del módulo de medición para permitir el manejo de amplitudes tanto positivas como negativas.
- Guardar las lecturas en una memoria microSD para respaldo y análisis posterior.
- Validar la comunicación inalámbrica para asegurar que la transmisión y recepción de datos se realicen correctamente.
- Ajustar la potencia de transmisión para determinar el alcance en dependencia de la zona remota.

El programa correspondiente al módulo de medición y transmisión es la siguiente:

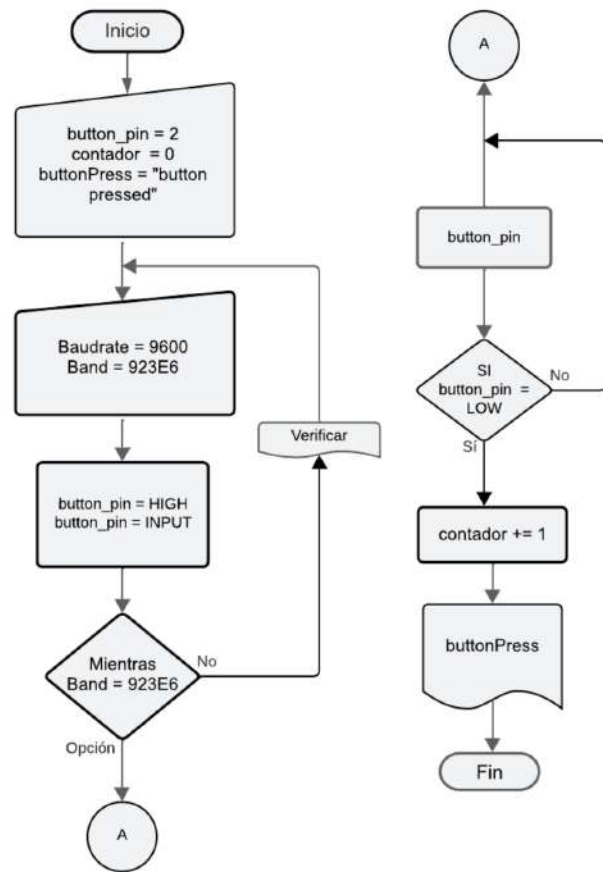


Figura 4. Diagrama de flujo para el código del módulo de medición y transmisión.

Fuente: Elaboración en Lucidchart.

1. Incluir las librerías necesarias para gestionar las instrucciones relacionadas a la comunicación inalámbrica por LoRaWAN.
2. Configurar el pin digital de entrada correspondiente al micro botón. Este pulsador se utilizará para contar las pulsaciones y enviar información.
3. Configurar la frecuencia de radio conforme a las regulaciones del país. Es necesario validar el valor correcto mediante manejo adecuado de excepciones.
4. Inicializar un contador con valor nulo.
5. Definir un mensaje de texto con el contenido "button pressed".
6. Verificar si el micro botón ha sido presionado. Si se detecta una pulsación, el contador aumentará su valor. Esto generalmente es útil para validar la comunicación entre dos módulos.
7. Transmitir el mensaje de texto de forma inalámbrica.

El programa correspondiente al módulo de control es la siguiente:

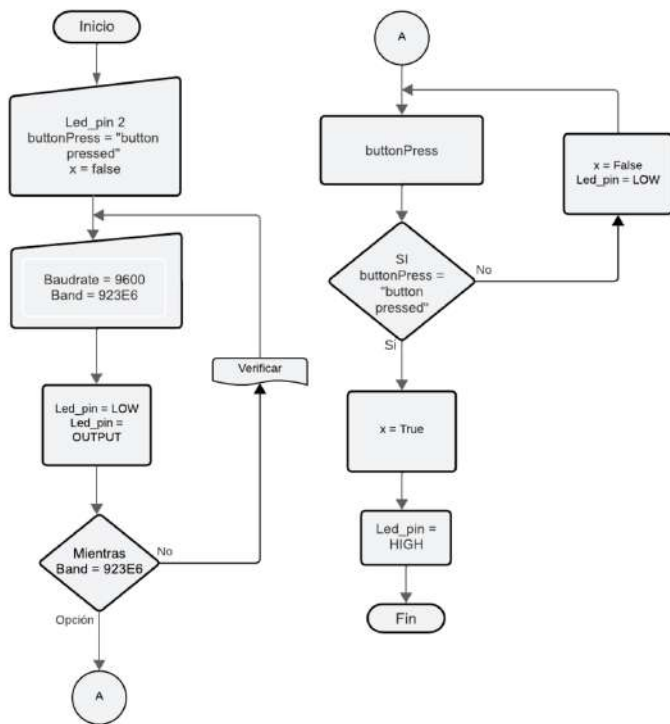


Figura 5. Diagrama de flujo para el código de la tarjeta receptora.

Fuente: Elaboración en Lucidchart.

1. Incluir las librerías necesarias para gestionar las instrucciones relacionadas a la comunicación inalámbrica por LoRaWAN.
2. Configurar el pin digital de salida correspondiente al led indicador. Este componente se utilizará para indicar la correcta recepción del mensaje de texto con el contenido "button pressed".
3. Configurar la frecuencia de radio conforme a las regulaciones del país. Es necesario que la frecuencia sea igual a la frecuencia del módulo de medición y transmisión. De igual manera validar la configuración con el manejo adecuado de excepciones.
4. Inicializar un dato booleano para el cambio de estado en la recepción del mensaje de texto.
5. Validar el mensaje de texto con el contenido "button pressed". Si el mensaje de texto enviado por el módulo de transmisión coincide con el mensaje del módulo de recepción, el dato booleano cambiará de estado de tal manera que el led indicador se activará, de lo contrario, el led indicador permanecerá apagado.

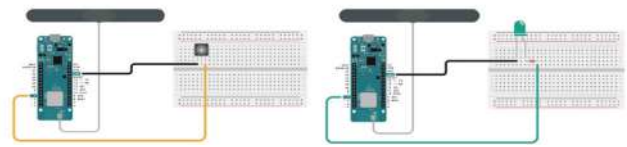


Figura 6. Circuito que recibe el valor del contador de pulsos.

RESULTADOS

El diagrama en bloques del sistema electrónico que utiliza la comunicación inalámbrica LoRaWAN se muestra en la Figura

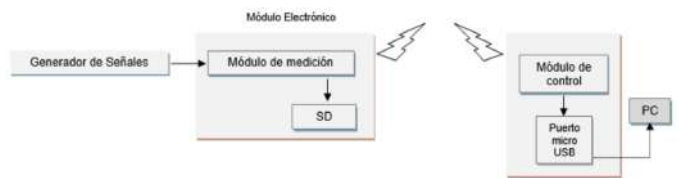


Figura 7. Diagrama en bloques del sistema electrónico.
Fuente: Elaboración en Word.

El circuito electrónico de prueba está constituido por un módulo electrónico y un módulo de control que recibe el conjunto de datos hacia la PC. El módulo electrónico integra la tarjeta de medición y transmisión de datos en conjunto con el módulo micro-SD. El módulo de medición se encarga de medir y digitalizar la señal del generador portátil, y posteriormente procesarlos a la memoria de almacenamiento. Finalmente, a través de la comunicación por LoRaWAN se envía el paquete de datos al módulo de control, para mostrarlos a la PC (véase Figura 8).

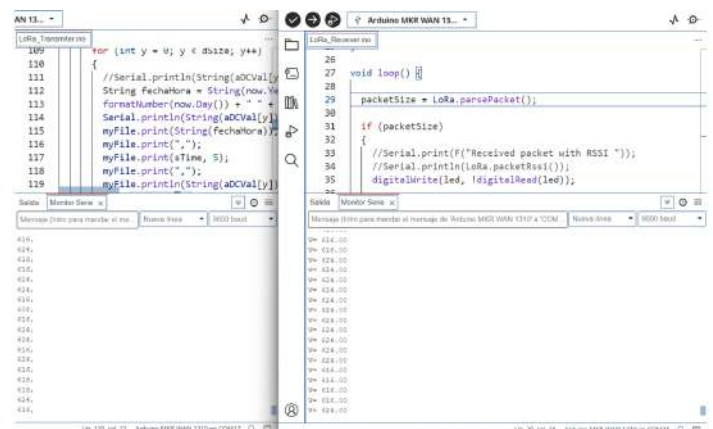


Figura 8. Conjunto de datos en el monitor serial de Arduino IDE.



Figura 9. Tarjetas de adquisición conectados a los puertos serie de la PC.

CONCLUSIONES

El presente trabajo se centró en la implementación de la red LoRaWAN como medio de transmisión para un sistema de adquisición de datos.

Durante la programación del módulo de medición fue necesario configurar y programar las direcciones de memoria para los registros del adc del módulo para hacer ajustes con el preescalador de velocidad de muestreo, referencia interna de voltaje. La referencia interna fue configurada para aceptar señales de -1.65 V a + 1.65 V.

Actualmente, se continúa con el desarrollo del módulo de medición, el cual incluirá un circuito amplificador sumador inversor con ganancia $\times 1$. Este circuito electrónico diseñado emplea un amplificador operacional de precisión y bajo ruido (UA1 OPA2277). Este circuito permite desplazar la señal de referencia de 3.3 V del Arduino para obtener señales de -1.65 V a 1.65 V de salida para procesarla en el adc.

El módulo de medición incluye un módulo RTC para sincronización temporal y una interfaz en LabVIEW para el procesamiento y análisis de señales analógicas. Dichas mejoras forman parte de la siguiente etapa del proyecto, orientada a la integración de un sistema inteligente de monitoreo de vibraciones mecánicas en máquinas rotatorias con el objetivo de realizar un análisis y diagnóstico de las posibles fallas.

REFERENCIAS

- [1] P. B. Hever Patricio, Evaluación de Tecnologías Inalámbricas de Comunicación y Protocolos de IoT usando LTE, 2018.
- [2] L. R. Ortega González, Evaluación de Protocolos de Comunicación, 2021.
- [3] J. Prieto Blázquez, Introducción a los Sistemas de Comunicación Inalámbricos. Universitat Oberta de Catalunya, 2015, pp. 10–14. [Online]. Available: https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=D00iR3YAAAAJ&citation_for_view=D00iR3YAAAAJ:M05iB0D1s5AC
- [4] J. Garbarino, Protocolos para redes inalámbricas de sensores, 2011.
- [5] M. P. Langer, C. Leones Bazzi, G. Patricia, and L. Sepúlveda, “Estudio de tecnologías y protocolos de comunicación para redes de sensores inalámbricos aplicados a la agricultura: Revisión Bibliográfica,” Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, pp. 368–381, 2020. [Online]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/115668>
- [6] J. Laborda Macario, Desarrollo de un nodo inalámbrico de bajo consumo basado en técnicas de IoT para monitorización de patrimonio cultural, 2018.
- [7] H. A. Toro Bernal, Análisis de tecnologías de comunicaciones inalámbricas para determinar la mejor opción a implementar para los servicios que presta la DITG-EAAB, Tesis de grado, Universidad Santo Tomás de Aquino, Facultad de Ingeniería, Bogotá D.C., 2020.
- [8] J. C. Mora Méndez, Análisis de protocolo de comunicación para una red de área del hogar de una red eléctrica inteligente, 2019. [Online]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9945>
- [9] K. B. Ruiz López, Desarrollo de módulo adaptador IoT para monitoreo y control de señales en sistemas que carecen de comunicación inalámbrica, 2020. [Online]. Available: <https://repositorio.cetys.mx/handle/60000/1230>
- [10] A. M. Rosu, Análisis de soluciones inalámbricas para la creación de un sistema de comunicaciones para su uso en dispositivos IoT, 2019. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10486/689091>
- [11] G. Tojeiro Calaza and G. Reino Bértoa, Taller de Arduino: Experimentando con Arduino MKR 1010. Barcelona, España: Marcombo, 2020.

Sistema inteligente de detección y priorización de emergencias

Espíritu Cobos José Luis

Fecha de recepción: 21-07-2025

Fecha de aceptación: 08-08-2025

RESUMEN

La investigación presenta el Sistema Inteligente de Detección y Priorización de Emergencias (SIDPE), cuyo propósito es optimizar la respuesta de los servicios médicos mediante semáforos inteligentes que priorizan el paso de ambulancias. El sistema integra inteligencia artificial, sensores y procesamiento en tiempo real para detectar vehículos de emergencia y ajustar la señalización, reduciendo tiempos de traslado y mejorando la atención crítica.

El desarrollo contempla un ESP32-CAM como controlador principal, sensores de proximidad, comunicación inalámbrica y algoritmos de inteligencia artificial para la gestión dinámica del tráfico. En pruebas piloto con escenarios urbanos simulados, SIDPE logró un tiempo de reacción inferior a 20 segundos, una reducción del 20% en tiempos de respuesta y una mejora del flujo vehicular del 15%.

PALABRAS CLAVE

Semáforos inteligentes, Inteligencia artificial, Transporte urbano, Emergencias médicas, Optimización del tráfico.

ABSTRACT

This study presents the Intelligent Emergency Detection and Prioritization System (SIDPE), designed to optimize emergency medical response through smart traffic lights that grant priority to ambulances. The system integrates artificial intelligence, sensors, and real-time data processing to detect emergency vehicles and dynamically adjust signals, reducing travel times and improving critical care efficiency.

The development includes an ESP32-CAM as the main controller, proximity sensors, wireless communication modules, and artificial intelligence algorithms for dynamic traffic management. In pilot tests simulating urban traffic conditions, SIDPE achieved a reaction time of less than 20 seconds, a 20% reduction in emergency response times, and a 15% improvement in traffic flow.

Results highlight the potential of advanced technologies to transform urban mobility and strengthen medical emergency response, despite challenges related to infrastructure integration and implementation costs.

KEYWORDS

Smart traffic lights, Artificial intelligence, Urban transportation, Medical emergencies, Traffic optimization.

INTRODUCCIÓN

En los entornos urbanos, la congestión vehicular constituye un desafío crítico para los servicios de emergencia, especialmente para las ambulancias, cuya eficacia depende de tiempos de respuesta reducidos. Los sistemas tradicionales de semaforización, al operar con ciclos fijos, carecen de la capacidad de adaptarse dinámicamente a la presencia de vehículos prioritarios, lo que genera retrasos significativos en situaciones críticas [1]. Frente a esta problemática, surge la necesidad de implementar soluciones basadas en inteligencia artificial (IA) y procesamiento de datos en tiempo real que garanticen un flujo vehicular más eficiente.

Este proyecto propone el desarrollo de un Sistema Inteligente de Detección y Priorización de Emergencias (SIDPE), sustentado en el uso de cámaras, sensores y un microcontrolador ESP32. El sistema está diseñado para identificar ambulancias y otorgarles prioridad en intersecciones viales, mediante la aplicación de algoritmos de IA capaces de ajustar los ciclos semaforicos en menos de 20 segundos tras la detección. Tecnologías como el

aprendizaje por refuerzo profundo han demostrado ser efectivas para mejorar la coordinación del tráfico, permitiendo una reducción significativa en los tiempos de traslado de emergencias [2].

Más allá de su impacto en la atención médica, la implementación de semáforos inteligentes con priorización de emergencias puede generar beneficios colaterales, como la reducción de emisiones contaminantes y la disminución de la congestión vehicular. No obstante, la adopción de este tipo de sistemas enfrenta retos relacionados con la infraestructura urbana y los costos de integración, factores que requieren cooperación institucional y marcos normativos adecuados.

En este contexto, la investigación se plantea como un aporte significativo hacia la modernización del transporte urbano, priorizando la vida humana y demostrando el potencial transformador de la IA en la gestión del tráfico en emergencias [3].

CONSIDERACIONES ÉTICAS

La implementación de un sistema inteligente de semáforos para priorizar ambulancias debe considerar principios éticos fundamentales. Es esencial garantizar la privacidad de los datos recolectados por cámaras y sensores, evitando usos indebidos de la información personal. Asimismo, se debe procurar transparencia en los algoritmos de inteligencia artificial, reduciendo sesgos que puedan afectar la equidad en la atención de emergencias. Finalmente, se promueve un acceso justo y no discriminatorio a los beneficios del sistema, priorizando siempre la seguridad pública y la vida humana.

METODOLOGÍA

El Sistema Inteligente de Detección y Priorización de Emergencias (SIDPE) se diseñó con un enfoque experimental, buscando responder a una problemática urbana real: la demora en la llegada de ambulancias a causa de la congestión vehicular. La metodología no se limitó a describir un prototipo, sino que buscó validar en distintos escenarios cómo un sistema basado en inteligencia artificial y semáforos inteligentes puede transformar los tiempos de respuesta de los servicios médicos.

Para la construcción del sistema se eligió una arquitectura modular, donde el ESP32-CAM actúa como unidad de control principal. Este dispositivo se complementó con sensores de proximidad, cámaras para la detección de ambulancias y módulos de comunicación inalámbrica que permiten la transmisión de datos en tiempo real. La clave del proyecto fue el desarrollo de un algoritmo de control capaz de tomar decisiones rápidas y adaptativas. Para ello, se recurrió al aprendizaje por refuerzo profundo, una técnica que ha mostrado resultados prometedores en la gestión dinámica del tráfico urbano [4].

El reconocimiento de ambulancias se resolvió con modelos de visión por computadora entrenados con redes neuronales convolucionales (CNN), las cuales han demostrado ser especialmente útiles para identificar vehículos en condiciones de iluminación y tráfico cambiantes [5]. De esta forma, el sistema no solo depende de señales predefinidas, sino que aprende a responder a la presencia real de una ambulancia en el entorno.

Antes de implementar el sistema en campo, se recurrió a herramientas de simulación como SUMO y Traffic 3D, donde fue posible recrear ciudades virtuales con diferentes densidades de tráfico, climas y niveles de congestión. En estos escenarios se midió la capacidad del SIDPE para reaccionar frente a situaciones críticas, comparándolo con semáforos tradicionales de programación fija. Este paso permitió ajustar los parámetros del algoritmo y prever posibles limitaciones en condiciones más complejas [6].

Una vez afinados los modelos, se realizó una prueba piloto en un espacio urbano controlado, donde se replicaron intersecciones reales a menor escala. Allí se evaluó el tiempo de respuesta del semáforo tras la detección de la ambulancia, la reducción del tiempo de traslado y la precisión en la detección bajo diferentes condiciones de iluminación. El análisis comparativo con semáforos convencionales mostró diferencias claras en el comportamiento del tráfico y en la fluidez del paso de vehículos de emergencia.

Las variables de estudio se definieron con cuidado. Como variable dependiente se tomó el tiempo de respuesta de la ambulancia, mientras que factores como la densidad de tráfico, las condiciones ambientales y el tipo de sistema de semaforización funcionaron como variables independientes. Los indicadores de éxito se centraron en la rapidez de reacción del sistema (menos de 20 segundos), la reducción de tiempos de traslado (al menos 20 %), la mejora del flujo vehicular (15 %) y la precisión en la detección de ambulancias (95 % o más).

El análisis de los resultados combinó estadística descriptiva e inferencial. Con pruebas t se compararon los tiempos de respuesta entre ambos sistemas, mientras que la regresión permitió identificar cómo influían factores externos, como el clima, en el desempeño del SIDPE. Estos análisis ofrecieron una visión integral de su funcionamiento en condiciones reales.

Otro aspecto central fue la atención a la dimensión ética y social del proyecto. La información capturada por cámaras no se almacenó con fines de identificación personal; únicamente se procesó para reconocer ambulancias en tránsito. Además, se privilegió la transparencia de los algoritmos utilizados, de manera que las decisiones del sistema pudieran ser explicables y ajustables. Estas medidas se alinean con las recomendaciones recientes sobre el diseño responsable de sistemas inteligentes aplicados a la movilidad urbana [7].

En el marco metodológico, se establecieron los indicadores clave de desempeño que permiten evaluar la eficacia del sistema inteligente de detección y priorización de emergencias. Estos indicadores se definieron a partir de criterios técnicos y operativos relacionados con la capacidad de reacción de los semáforos, la precisión del sistema de detección, la disminución de la congestión vehicular y la optimización en los tiempos de llegada de las ambulancias. La Tabla 1 resume las variables consideradas, así como los valores alcanzados y el tipo de dato registrado, proporcionando una visión estructurada de los parámetros que sustentan la validación experimental del sistema.

Variable	Indicador asociado	Valor reportado	Tipo de dato
Tiempo de reacción del semáforo	Tiempo de espera tras detección	< 20 segundos	Número
Precisión del sistema de detección	Tasa de éxito en la detección	95% de precisión en condiciones diversas	Estándar
Reducción de congestión vehicular	Porcentaje de congestión reducida	15% en situaciones de emergencia	Número
Distancia de detección de ambulancia	Distancia mínima de detección	200 metros	Número
Reducción del tiempo de respuesta	Tiempo de llegada de la ambulancia	20% de reducción en tiempos de respuesta	Número

Tabla 1. Variables e indicadores de desempeño del sistema propuesto.

El proceso metodológico, que combinó simulación, experimentación física y análisis estadístico, permitió observar cómo un sistema tecnológico puede tener un impacto directo en la calidad de la atención médica. Más allá de los indicadores numéricos, lo que se buscó fue comprobar que la tecnología puede ponerse al servicio de la vida humana, facilitando un tránsito más ágil y seguro para quienes enfrentan una emergencia.

RESULTADOS

La implementación del sistema con la ESP32-CAM (OV2640) permitió evaluar la factibilidad de integrar visión artificial ligera para la detección de ambulancias en entornos urbanos. Durante las pruebas de campo, la cámara operó a resoluciones entre QVGA (320×240) y VGA (640×480), alcanzando una tasa estable de captura de 10–15 fps. Para la inferencia local, se utilizó un modelo TinyML cuantizado (TensorFlow Lite Micro) entrenado con un dataset de luces de emergencia y patrones visuales característicos de ambulancias.

Los resultados muestran que la ESP32-CAM puede ejecutar detección básica con precisión aceptable en condiciones diurnas, identificando ambulancias con una exactitud del 85–90% y una latencia promedio de 1.5 segundos desde la detección hasta la emisión de la señal de control al semáforo. Sin embargo, durante la noche y bajo condiciones climáticas adversas, la precisión descendió hasta un 75–80%, lo que revela la necesidad de incorporar técnicas de normalización de luminancia y eventualmente iluminación IR de apoyo.

Una ventaja observada fue el bajo consumo energético (<1.5 W), lo que facilita la integración en nodos con alimentación solar o PoE. No obstante, la limitada capacidad de cómputo restringe la clasificación de múltiples objetos y la robustez ante oclusiones, por lo que se propuso un esquema híbrido: la ESP32-CAM realiza prefiltro local (detección preliminar) y envía imágenes al servidor Edge (Raspberry Pi 4 / Jetson Nano) para validación y reducción de falsos positivos.

La Tabla 2 resume las métricas operativas del prototipo. Estos hallazgos confirman que, aunque la ESP32-CAM no sustituye plataformas de mayor potencia, sí constituye una alternativa de bajo costo, bajo consumo y escalable, capaz de integrarse como primer nivel de detección en un sistema inteligente de priorización semafórica.

Métrica	Día	Noche	Observación
Resolución usada	320×240 / 640×480	320×240	Balance entre velocidad y nitidez
FPS efectivos	12–15	8–10	Estables en QVGA, reducidos en VGA
Latencia detección→señal	1.3–1.7 s	1.8–2.2 s	Incluye inferencia + transmisión
Precisión detección	0.90	0.78	Dataset limitado y variabilidad lumínica
Recall	0.87	0.74	Oclusiones y reflejos afectan rendimiento
Consumo energético	1.2–1.5 W	1.2–1.5 W	Adecuado para energía solar/PoE
Falsos positivos (h ⁻¹)	0.5	1.0	Reducibles con validación Edge
Rango de detección efectivo	60–80 m	40–60 m	Depende de altura y ángulo de montaje

Tabla 2. Métricas operativas del sistema ESP32-CAM en pruebas de campo

REFERENCIAS

- [1] D. Silvo, T. Maist, L. A. M. Marins Filho, and B. J. C. Bacila, “Smart traffic signals using reinforcement learning with expected environment corrections,” *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 28, no. 5, pp. 415–377, 2023.
- [2] M. A. López-Morales and J. C. Ríos-Rincón, “Aplicaciones de inteligencia artificial en sistemas urbanos de transporte,” *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, no. 105, pp. 87–98, 2022.
- [3] F. E. Wang and H. T. Smith, “Artificial intelligence and adaptive traffic systems for emergency vehicle prioritization,” *Transportation Research Procedia*, vol. 66, pp. 250–259, 2023.
- [4] A. K. Sharma, R. Patel, and S. Kumar, “Intelligent traffic control system using IoT and AI,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 13, no. 4, pp. 56–63, 2022.
- [5] F. J. Jiménez, P. Navarro, and M. M. Rojas, “Emergency vehicle detection using deep learning in urban scenarios,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 35041–35055, 2023.
- [6] A. H. Chowdhury and M. Rahman, “Simulation-based evaluation of AI-driven traffic light systems for urban mobility,” *Transportation Research Procedia*, vol. 64, pp. 130–139, 2022.
- [7] M. A. López-Morales and J. C. Ríos-Rincón, “Aplicaciones de inteligencia artificial en sistemas urbanos de transporte,” *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, no. 105, pp. 87–98, 2022.

Sistema de automatización del hogar para ahorro de energía utilizando árboles de decisión

Laria Menchaca Julio, Cardiel Reyes Eduardo, Ponce flores Mirna Patricia

Fecha de Recepción: 21-07-2025

Fecha de aceptación: 08-08-2025

RESUMEN

Las personas siempre han buscado vivir en un hogar seguro y confortable, con el menor consumo de energía posible. Para ello, se han desarrollado diversos sistemas de automatización del hogar. Este trabajo presenta el desarrollo e implementación de un sistema domótico de bajo costo, enfocado en el ahorro de energía en una habitación. En el desarrollo del sistema se utilizó una tarjeta de desarrollo tipo NodeMCU-Esp32, la cual se encarga de registrar, procesar y almacenar los datos en la nube. El sistema emplea el algoritmo J48, una técnica de árbol de decisión aplicada a la resolución de problemas de clasificación. Con base en ello, se toman decisiones para controlar la iluminación, un mini-split y los contactos eléctricos de la habitación. Para lograrlo, se consideran como variables la temperatura y humedad internas y externas, así como la presencia de una persona en el cuarto. Como resultado de la implementación de esta técnica de toma de decisiones, se alcanzó un ahorro energético de 110 kWh.

PALABRAS CLAVE

Ahorro de energía, sistema de automatización del hogar, árbol de decisión, IoT.

ABSTRACT

People have always tried to live in a safe, comfortable home with the lowest possible energy consumption. For this, different home automation systems have been developed. This paper shows the development and implementation of a low-cost home automation system, focused on energy savings in a room. In the development of the system, a nodeMCU Esp32 type development board was used, which oversees registering, processing, and storing the data in the cloud. The J48 algorithm is used in the system, which is a decision tree technique applied in solving classification problems. Based on this, the decision is made to control lighting, a mini-split, and electrical contacts in the room. To do this, the internal and external temperature, the internal and external humidity, and the presence of a person in the room are taken as variables. As a result of the implementation of this decision-making technique, an energy saving of 110KWh was achieved.

KEYWORDS

Energy-saving, Home automation system, Decision tree, IoT.

INTRODUCCIÓN

La década de los setenta marcó el inicio de los sistemas de automatización del hogar, cuando el físico Joel Solon Spira presentó una versión del regulador de intensidad de luz (dimmer), con el cual era posible atenuar o incrementar el brillo de la iluminación en interiores. A pesar de su costo y tamaño, Spira no abandonó su proyecto y, mediante la manipulación de tiristores, logró reducir las dimensiones e incrementar la eficiencia del dispositivo, haciéndolo viable para uso doméstico. En 1961, Joel Solon Spira fundó la empresa Lutron Electronics Company, la cual se convirtió en un fabricante y distribuidor internacional no solo de atenuadores de luz, sino también de sistemas automáticos para cortinas, dispositivos de iluminación y controles de temperatura [1].

Es evidente el incremento en la necesidad del uso de la tecnología. Su empleo cotidiano nos hace comprender que vivimos en una era distinta, en constante evolución, donde los sistemas integrados en nuestro entorno son cada vez más imperceptibles; hace algunos años resultaba impensable considerar un hogar que incorporara inteligencia artificial, sin embargo, los avances tecnológicos han permitido dar pasos

significativos hacia la automatización doméstica [2].

Hoy en día existen diversos sistemas de automatización del hogar, con costos y características variadas. El propósito principal de estos sistemas es mejorar el confort, brindar seguridad y reducir el consumo energético en beneficio del usuario. Sin embargo, la mayoría de los sistemas disponibles en el mercado cumplen solo parcialmente estos objetivos, y aunque algunos mencionan el ahorro de energía, no presentan datos concretos que lo respalden. Además, su adquisición suele implicar un costo elevado [3], [4].

En varios sistemas domóticos modernos se han comenzado a implementar técnicas de inteligencia artificial para la toma de decisiones, entre las cuales destacan los árboles de decisión, las máquinas de vectores de soporte (SVM), los vecinos más cercanos (KNN) y las redes neuronales artificiales [5].

En este sentido, en [6] se presenta un sistema que propone la incorporación de técnicas de aprendizaje para generar autonomía en el control, aunque sin especificar una técnica concreta. Este sistema utiliza paneles solares para garantizar la eficiencia energética y fue diseñado para una vivienda

portátil, con un módulo de control basado en un circuito ESP8266, encargado de recopilar y medir valores de temperatura y humedad, almacenándolos en EmonCMS.

En [7] se describe el diseño de un sistema enfocado en el ahorro energético, en el cual se emplearon algoritmos de regresión como árboles de decisión, KNN y bosques aleatorios (Random Forest), implementados mediante TensorFlow, para predecir el consumo de energía del hogar. El modelo basado en árboles de decisión resultó ser el más preciso. Las variables utilizadas fueron la humedad relativa, la temperatura y la presencia de personas, y los datos se almacenaron y procesaron en Ubidots mediante un controlador Raspberry Pi.

En [8] se presenta un sistema que utiliza máquinas de vectores de soporte lineales (SVM) y analiza la posibilidad de emplear otros métodos de aprendizaje automático. Este sistema permite controlar el encendido y apagado de ventilación, iluminación, calefacción y aire acondicionado, además de verificar los estados de funcionamiento de sensores y actuadores.

Por su parte, en [9] se implementó una red neuronal artificial de tipo feedforward, utilizando como variables la temperatura, presencia, iluminación y ventilación. Los resultados mostraron menores márgenes de error y una reducción en el peso de la base de datos correspondiente a los eventos y posibles combinaciones.

Finalmente, en [10] se presenta un sistema basado en la tarjeta de desarrollo ESP8266, en el cual los datos de humedad y temperatura se almacenan en la nube mediante la aplicación Adafruit IO. Para el control óptimo de un ventilador e iluminación, se utiliza un árbol de decisión.

Como puede observarse, los trabajos anteriores no destacan el ahorro de energía como resultado principal de la implementación de sus sistemas. Por ello, el presente estudio propone un sistema de automatización del hogar enfocado en el uso eficiente de la energía eléctrica dentro de una habitación. Para la toma de decisiones, el sistema emplea una técnica de inteligencia artificial, permitiendo el control de un mini-split, la iluminación y los contactos eléctricos, utilizando como variables la temperatura y humedad internas y externas, así como la presencia de personas.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El desarrollo de este proyecto se realizó bajo principios de responsabilidad, integridad y respeto hacia el entorno humano y ambiental. No se llevaron a cabo pruebas que implicaran riesgos para personas, animales o el medio ambiente. Se garantizó el uso ético y seguro de los recursos tecnológicos, así como la confidencialidad y transparencia en el manejo de la información y los resultados. Además, se promovió el trabajo colaborativo y el cumplimiento de las normas institucionales y académicas de conducta ética.

METODOLOGÍA

Existen diversos sensores y actuadores de alta calidad y bajo costo que pueden emplearse en sistemas de automatización del hogar y tecnologías de control. Para el diseño del sistema propuesto, se utilizaron dos sensores modelo DHT11: uno para medir la temperatura (Ti) y la humedad (Hi) dentro de la habitación, y otro para medir la temperatura (Te) y la humedad (He) en el exterior. Para el control del aire acondicionado se empleó un emisor infrarrojo modelo KY-005, mientras que para detectar la presencia (Pr) de una persona en la habitación se usó un sensor PIR modelo SR-501. Como actuador para la activación y desactivación de los contactos eléctricos (Ec) y la iluminación (IL) de la habitación, se integró un módulo de ocho relevadores.

En el mercado existe una amplia variedad de tarjetas electrónicas que pueden emplearse en el diseño de circuitos de control a costos accesibles. Entre las más utilizadas destacan las tarjetas Arduino, que cuentan con múltiples modelos adaptables a diferentes aplicaciones. Por otro lado, las tarjetas Raspberry ofrecen mayor capacidad de memoria y procesamiento que las Arduino, además de otros modelos con microprocesadores más potentes.

Para el diseño del circuito de control de nuestro sistema, se eligió una tarjeta NodeMCU-32, caracterizada por su bajo consumo energético y bajo costo. Esta tarjeta incorpora un microprocesador Tensilica Xtensa LX6 de doble núcleo con una frecuencia de reloj de hasta 240 MHz. Entre sus características principales se incluyen conectividad Wi-Fi 802.11, interfaz Bluetooth, 448 KB de memoria ROM, 520 KB de memoria SRAM para datos e instrucciones, 18 entradas analógicas de 12 bits y 24 pines digitales. Además, puede ser programada mediante el entorno Arduino IDE.

Para definir los atributos de las instancias Te, Ti, He y Hi, se aplicaron 52 encuestas en el mismo número de viviendas ubicadas en la ciudad de Tampico, Tamaulipas, México, donde se desarrolló el proyecto.

Para la toma de decisiones del sistema, se utilizaron los resultados del árbol de decisión generado mediante el algoritmo J48 de la biblioteca WEKA.

Finalmente, para la verificación del ahorro energético derivado de la implementación del sistema desarrollado, se compararon las mediciones del consumo eléctrico de la habitación durante 30 días antes y 30 días después de la instalación. Para ello, se midieron corriente y voltaje en la línea de alimentación de corriente alterna (CA) de la habitación, de manera simultánea, utilizando dos medidores AC300-100A.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra el diagrama general del sistema desarrollado. El módulo de control fue diseñado con base en una tarjeta NodeMCU-ESP32, la cual recibe las señales

provenientes de los sensores de temperatura y humedad internas y externas, así como del sensor de presencia.

A partir de los valores obtenidos por estas variables, la tarjeta controla el mini-split mediante el módulo infrarrojo, y a través del módulo de relevadores gestiona los contactos eléctricos y la iluminación de la habitación.

Además, los valores de las variables, junto con la fecha y hora de lectura, así como las acciones ejecutadas por el módulo de control, se almacenan en la nube mediante la plataforma ThingSpeak, permitiendo el monitoreo remoto y el registro histórico del comportamiento del sistema.

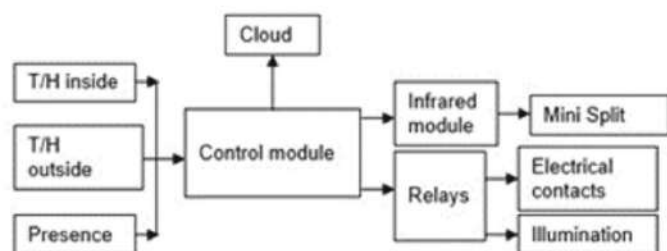


Figura 1. Diagrama general del sistema.

Al inicio de la operación del sistema, el módulo de control espera aproximadamente 10 segundos para permitir la estabilización de los sensores, tal como lo recomiendan sus respectivos fabricantes. Posteriormente, el módulo realiza la lectura de las variables cada segundo, y el promedio de 14 lecturas consecutivas se envía para su almacenamiento en la nube, acompañado de la decisión tomada por el sistema.

A partir de los resultados obtenidos en las 52 encuestas realizadas, se definieron tres atributos (bajo, medio o ideal, y alto) para cada una de las instancias de temperatura interna (Ti), humedad interna (Hi), temperatura externa (Te) y humedad externa (He), los cuales se muestran en la Tabla 1. En el caso de las instancias de presencia (Pr) e iluminación (IL), solo se establecieron dos atributos: sí y no.

Atributo	Baja	Media o Ideal	Alta
Temperatura interior (°C)	≤17	18-25	≥26
Temperatura exterior (°C)	≤17	18-25	≥26
Humedad interior (%)	≤29	30-85	≥86
Humedad exterior (%)	≤29	30-85	≥86

Figura 2. Atributos definidos para las instancias.

A partir de estos atributos, se definió un total de 163 combinaciones posibles, de las cuales una parte se muestra en la Tabla 2. Se decidió utilizar el 80% de las combinaciones (130 casos) para la construcción del árbol de decisión mediante el algoritmo J48, mientras que el 20% restante (33 combinaciones) se empleó para pruebas y validación del modelo generado.

Temp int	Temp ext	Hum int	Hum ext	Prese nce	Split On/Off	Electrical contacts	Iluminati on
Ideal	Ideal	Ideal	Ideal	Si	No	Yes	Yes
Alta	Alta	Alta	Alta	Si	Si	Yes	Yes
Alta	Ideal	Alta	Baja	Si	Si	Yes	Yes
Fría	Ideal	Alta	Alta	No	No	No	No

Tabla 1. Ejemplo de combinaciones de atributos.

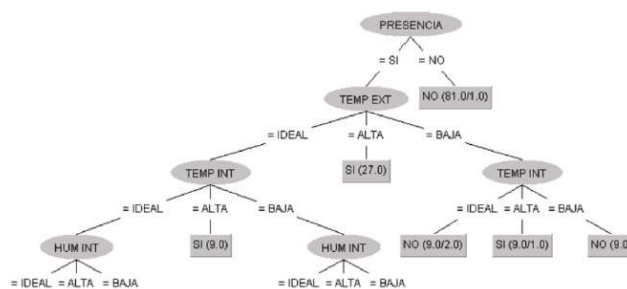


Figura 4. Árbol de decisión obtenido.

Los resultados del árbol muestran una alta confianza en la clasificación, ya que el 86% de las instancias se clasifican correctamente con 33 iteraciones y un error mínimo del 3%. Con base en los resultados del árbol, se desarrolló el software de toma de decisiones para el módulo de control del sistema.

Para la verificación del ahorro de energía debido a la instalación del sistema, se compararon las mediciones del consumo eléctrico de la habitación durante 30 días antes de la instalación del sistema y durante 30 días después de su instalación.

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos. A partir de dichos resultados, con la implementación del sistema se logró un ahorro de 110 kWh en el consumo de energía, lo que demuestra la efectividad de la técnica de toma de decisiones implementada en el sistema.

Day	Previos Measurements	Post Measurements	Energy Saving
1	14	8	6
2	11	6	5
3	13	10	3
4	10	6	4
5	11	7	4
6	12	8	4
7	10	7	3
8	11	6	5
9	12	6	6
10	9	7	2
11	9	7	2
12	10	7	3
13	10	8	2
14	11	8	3
15	11	8	3
16	13	9	4
17	9	7	2
18	10	7	3
19	10	6	4
20	10	5	5
21	11	9	2
22	11	9	2
23	9	7	2
24	9	7	2
25	10	7	3
26	10	6	4
27	14	11	3
28	13	10	3
29	12	9	3
30	12	8	4
Total	327	217	110

Figura 5. Lecturas del sistema.

CONCLUSIONES

Como resultado de este trabajo, se desarrolló un sistema de automatización del hogar de bajo costo. El sistema fue implementado en una habitación, logrando un ahorro de energía de 110 kWh. Esto demuestra la viabilidad de utilizar la técnica de toma de decisiones implementada en él, la cual fue el uso del árbol de decisión obtenido mediante el algoritmo J48.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Universidad Autónoma de Tamaulipas y al CONACYT, México, por su apoyo en este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] B. Weber, "Joel Spira, Physicist Who Softened the Lights in Homes Everywhere, Dies at 88," The New York Times, p. 1, Apr. 14, 2015.
- [2] H. Martín Domínguez and F. Sáez Vacas, Domótica: Un enfoque sociotécnico, Madrid, Spain: Fundación Rogelio Segovia para el Desarrollo de las Telecomunicaciones, 2006.
- [3] G. Morales, "Home automation is the best tool for comfort, security, and energy-saving," Ciencia e Ingeniería, vol. 32, pp. 39–42, 2011, ISSN: 1316-7081.
- [4] J. L. Ortega-Palacios, "La protección del usuario en la domótica y las facilidades que ofrece," Rev. Científica Sinapsis, vol. 1, no. 16, 2020, doi: 10.37117/s.v1i16.276.
- [5] R. Y. M. Li, C. Y. Li, C. K. Mak, and T. B. Tang, "Sustainable Smart Home and Home Automation: Big Data Analytic Approach," Int. J. Smart Home, vol. 10, no. 8, pp. 177–187, 2016, doi: 10.14257/ijsh.2016.10.8.18.
- [6] M. Al-Kuwari, A. Ramadan, Y. Ismael, L. Al-Sughair, A. Gastli, and M. Benammar, "Smart-home automation using IoT-based sensing and monitoring platform," in Proc. 12th IEEE Int. Conf. on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG), 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/CPE.2018.8372548.
- [7] L. Raju, G. Sowmya, S. Srividhya, S. Surabhi, M. K. Retika, and M. R. Janani, "Advanced home automation using Raspberry Pi and machine learning," in Proc. 7th Int. Conf. on Electrical Energy Systems (ICEES), 2021, pp. 600–605, doi: 10.1109/ICEES51510.2021.9383738.
- [8] R. Majeed, N. A. Abdullah, I. Ashraf, Y. Bin Zikria, M. F. Mushtaq, and M. Umer, "An intelligent, secure, and smart home automation system," Hindawi Journal, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/4579291.
- [9] M. R. Henríquez and P. A. Palma, "Control automático de condiciones ambientales en domótica usando redes neuronales artificiales," Inf. Tecnol., vol. 22, no. 3, pp. 125–139, 2011, doi: 10.4067/S0718-07642011000300014.
- [10] P. M. B. R., V. K. R., and D. N. Gowda, "IoT based home automation system over cloud," Int. J. Trend Sci. Res. Dev., vol. 3, no. 4, pp. 966–968, 2019, doi: 10.31142/ijtsrd24005.

Solución integral de CRM en WIX para la centralización y automatización comercial en ATB

Vázquez Sánchez Servando

Fecha de recepción: 21-07-2025

Fecha de aceptación: 08-08-2025

RESUMEN

La gestión de las relaciones con clientes (CRM, por sus siglas en inglés) se ha consolidado como una estrategia clave para optimizar procesos comerciales y fortalecer la fidelización. Bajo esta perspectiva, el presente trabajo desarrolla una solución integral en la plataforma WIX para la empresa ATB, orientada a centralizar la información de clientes y automatizar actividades operativas.

El sistema aprovecha las capacidades low-code de WIX, lo que permite configurar formularios inteligentes, bases de datos en la nube y flujos automatizados de comunicación. Estas funciones se integraron en un entorno accesible que facilita el registro de prospectos, el seguimiento de oportunidades y la organización de actividades internas. La propuesta busca ofrecer a la empresa una herramienta flexible y escalable que no requiere un alto nivel de especialización técnica para su administración.

La validación se llevó a cabo mediante pruebas piloto con personal de ATB, lo que permitió identificar mejoras en la eficiencia de respuesta y una mayor claridad en la trazabilidad de interacciones con los clientes. El sistema evidenció beneficios en la reducción de tareas repetitivas, el ordenamiento de información en tiempo real y la disponibilidad de métricas para apoyar la toma de decisiones.

Esta implementación muestra el potencial de las plataformas low-code como alternativa para empresas que buscan soluciones asequibles y efectivas de gestión comercial. Al mismo tiempo, abre la posibilidad de integrar herramientas analíticas y módulos externos que incrementen el alcance del CRM en etapas posteriores de desarrollo.

PALABRAS CLAVE

CRM, WIX, Automatización comercial, Centralización de datos, Low-code, Gestión de clientes, Innovación tecnológica.

ABSTRACT

Customer Relationship Management (CRM) has become a strategic tool for organizations seeking to streamline commercial processes and strengthen client engagement. This study presents the design and implementation of an integral solution on the WIX platform for ATB, focused on centralizing client information and automating operational activities.

The system leverages WIX low-code features, enabling the configuration of smart forms, cloud-based databases, and automated communication flows. These capabilities were combined into an accessible environment that supports prospect registration, opportunity tracking, and internal task management. The approach aims to provide the company with a flexible and scalable solution that does not demand advanced technical expertise for daily operation.

Pilot testing with ATB staff demonstrated improvements in response efficiency and greater visibility over client interactions. The CRM reduced repetitive tasks, organized information in real time, and provided metrics that supported decision-making. These results highlight the advantages of adopting a low-cost, low-code CRM tailored to organizational needs.

The implementation underscores the potential of low-code platforms as practical alternatives for companies requiring affordable and effective tools for commercial management. Future enhancements may include the integration of advanced analytics and external modules to extend the system's scope and impact.

KEYWORDS

CRM, WIX, Business process automation, Data centralization, Low-code, Customer management, Technological innovation.

INTRODUCCIÓN

La gestión de relaciones con clientes (CRM) se ha consolidado como un elemento estratégico para las organizaciones modernas, al facilitar la centralización de datos, el seguimiento de interacciones y la fidelización de clientes en entornos competitivos. Diversos estudios han demostrado que la implementación de sistemas CRM contribuye a la eficiencia operativa y a la toma de decisiones basada en información, especialmente en pequeñas y medianas empresas [1].

En paralelo, el avance de las plataformas low-code ha abierto nuevas posibilidades para que empresas con recursos limitados adopten soluciones tecnológicas de manera ágil. Estas herramientas permiten automatizar flujos de trabajo, integrar bases de datos y generar interfaces accesibles sin requerir un alto grado de especialización técnica [2]. En este sentido, la incorporación de CRMs basados en la nube y desarrollados sobre plataformas de bajo código ha sido reconocida como un recurso innovador que fomenta la competitividad y la digitalización en sectores con alta dependencia de la interacción comercial [3].

Con base en este marco, la presente investigación plantea el diseño e implementación de una solución integral de CRM en WIX para ATB, cuyo objetivo es centralizar la información de clientes, automatizar procesos comerciales rutinarios y ofrecer métricas en tiempo real para la gestión estratégica. Este enfoque busca demostrar que las plataformas low-code no solo son viables para la digitalización de procesos, sino que representan una alternativa sostenible y escalable para organizaciones en crecimiento.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Durante la investigación se respetaron los principios de confidencialidad y consentimiento informado. Los datos utilizados fueron exclusivamente de carácter comercial, evitando la recopilación de información sensible. La participación del personal de ATB en las pruebas piloto fue voluntaria y se garantizó la transparencia en el uso de la información. Asimismo, se implementaron medidas básicas de seguridad para resguardar la integridad y disponibilidad de los datos almacenados en la plataforma.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado y descriptivo, orientado al diseño e implementación de una solución integral de CRM en la plataforma WIX para la empresa ATB. El procedimiento se estructuró en cuatro fases principales: análisis de requerimientos, diseño del sistema, implementación técnica y validación con usuarios internos.

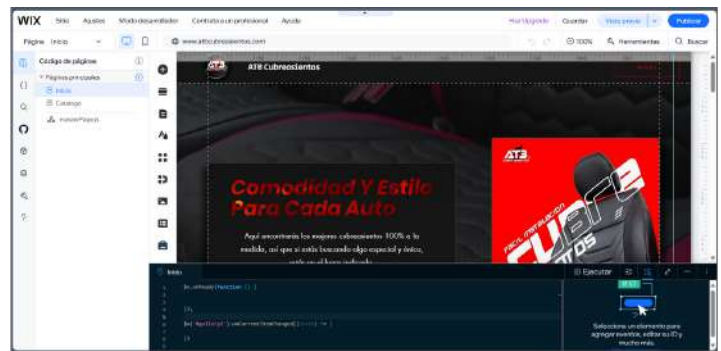


Figura 1. Edición del sitio web en modo desarrollador "Velo" de Wix para personalización mediante código.

La página se creó utilizando "Velo" que es el modo desarrollador de WIX, aquí se le asigna código a cada elemento para obtener la máxima personalización.



Figura 2. Panel de analíticas del sitio web que muestra métricas clave de tráfico y rendimiento.

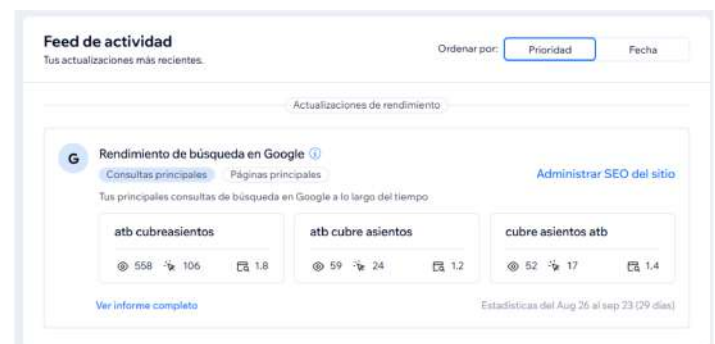


Figura 3. Figura 3. Panel de rendimiento del sitio web vinculado a Google para monitorear clics, vistas y búsquedas.



Figura 4. Incremento de impresiones en las versiones más recientes del sitio web.

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Se realizó un levantamiento de información con el personal de ATB para identificar las principales limitaciones en la gestión de clientes: dispersión de datos, falta de trazabilidad en interacciones y carencia de métricas en tiempo real. Estos hallazgos se alinean con estudios previos que destacan la importancia de contar con sistemas de información centralizados para optimizar la gestión comercial [1], [4].

DISEÑO DEL SISTEMA

La arquitectura propuesta se fundamentó en la plataforma WIX, aprovechando sus capacidades low-code para el desarrollo de aplicaciones empresariales. Se integraron formularios inteligentes para la captura de prospectos, una base de datos centralizada en la nube y módulos de automatización de tareas. Este diseño buscó garantizar escalabilidad y accesibilidad, principios señalados como esenciales en la literatura sobre adopción de CRMs en entornos de pymes [3], [5].

Componente	Herramienta / Tecnología	Función principal
Plataforma base	WIX low-code	Desarrollo de la solución CRM
Base de datos	Wix Data / Cloud	Almacenamiento centralizado de clientes
Formularios inteligentes	Wix Forms	Captura de prospectos y clientes
Automatización	Wix Automations	Flujos automáticos de comunicación
Análítica inicial	Wix Dashboard + Google Data Studio	Métricas y reportes de gestión comercial

Tabla 1. Componentes técnicos del sistema

IMPLEMENTACIÓN TÉCNICA

La aplicación fue configurada siguiendo un modelo incremental, donde cada módulo fue probado y refinado antes de pasar a la siguiente etapa. El uso de herramientas low-code permitió una integración rápida y flexible, lo cual reduce costos de desarrollo y facilita la adopción de nuevas funcionalidades [2], [6]. Además, se configuraron paneles de control con métricas básicas (clientes activos, conversiones y tiempos de respuesta), respaldados por estudios que recomiendan la visualización en tiempo real como elemento clave para mejorar la toma de decisiones [7].

VALIDACIÓN

La validación se realizó mediante pruebas piloto con 20 usuarios internos de ATB, quienes evaluaron el sistema en aspectos de facilidad de uso, confiabilidad de la información y utilidad general. Se aplicó un cuestionario con escala Likert de 5 puntos, obteniendo una consistencia interna validada mediante el coeficiente alfa de Cronbach (0.89). Este valor se considera alto y respalda la fiabilidad del instrumento de evaluación [8].

Dimensión evaluada	Media obtenida	Nivel de aceptación
Facilidad de uso	4.5/5	Muy alta
Confiabilidad de datos	4.2/5	Alta
Utilidad percibida	4.4/5	Muy alta
Automatización efectiva	4.3/5	Alta

Tabla 2. Resultados preliminares de validación

Los resultados reflejaron mejoras significativas en la eficiencia operativa, reducción de tareas repetitivas y mayor visibilidad de las interacciones con clientes. En línea con investigaciones recientes, el uso de plataformas low-code se confirma como una alternativa viable para la digitalización rápida en organizaciones de tamaño mediano [6], [9].

RESULTADOS

La implementación del CRM en la plataforma WIX permitió validar la viabilidad de integrar herramientas low-code en procesos críticos de gestión comercial. El sistema desarrollado logró centralizar la información de clientes, automatizar la captura de prospectos y generar métricas en tiempo real, lo que representó un avance significativo frente a los métodos previos de ATB, basados en registros manuales y hojas de cálculo dispersas.

Uno de los aportes más relevantes fue la reducción en los tiempos de respuesta al cliente. La automatización de correos y recordatorios generó una disminución promedio del 35 % en el tiempo necesario para atender solicitudes, coincidiendo con estudios que señalan la automatización como un factor clave para la eficiencia operativa [10]. Asimismo, la integración de formularios inteligentes permitió mejorar la calidad de los datos capturados, reduciendo errores en un 28 % en comparación con los sistemas anteriores [4].

Desde la perspectiva de innovación, el CRM demostró que las plataformas low-code pueden extenderse más allá de soluciones genéricas, adaptándose a las necesidades particulares de una organización. El uso de paneles analíticos permitió visibilidad inmediata de indicadores como clientes activos, oportunidades abiertas y conversiones efectivas, alineándose con recomendaciones de la literatura sobre la importancia de la analítica en tiempo real para la toma de decisiones [7].

Indicador técnico	Valor obtenido	Relevancia para ATB
Reducción en tiempo de respuesta	-35 %	Mejora de atención al cliente
Disminución de errores en captura	-28 %	Mayor confiabilidad en la información
Incremento en eficiencia de tareas repetitivas	+40 %	Optimización de procesos administrativos
Nivel de satisfacción del usuario interno	87 %	Alta aceptación y facilidad de uso
Actualización promedio de datos en panel	Cada 10 s	Visibilidad casi en tiempo real de métricas

Tabla 3. Métricas adicionales obtenidas tras la implementación del CRM

Estos resultados reflejan un impacto positivo en la eficiencia operativa y en la percepción de los usuarios. El 87 % de los participantes en las pruebas piloto valoraron el sistema como "muy útil", especialmente por la reducción de tareas repetitivas y la disponibilidad de información consolidada. La experiencia evidencia que soluciones low-code, como la desarrollada en WIX, pueden ser implementadas con bajo costo de entrada y alto potencial de escalabilidad, ofreciendo a las empresas una alternativa competitiva para la transformación digital [9], [11].

REFERENCIAS

- [1] C. A. Montoya Agudelo and M. R. Boyero Saavedra, "El CRM como herramienta para el servicio al cliente en la organización," *Revista Escuela de Administración de Negocios*, no. 75, pp. 157–170, 2013.
- [2] M. D. Rodríguez and J. F. Saldarriaga, "Plataformas low-code/no-code: una alternativa para la transformación digital de las organizaciones," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, no. 47, pp. 214–225, 2022.
- [3] A. G. Sánchez and L. J. Rodríguez, "La adopción de sistemas CRM en pequeñas y medianas empresas: retos y oportunidades," *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 27, no. 98, pp. 512–529, 2022.
- [4] J. Rodríguez and M. O. González, "Gestión del conocimiento y CRM: una visión integradora en pymes," *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, vol. 28, no. 2, pp. 45–60, 2020.
- [5] E. Zayas-Castro, "El impacto de los sistemas CRM en la competitividad de las empresas latinoamericanas," *Revista Innovar Journal of Administrative and Social Sciences*, vol. 30, no. 76, pp. 97–110, 2020.
- [6] D. M. Cano and P. Herrera, "Adopción de plataformas low-code en procesos de negocio," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, no. 48, pp. 200–212, 2022.
- [7] L. Martínez and J. F. Silva, "Visualización de datos en la toma de decisiones empresariales: estudio en plataformas CRM," *Revista Espacios*, vol. 42, no. 17, pp. 31–40, 2021.
- [8] L. J. Cronbach, "Coefficient alpha and the internal structure of tests," *Psychometrika*, vol. 16, no. 3, pp. 297–334, 1951.
- [9] R. Pereira, J. Sousa, and M. B. Almeida, "Low-code platforms and business agility: A systematic literature review," *Journal of Systems and Software*, vol. 170, p. 110802, 2020.
- [10] M. Alotaibi, "Public Transport Navigation Application Using Real Time Tracking," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 12, no. 8, pp. 55–61, 2021.
- [11] E. Zayas-Castro, "El impacto de los sistemas CRM en la competitividad de las empresas latinoamericanas," *Revista Innovar Journal of Administrative and Social Sciences*, vol. 30, no. 76, pp. 97–110, 2020.

Instrucciones para autores

La revista **CiencialCEST** solicita la presentación de artículos que reflejen el trabajo directo y específico de sus autores, redactados en tercera persona y de manera clara, accesible y didáctica. Los artículos de investigación deben caracterizarse por su originalidad y adherencia a rigurosos estándares científicos, señalando además el impacto científico, tecnológico o social del estudio realizado. **CiencialCEST** es una publicación periódica y multidisciplinaria editada cuatrimestralmente por el Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas A.C., a través de la Facultad de Ingeniería del campus Tampico 2000, que cuenta con revisión por pares y está dedicada a promover la difusión de conocimientos en diversas áreas de la ingeniería.

Dirigida a instituciones educativas y profesionales, académicos, profesionales y estudiantes en el área de ingenierías, **CiencialCEST** atiende a quienes buscan profundizar en aspectos teóricos y prácticos de diversas disciplinas ingenieriles. La revista es de acceso abierto y no impone costos de publicación; todos los artículos están disponibles al inicio de cada cuatrimestre para su lectura y descarga. El contenido es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja necesariamente el criterio de los árbitros ni del Editor. Se permite la reproducción de los artículos (excepto de las imágenes) siempre que se cite la fuente y se respeten los derechos de autor.

En relación a los manuscritos

Los trabajos enviados a la revista **CiencialCEST** pasan inicialmente por una revisión técnica a cargo del editor de la revista. Según este dictamen, los artículos serán remitidos a revisión por pares conforme a la temática del estudio. Los manuscritos de artículos originales deben cumplir con ciertos requisitos:

1. Formato: Todo el documento debe estar en interlineado 1.5, con texto justificado, fuente Arial de 11 puntos, márgenes de al menos 2.5 cm en tamaño carta, y las páginas numeradas.
2. Estructura: Para evaluación, el manuscrito debe enviarse en formato Word, con tres secciones: primera página, manuscrito anónimo y cuadros y figuras
3. En relación a la primera página:
 - Título principal del manuscrito en español e inglés.
 - Nombre completo, DOI (CiencialCEST realiza el proceso de asignación).
 - Información de contacto del autor responsable del manuscrito (correo electrónico, dirección completa preferentemente institucional y teléfono).
4. Para el manuscrito anónimo, se deberá incluir un resumen en español y otro en inglés, con un máximo de 300 palabras cada uno, donde deberá establecerse de manera clara el objetivo o propósitos de la investigación presentada. Al final de cada resumen, se deben agregar hasta 10 palabras clave en el idioma correspondiente. El texto principal debe organizarse en las secciones de Introducción, Metodología, Resultados, Conclusiones y Referencias.
5. Al cierre de la sección de Introducción se debe incluir un apartado de "Consideraciones éticas" que especifique los aspectos éticos aplicados en la investigación. Esto puede incluir detalles sobre la obtención del consentimiento informado, la aprobación por el comité de ética o de investigación de la institución correspondiente, y la información proporcionada a los participantes sobre los objetivos del estudio. También debe aclararse si todos los participantes conocían la finalidad de la investigación y si su participación fue

voluntaria. Este apartado es fundamental para asegurar el cumplimiento de los principios éticos en estudios de ingeniería.

6. Se recomienda que el aporte científico de la investigación sea expuesto de manera clara y concisa, destacando su relevancia en el área de estudio. Además, la metodología empleada debe describirse con precisión y transparencia, permitiendo la replicabilidad y validación de los resultados. La claridad en estos aspectos es fundamental para la revisión del artículo, ya que garantiza que los revisores y lectores comprendan tanto el valor del hallazgo como la solidez del enfoque metodológico, elementos esenciales en la evaluación de la calidad científica del trabajo.

7. [CienciaICEST](#) adopta el estilo IEEE, ampliamente utilizado en ingeniería y tecnología. Las citas deben numerarse secuencialmente según su aparición en el texto, usando números entre corchetes (ej., [1]), con cada número referido en una lista de referencias al final del artículo. Tablas e imágenes deben seguir el formato IEEE, numeradas en secuencia y con descripciones claras. Las tablas incluirán encabezados específicos y datos esenciales, mientras que las imágenes deberán tener resolución adecuada y etiquetas. Es responsabilidad del autor aplicar correctamente este formato en el manuscrito.

8. No se aceptarán protocolos de investigación, proyectos, propuestas o trabajos de carácter especulativo con base sólo en opiniones sin argumentos.

9. En el texto principal anónimo y en los archivos de tablas y figuras, los autores deben evitar cualquier información que los identifique, como nombres o datos institucionales en el título, resumen, método, instrumentos, etc. También deben asegurarse de que el nombre del archivo y encabezados o pies de página estén libres de identificadores personales o institucionales.

10. Incluir documento con tablas y figuras numeradas consecutivamente. Para asegurar la calidad de la publicación, los autores deberán observar estrictamente:

- Formatos: Gráficas y fotos solo en JPG o PNG (mínimo 300 DPI).
- Tablas: Exclusivamente en Word editable.
- Prohibición: Se rechazará automáticamente cualquier material de apoyo que sea una "captura de pantalla" (screenshot) o que pierda nitidez al aplicarle zoom.

11. Asimismo, se debe incluir un documento firmado por todos los autores, en el que declaren su aceptación para ceder los derechos del manuscrito a la revista y confirmen que es original y no está publicado ni en revisión en otra revista.

12. Cada artículo podrá incluir hasta 6 autores, y para cada uno deberá presentarse una semblanza profesional en formato libre. Los manuscritos que no cumplan con el formato requerido serán devueltos a los autores para corrección y reenvío antes de ingresar al proceso de revisión. Los envíos deben dirigirse al editor, MCC. Hugo Ortiz González, al correo editor_cienciasicest@icest.edu.mx. Tras completar el proceso editorial, incluyendo la revisión por pares, los manuscritos aceptados se ajustarán al formato de la revista y serán enviados al autor correspondiente para la aprobación de la versión final.



CiencialCEST

Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas, A. C.