



EL LORO HUASTECO

Órgano de Divulgación Científica y Tecnológica del
Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

ISSN: 2007-8587

Vol. 12, Num. 1

CATEGORÍAS

Ambiental

Contador Público

Electrónica

Gestión Administrativa

Industrial

Informática

Investigación Educativa

Petrolera

Química

Sistemas Computacionales

ellorohuasteco.website

Diciembre 2025



TECNM | TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico Superior de Pánuco





EL LORO HUASTEKO
Órgano de Divulgación Científica y Tecnológica
Tecnológico Nacional de México, Campus Pánuco

ÍNDICE

1.	Alarma temprana satelital para comunidades rurales de Veracruz con tecnología IoT.	1
	<i>Fredy Juárez Pérez, José Osorio Antonia, Edgar Pulido Lara, Fernando Juárez Reyes, Osiel Daniel Ramírez Montiel.</i>	
2.	Robótica educativa transversal para mejorar el desempeño académico en estudiantes de ingeniería.	12
	<i>Tanya Estrella Torres Valdez, Gustavo Arturo Castellanos Guzmán, Cristian Iván Moreno Aguilar.</i>	
3.	Detector GPR para búsqueda de zonas subterráneas con agua.	25
	<i>Juan Jesús Pérez Arteaga, Juan Carlos Ramírez Vázquez, Elizabeth Juárez Fernández, Juan Pablo Hernández Ortega.</i>	
4.	Condiciones de trabajo y su influencia con la productividad.	36
	<i>Aracely García Morles, Alma Leticia Cruz Méndez, Edgar Jearvavi Vázquez Moreno, Jesús Gómez Castellanos.</i>	
5.	Optimización del proceso de atención al cliente en paletería la Real Michoacana mediante simulación de colas.	47
	<i>Edgar Jearvavi Vázquez Moreno, Jania Marlene Cuevas Duran, Francisco Javier García Gómez, Marycarmen Martínez Hernández.</i>	



Alarma temprana satelital para comunidades rurales de Veracruz con tecnología IoT

Fredy Juárez Pérez ^{1}, José Osorio Antonia¹, Edgar Pulido Lara¹, Fernando Juárez Reyes¹, Osiel Daniel Ramírez Montiel¹*

¹TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache.

*email corresponsal: fredy.jp@alamo.tecnm.mx

RESUMEN

En muchas comunidades rurales del estado de Veracruz, los huracanes representan una amenaza constante para la vida de las personas. La falta de acceso a Internet y telecomunicaciones limita la capacidad de emitir alertas oportunas y prevenir tragedias. Para responder a este problema, se desarrolló un sistema de alarma temprana que funciona de forma autónoma y puede ser activado por las autoridades de protección civil desde su centro de operaciones de forma remota, gracias al uso de tecnología IoT y conectividad satelital Starlink.

El sistema utiliza luces LED codificadas por colores, que indican a la población el nivel de peligro. Se basa en el protocolo oficial de alertamiento para ciclones tropicales SIAT-CT y está diseñado para ser entendido fácilmente por cualquier persona. El equipo se instaló en una comunidad rural desconectada y funcionó de manera exitosa: la señal llegó rápidamente, los colores fueron comprendidos por los habitantes y el sistema operó incluso bajo lluvia.

Este proyecto demuestra que es posible proteger vidas humanas en zonas marginadas con soluciones accesibles y replicables. La tecnología satelital, combinada con herramientas simples, puede marcar la diferencia ante los efectos del cambio climático y la falta de infraestructura.

Palabras clave: alarma temprana, comunidades rurales, huracanes, Starlink, tecnología IoT

ABSTRACT

In many rural communities of the state of Veracruz, hurricanes represent a constant threat to human life. The lack of access to the Internet and telecommunications limits the ability to issue timely alerts and prevent tragedies. To address this problem, an early warning system was developed that operates autonomously and can be activated remotely by civil protection authorities through the use of IoT technology and Starlink satellite connectivity.

The system uses color-coded LED lights to indicate the level of danger to the population. It is based on the official early warning protocol for tropical cyclones SIAT-CT and is designed to be easily understood by any person. The device was installed in a disconnected rural community and functioned successfully: the signal was transmitted quickly, the color codes were clearly understood by the residents, and the system operated even during rainfall.

This project demonstrates that it is possible to protect human lives in marginalized areas using accessible and replicable solutions. Satellite technology, combined with simple tools, can make a difference in facing the effects of climate change and lack of infrastructure.

Keywords: early warning, rural communities, hurricanes, Starlink, IoT technology

INTRODUCCIÓN

Veracruz es uno de los estados más golpeados por huracanes en México, en zonas urbanas muchas veces las alertas llegan por radio, redes sociales o televisión. Pero en las comunidades rurales aisladas, la situación es diferente: no hay cobertura de celular, ni acceso a Internet, y mucho menos sistemas de alerta efectivos. Esta desconexión tecnológica pone en riesgo la vida de miles de personas.

Durante el paso del huracán Grace en 2021, se reportaron afectaciones graves en comunidades rurales del norte de Veracruz como se observa en la figura 1. Muchas de ellas no sabían que el fenómeno se acercaba. En otros casos, como el huracán Otis en

Acapulco (2023), la falta de un aviso a tiempo fue determinante en la magnitud del desastre. Estos hechos muestran la importancia de contar con sistemas de alerta accesibles, adaptados al entorno y a las capacidades locales.



Figura 1. Impacto del huracán Grace en 2021 en Tuxpan Veracruz.
Fuente: El Financiero (2024)

Existen enfoques de alerta como radiofrecuencia, altavoces o SMS, pero dependen de infraestructura terrestre poco confiable en zonas rurales. En contraste, la solución IoT + Starlink permite autonomía y confiabilidad aún en eventos extremos (Gomes et al., 2016; Donati & General, 2022; Chiaraviglio et al., 2020).

Starlink fue seleccionado por su baja latencia (<40 ms), estabilidad en clima adverso y operación independiente de infraestructura terrestre (Deutschmann et al., 2022; Juárez Pérez et al., 2023). Este servicio ha mostrado ventajas sobre otras soluciones satelitales convencionales por su arquitectura de baja órbita terrestre (LEO), lo que reduce la latencia y mejora la estabilidad de la conexión, factores cruciales en sistemas de alerta en tiempo real. Además, su implementación práctica en campo ha sido validada por el equipo de investigación mediante pruebas en condiciones adversas que confirmaron su eficacia operativa.

Este artículo presenta una solución sencilla pero efectiva, una alarma temprana que se conecta a la nube mediante Starlink, funciona con energía autónoma y puede ser entendida por cualquier habitante. Está pensada para comunidades que no tienen otra forma de recibir avisos y que, por su ubicación, están expuestas a lluvias intensas, inundaciones y ciclones. Con esta tecnología, se busca no solo alertar, sino también

empoderar a las comunidades rurales para que se preparen mejor ante los riesgos naturales.

TRABAJOS RELACIONADOS

Diversos trabajos han abordado la problemática de alertas tempranas en zonas con infraestructura limitada mediante tecnologías de bajo costo. (Patel & Shah, 2020) desarrollaron un sistema IoT para regiones propensas a desastres, utilizando sensores y lógica distribuida, similar en su enfoque técnico al que aquí se propone. De forma complementaria, (Pham et al., 2023) exploraron arquitecturas híbridas que combinan LoRa y enlaces satelitales, resaltando el valor de las tecnologías autónomas y resilientes en entornos sin conectividad convencional.

En cuanto a la infraestructura de redes de comunicación, (Koga & Matsumoto, 2021) proponen arquitecturas inalámbricas resilientes para escenarios de emergencia, una preocupación también central en nuestro sistema basado en MQTT y Starlink. Estas propuestas coinciden en la necesidad de garantizar comunicación robusta durante eventos críticos.

Desde la perspectiva social, (Kruke & Smith, 2021; García & Camarena, 2022) han documentado la importancia de la participación comunitaria en el éxito de los sistemas de alerta. Ambos estudios destacan cómo la apropiación local y la codificación sencilla de los mensajes elevan la eficacia del sistema, coincidiendo con la validación participativa realizada en nuestra propuesta.

A diferencia de estos enfoques, nuestra propuesta integra todos estos componentes en una solución concreta, validada en campo, que combina conectividad satelital Starlink, autonomía energética, activación remota y lenguaje visual estandarizado bajo el protocolo SIAT-CT (SIAT-CT; Secretaría de Gobernación, n.d.). Esta integración técnica y social en un entorno rural desconectado representa un avance significativo y replicable frente a las soluciones reportadas.

METODOLOGÍA

La elección del protocolo MQTT y la nube de AWS se fundamenta en su alta disponibilidad y adaptabilidad a condiciones de conectividad variable, como han demostrado aplicaciones similares en contextos rurales y de emergencia (Donati & General, 2022). Este tipo de arquitectura distribuida ha sido validada por Gomes et al. (2016) para escenarios de infraestructura limitada.

Durante la fase de implementación del sistema en la comunidad rural de La Gloria, se llevaron a cabo sesiones informativas donde se explicó el funcionamiento del sistema de alarma temprana, el significado de los colores del semáforo visual y la importancia de la respuesta oportuna ante fenómenos meteorológicos. Esta retroalimentación permitió hacer ajustes menores al diseño, promoviendo apropiación comunitaria y fortaleciendo su eficacia operativa (Kruke & Smith, 2021).

Adicionalmente, se promovió el uso del sistema mediante ejercicios simulados y demostraciones visuales para reforzar la comprensión de los distintos niveles de alerta. Este enfoque participativo no solo aumentó la aceptación social de la tecnología, sino que también contribuyó a consolidar redes de comunicación internas dentro de la comunidad que fortalecen su capacidad de respuesta ante eventos extremos.

Para desarrollar el sistema de alerta temprana, se implementó un enfoque técnico basado en plataformas de bajo costo, accesibles y energéticamente eficientes. El prototipo fue construido utilizando un microcontrolador NodeMCU con chip ESP8266, programado en lenguaje Arduino mediante su entorno de desarrollo integrado IDE. Este dispositivo incluye conectividad Wi-Fi y se integra con un sistema de control remoto que utiliza el protocolo MQTT, reconocido por su ligereza y eficiencia en entornos de conectividad limitada.

El broker MQTT (Mosquitto) y la interfaz gráfica de control (Node-RED) fueron alojados en un servidor virtual EC2 de Amazon Web Services (AWS), con sistema operativo Linux. Esta infraestructura en la nube permite a las autoridades de Protección Civil activar,

monitorear y gestionar el sistema desde cualquier ubicación con acceso a Internet como se muestra en la Figura 2.

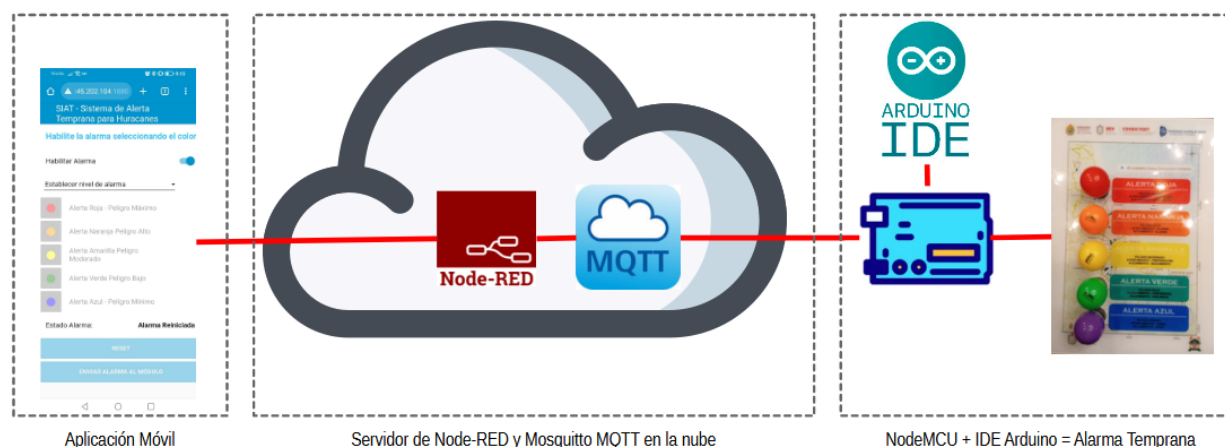


Figura 2. Arquitectura y diseño del sistema de alarma temprana para el módulo principal.
Fuente: Elaboración propia

El sistema de alertamiento en campo está compuesto por un semáforo visual con luces LED de alta potencia en cinco colores: azul, verde, amarillo, naranja y rojo, siguiendo el protocolo SIAT-CT (Secretaría de Gobernación, n.d.). El equipo es alimentado por baterías recargables y puede funcionar también con paneles solares, lo cual garantiza su autonomía en zonas sin energía eléctrica estable como se muestra en la Figura 3.

La conectividad con Internet se logra mediante el servicio satelital Starlink, cuya red de satélites en órbita baja permite mantener una latencia menor a 40 ms, habilitando comunicación en tiempo real incluso durante condiciones climáticas adversas.

La validación del sistema se realizó mediante su instalación en una comunidad rural del municipio de Álamo Temapache, verificando el encendido remoto, la recepción de la señal, el tiempo de respuesta, la visibilidad de las señales y la comprensión del sistema por parte de los habitantes. Las pruebas se llevaron a cabo bajo condiciones reales de campo, con alimentación energética completamente autónoma.

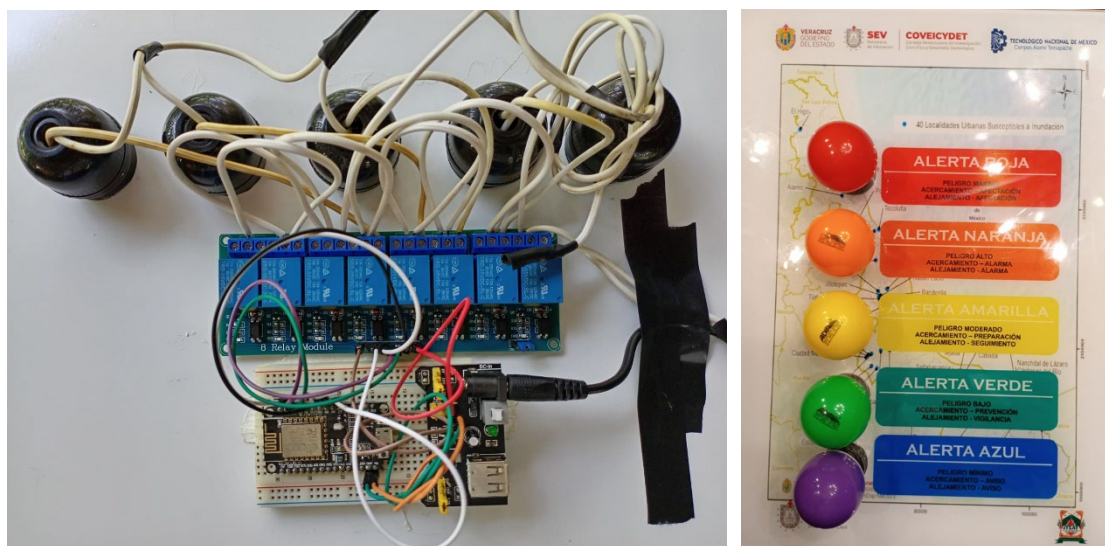


Figura 3. Diseño de la alarma temprana para los módulos operacionales, vista reverso y adverso.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

La efectividad del enlace satelital mediante Starlink fue comprobada bajo condiciones reales, validando observaciones recientes sobre su rendimiento confiable frente a condiciones climáticas adversas y su idoneidad en zonas marginadas (Deutschmann et al., 2022; Juárez Pérez et al., 2023).

El sistema fue instalado en una comunidad rural “La Gloria”, municipio de Álamo Temapache, donde muchas viviendas no cuentan con acceso confiable a servicios básicos. Durante las pruebas de campo, se comprobó que la alarma podía activarse a distancia desde una sede con acceso a Internet, y la señal llegaba en menos de un segundo.

Los habitantes reconocieron fácilmente el significado de las luces de colores, lo que demuestra que el diseño es intuitivo. Incluso bajo condiciones de lluvia como se muestra en la Figura 4, el sistema funcionó sin interrupciones, ya que cuenta con alimentación propia. Esto validó su utilidad para enfrentar situaciones de emergencia en lugares donde fallan los medios tradicionales de comunicación.

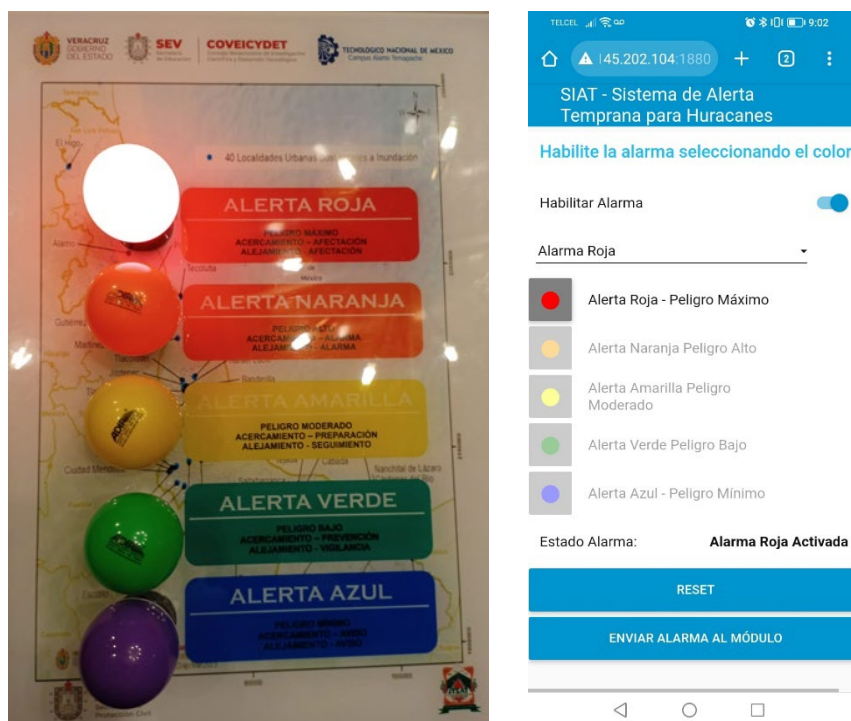


Figura 4. Alarma temprana interfaz operacional en teléfono móvil activando alarma alerta roja.
Fuente: Elaboración propia.

Además, el costo reducido del sistema lo hace viable para replicarse en otras localidades con características similares. El uso de Starlink permitió una conexión rápida y estable, incluso en zonas donde nunca ha llegado un proveedor convencional de Internet. En resumen, se logró demostrar que una solución tecnológica sencilla puede tener un alto impacto social y salvar vidas en contextos vulnerables.

La implementación del sistema en campo demostró que tecnologías emergentes como Starlink pueden ser clave en la reducción del riesgo de desastres en zonas marginadas. A diferencia de otros enfoques que requieren redes móviles o cobertura de fibra óptica, esta solución funcionó completamente independiente de infraestructura terrestre como se muestra en la Figura 5.

Estudios previos han demostrado que las alertas tempranas reducen significativamente la mortalidad durante ciclones, siempre que sean comprendidas por la población

(Woodward y Samet, 2018). Nuestra propuesta coincide con este hallazgo y refuerza que el lenguaje visual sencillo y la activación remota son dos factores críticos.



Figura 5. Alarma temprana infraestructura desplegada en campo.
Fuente: Elaboración propia.

Además, al compararla con otras iniciativas de alerta basadas en radio o SMS, esta alternativa ofrece mayor confiabilidad y autonomía energética. El éxito en La Gloria puede ser replicado en comunidades similares, con ajustes mínimos y bajo costo.

CONCLUSIONES

Estas evidencias coinciden con estudios recientes que recomiendan integrar tecnologías de conectividad autónoma y lenguaje visual como medios eficaces para alertamiento y resiliencia en contextos rurales (Kruke & Smith, 2021; Woodward & Samet, 2018).

Las pruebas realizadas muestran que esta tecnología puede ser una herramienta clave para proteger vidas humanas en comunidades marginadas. Su bajo costo, fácil instalación y operación remota la hacen especialmente útil en zonas rurales sin conectividad.

Además, al utilizar un lenguaje visual sencillo, el sistema puede ser comprendido por cualquier persona, sin necesidad de entrenamiento técnico. Esto refuerza su potencial como modelo replicable en muchas otras regiones del país.

En un contexto de cambio climático y fenómenos meteorológicos cada vez más intensos, soluciones como esta representan una forma concreta y efectiva de reducir la vulnerabilidad de quienes históricamente han estado más expuestos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México (TECNM), por el apoyo otorgado en la Convocatoria de Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación 2024 (proyecto 19553.24-PD).

BIBLIOGRAFIA

- Secretaría de Gobernación (SEGOB). (n.d.). Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales (SIAT-CT; Secretaría de Gobernación, n.d.). Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Recuperado de <https://www.gob.mx/cenapred/acciones-y-programas/sistema-de-alerta-temprana-para-ciclones-tropicales>
- Aitsi-Selmi, A., Egawa, S., Sasaki, H., Wannous, C., & Murray, V. (2019). The Sendai Framework: A critical milestone in sustainable development. *International Journal of Disaster Risk Science*, 10(1), 1–12.
- Koga, Y., & Matsumoto, T. (2021). Resilient wireless networks for emergency communication. *IEEE Communications Magazine*, 59(3), 72–77.
- Patel, K., & Shah, P. (2020). IoT-enabled smart warning system for disaster-prone zones. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11, 1105–1118.
- García, C., & Camarena, S. (2022). Sistemas comunitarios de alerta temprana en América Latina: lecciones aprendidas. *Revista de Gestión del Riesgo de Desastres*, 8(1), 45–63.

- Pham, M. T., Le, T. D., & Phung, T. H. (2023). Low-cost disaster communication systems using LoRa and satellite hybrid architecture. *Sensors*, 23(4), 1083.
- Chiaraviglio, L. et al. (2020). Planning 5G networks in rural and low-income areas: The role of satellite backhaul. *IEEE Access*, 8, 132757–132775.
- Deutschmann, J., Hielscher, K. S. & German, R. (2022). Broadband internet access via satellite: performance measurements with different operators and applications. *ITG-Symposium*.
- Donati, A. & General, E. S. (2022). Integrating satellite applications in disaster risk management.
- Gomes, T., Tapolcai, J., Esposito, C., Hutchison, D., Kuipers, F., Rak, J. et al. (2016). A survey of strategies for communication networks to protect against large-scale natural disasters. *IEEE RNDM*.
- Juárez Pérez, F., Lugo Clemente, H., Reyes Juárez, F., Domínguez Carrillo, G. & Martínez R., S. (2023). Estudio del desempeño de comunicaciones satelitales Starlink para infraestructura móvil computacional. *TecNM Álamo Temapache*.
- Kruke, B. I. & Smith, K. (2021). Community participation and resilience in disaster early warning systems. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 64, 102496.
- Woodward, A. J. y Samet, J. M. (2018). Climate change, hurricanes, and health. *American Journal of Public Health*, 108(1), 33–35.



Robótica educativa transversal para mejorar el desempeño académico en estudiantes de ingeniería

Tanya Estrella Torres Valdez^{1}, Gustavo Arturo Castellanos Guzmán², Cristian Iván Moreno Aguilar¹*

¹Universidad Tecnológica de Altamira, ²TecNM-Instituto Tecnológico de Cd. Madero.

*ttorres@utaltamira.edu.mx

RESUMEN

Este proyecto se enfoca en la diseñar e implementar estrategias utilizando las STEM como herramienta para reducir el índice de reprobación, se considera proponer una serie de prácticas que llevan al alumno al interés de diseñar, programar e implementar lo aprendido en el aula en la fabricación de un robot el cual se utilizara en las materias de principios de programación y electrónica digital, que se imparten en la carrera de mantenimiento industrial de cuarto cuatrimestre en donde antes de proponer la fabricación del robot se realizó el análisis al programa de estudios de ambas materias, encontrando transversalidad. Esta metodología se implementó en dos ciclos escolares consecutivos. Como resultado de esta transversalidad, los estudiantes diseñaron un robot capaz de ejecutar una tarea industrial utilizando un sensor específico, lo que permitió cumplir con los objetivos de la asignatura de Principios de Programación y de Electrónica Digital. Posteriormente, el prototipo fue programado y optimizado en equipos de trabajo para participar en una competencia, en la cual el desempeño dependía de la calidad del diseño, la construcción y la programación del robot.

Palabras claves: robótica, inteligencia artificial, innovación educativa, formación profesional.

ABSTRACT

This project focuses on designing and implementing strategies using STEM as a tool to reduce failure rates. It is considered to propose a series of practices that lead students to become interested in designing, programming, and implementing what they have learned in the classroom in the manufacture of a robot that will be used in the subjects of programming principles and digital electronics, which are taught in the fourth semester of the industrial maintenance degree program. Before proposing the manufacture of the robot, the curriculum of both subjects was analyzed, finding transversality. This methodology was implemented in two consecutive school cycles. As a result of this cross-curricular approach, the students designed a robot capable of performing an industrial task using a specific sensor, which allowed them to meet the objectives of the Principles of Programming and Digital Electronics course. Subsequently, the prototype was programmed and optimized in work teams to participate in a competition, in which performance depended on the quality of the robot's design, construction, and programming.

Keywords: Robotics, Artificial intelligence, Educational innovation, Vocational training.

INTRODUCCIÓN

La metodología Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) ha emergido como un enfoque integral para fomentar en los estudiantes el interés por las disciplinas científicas y tecnológicas, con énfasis en el aprendizaje activo y el desarrollo de competencias para la resolución de problemas del mundo real (Restrepo et al, 2022). Estudios han demostrado que la implementación de estrategias STEM mejora significativamente la motivación estudiantil, al mismo tiempo que desarrolla habilidades transversales como el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo colaborativo (Singh, 2024; Wicaksono et al., 2024).

En la Universidad Tecnológica de Altamira, particularmente en el programa académico de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, se identificó una oportunidad de mejora en la enseñanza de las asignaturas Principios de Programación y Electrónica

Digital, impartidas en el cuarto cuatrimestre. Ambas materias, aunque con contenidos distintos, comparten fundamentos tecnológicos y lógicos que permiten una integración pedagógica a través de proyectos interdisciplinarios. Haciendo este análisis, se propone incorporar una estrategia basada en la disciplina de la Tecnología del modelo STEM, mediante la implementación de la robótica educativa como herramienta de vinculación curricular.

La incorporación de la robótica no solo promueve la aplicación práctica del conocimiento, sino que también potencia la comprensión conceptual al permitir que los estudiantes diseñen, programen y validen soluciones concretas a problemas técnicos. Diversos autores coinciden en que la robótica educativa favorece un aprendizaje más dinámico y contextualizado, especialmente en niveles superiores, donde los estudiantes requieren experiencias que vinculen teoría y práctica (Körei, 2024). No obstante, la transversalidad entre asignaturas como Programación y Electrónica suele abordarse de manera tardía o fragmentada, lo que genera un aprendizaje lento, particularmente en áreas abstractas como las matemáticas y otras vinculadas con la ingeniería (Ramírez et al, 2019).

La educación STEM se caracteriza por el enfoque interdisciplinario que incentiva el pensamiento crítico, la solución de problemas y la creatividad, las cuales son competencias necesarias para la formación de ingenieros y técnicos superiores universitarios (Asshagab et al., 2024; Anwar, 2023). En la educación superior tecnológica, el uso de las STEM ha demostrado aumentar la motivación estudiantil y favorecer el aprendizaje significativo al integrar teoría y práctica (Dauletkeldi, 2024)

En el programa académico de mantenimiento industrial, las STEM permiten relacionar diferentes áreas del conocimiento como la programación, la electrónica digital y el diseño utilizando programas CAD, ganando los alumnos con ello el poder solucionar problemas que les sean presentados en situación reales en un ambiente laboral (Prasad, 2024; Rock, 2019).

Actualmente el uso de la robótica educativa es muy utilizado como una herramienta innovadora para lograr desarrollar habilidades cognitivas y técnicas en los estudiantes. Su uso fomenta la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y el aprendizaje autónomo (Ferreira & Lima, 2023; Barradas et al., 2024). Algunos estudios muestran que la robótica aumenta la retención del conocimiento, sobre todo cuando se utiliza con fines aplicados y en entornos de aprendizaje activo (Mácha, 2023; Macko et al., 2023).

Asimismo, el uso de la robótica en asignaturas técnicas ayuda a vincular el conocimiento teórico con la parte práctica, lo cual se ve reflejado en aprendizaje significativo es decir que no se olvida (Karagounis, 2023).

La transversalidad curricular implica el diseño de experiencias de aprendizaje que relacionan contenidos de diversas áreas o asignaturas, promoviendo una formación más holística y coherente (Rosales, 2019). En educación superior tecnológica, esta estrategia ha demostrado ser efectiva para desarrollar competencias comunes (Shen, 2023; Rosa et al., 2022).

Cuando se integran asignaturas como programación y electrónica digital mediante un proyecto común como la construcción de un robot, se favorece el aprendizaje reduciendo repeticiones formativas (Lescano-Veloz et al., 2024; Sadik et al., 2024).

Diversos estudios muestran que se tienen altos índices de reprobación, vinculados a enfoques de enseñanza no adecuados y a la desconexión entre la teoría y la práctica (Emberley et al, 2023). La implementación de estrategias activas, como el aprendizaje basado en proyectos y el uso de tecnologías educativas, ha demostrado disminuir los niveles de reprobación (Kumar et al, 2024).

El diseño de proyectos aplicados como la competencia con robots promueve el sentido de logro, la apropiación del conocimiento y la mejora del rendimiento académico (López-Caudana et al., 2024; Phokoye et al., 2024).

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló bajo un diseño cuasi-experimental de tipo pretest–posttest con grupo único, complementado con análisis descriptivo y comparativo. Se implementó la estrategia de robótica educativa transversal en dos asignaturas (Principios de Programación y Electrónica Digital) durante dos periodos académicos consecutivos (2023-3 y 2024-3). En la figura 1 se muestra la metodología propuesta.

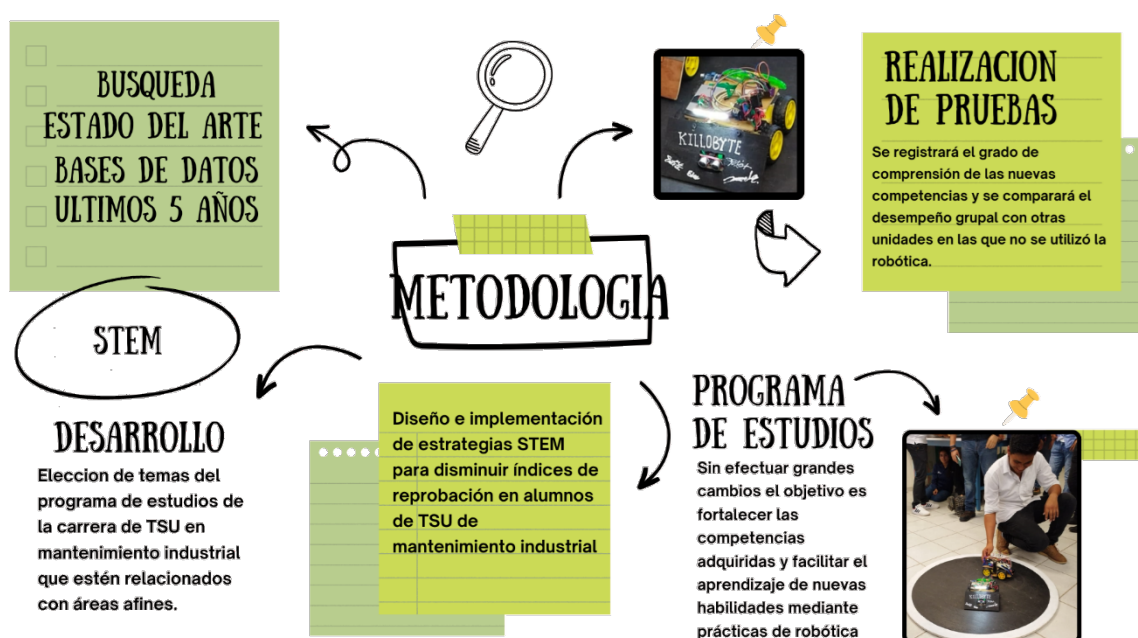


Figura 1. Metodología para el diseño e implementación de estrategias STEM para disminución de índices de reprobación.

La revisión del estado del arte se lleva a cabo en diversas bases de datos. Se elegirán sitios web y/o revistas especializadas que ofrezcan investigaciones de calidad comprobada, y se deben considerar publicaciones de los últimos cinco años.

Al incorporar las STEM en el desarrollo de componentes robóticos durante el curso de Principios de programación y Electrónica digital, se eligen temas del programa de estudios de la carrera de TSU en mantenimiento industrial que estén relacionados con áreas afines. Esto permite validar el conocimiento adquirido mediante la programación y el control de un robot.

Realización de pruebas sobre el uso de la robótica, evaluando el desarrollo de competencias del alumno mediante prácticas con robótica. Se registrará el grado de comprensión de las nuevas competencias y se comparará el desempeño grupal con otras unidades en las que no se utilizó la robótica.

Las estrategias se llevarán a cabo sin efectuar grandes cambios en el programa de estudios, con el objetivo de fortalecer las competencias adquiridas y facilitar el aprendizaje de nuevas habilidades mediante prácticas de robótica.

RESULTADOS

En la búsqueda del estado del arte, se consultaron bases de datos de revistas científicas que cuentan con JCR o ISSN. La información se filtró para incluir solo resultados de los últimos cinco años, y se emplearon diferentes criterios de búsqueda. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 1. Búsqueda de información

CRITERIO DE BÚSQUEDA	BASE DE DATOS	RESULTADOS OBTENIDOS
Robotic educación	IEEE	40
Robótica en la universidad	SCIELO	32
Uso de las STEM	DOAJ	65
STEM aplicados en estudiantes	Dialnet	51
STEM en la educación	Redalyc	87

Fuente: Elaboración propia.

Para vincular la robótica con el programa de estudios, se analizó el contenido de las asignaturas específicamente el resultado de las “CAPACIDADES DERIVADAS DE LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA” y la exigencia que esta requiere. Se encontró una transversalidad para llevar a cabo la implementación de las estrategias STEM para la disminución del índice de reprobación, se muestra la relación en la Tabla 2.

Tabla 2. Capacidades derivadas de las competencias profesionales a las que contribuye la asignatura.

ASIGNATURAS	CAPACIDAD	CRITERIO DE DESEMPEÑO
Electrónica Digital Principios de Programación	Verificar el trabajo ejecutado y el funcionamiento de las partes y componentes de sistemas electromecánicos corregidos de acuerdo a las condiciones de operación, especificaciones técnicas del fabricante y a las políticas establecidas para asegurar la prestación óptima del servicio.	Para el funcionamiento: - Medición de los parámetros de funcionamiento (según sea el caso, presión, temperatura, alimentación, potencia, rpm, entre otros) - Los compara los parámetros del fabricante - Realizar los ajustes necesarios - Validar el trabajo realizado

Se determinó realizar elementos de robótica a través de la construcción de un robot móvil para la materia de Principios de programación en donde desarrollaban una tarea en el área industrial utilizando un sensor para una tarea específica. Se realizan equipos de cinco alumnos como máximo y se forman alrededor de 13 a 14 proyectos por periodo, en la Tabla 3 se muestran sensores que se utilizaron y el número de equipo que lo utilizaron los sensores.

Tabla 3. Relación de sensores utilizados en los proyectos

MEDICIÓN ASIGNADA	SENSORES
Temperatura/Humedad	LM35, DHT11
Distancia	HC-SR04
Luz	LDR
Vibración	SW-420
Gas	MQ-7, MQ-135

Los robots se construyeron utilizando como controlador una placa de desarrollo Arduino que tiene un microcontrolador embebido y permite la conexión de sensores análogos y/o digitales, los cuales utilizaron también para la competencia para la materia de Electrónica digital. Se muestra uno de los robots construidos por los alumnos en la figura 2.

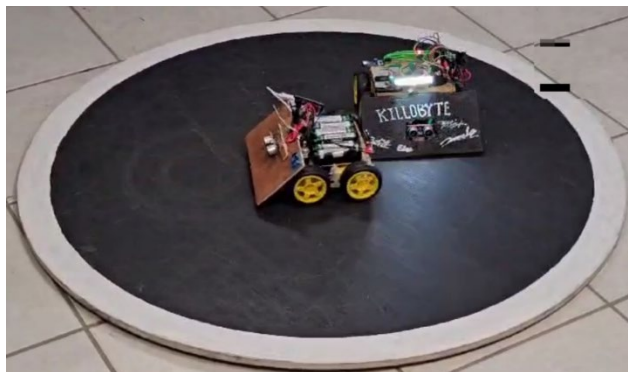


Figura 2. Robots construidos por los alumnos.

Las competencias que se realizaron en la materia de electrónica digital con los robots contruidos se llevaron a cabo por medio de eliminación entre los equipos resultando un equipo ganador.

Con estas estrategias se analizó las evaluaciones de los alumnos de los cuatro grupos de cuarto cuatrimestre en donde la implementación de las estrategias tiene como resultado satisfactorio en reducir al 0% el índice de reprobación de la calificación final en las dos asignaturas que se trabajaron de manera conjunta, en la Tabla 4, se muestra el desarrollo de las materias durante el periodo 2023-3.

Tabla 4. Desarrollo de las materias durante el periodo 2023-3.

MATERIA	% APROBACIÓN			% REPROBACIÓN			CALIFICACIÓN FINAL
	PARCIAL 1	PARCIAL 2	PARCIAL 3	PARCIAL 1	PARCIAL 2	PARCIAL 3	
ELECTRÓNICA DIGITAL	95	97	100	5	3	0	97
PRINCIPIOS DE PROGRAMACIÓN	75	86	100	25	14	0	87

En la Tabla 5, se muestra los resultados obtenidos en el periodo 2024-3, en el que nuevamente no se tuvo reprobación de las asignaturas en esta segunda implementación de la metodología planteada.

Tabla 5. Desarrollo de las materias durante el periodo 2024-3.

MATERIA	% APROBACIÓN			% REPROBACIÓN			CALIFICACIÓN FINAL
	PARCIAL 1	PARCIAL 2	PARCIAL 3	PARCIAL 1	PARCIAL 2	PARCIAL 3	
ELECTRÓNICA DIGITAL	85	90	100	15	10	0	92
PRINCIPIOS DE PROGRAMACIÓN	87	94	100	13	6	0	94

Las estrategias que se diseñaron e implementaron para la realización de prácticas de robótica para la incorporación de las STEM las cuales se mencionan en el siguiente listado.

- Lectura de señales análogas y digitales.
- Construcción de un robot móvil.
- Programación de rutinas en el robot móvil dependiendo la función a realizar, un enfoque industrial o de competencia.

En ambos periodos se aprecia un índice 0% de reprobación y en el último periodo se puede observar un mejor desempeño que se ve reflejado en un promedio más alto que el periodo anterior.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante los ciclos 2023-3 y 2024-3 evidencian un impacto positivo de la estrategia basada en robótica educativa transversal en la reducción del índice de reprobación en asignaturas técnicas como Electrónica Digital y Principios de Programación. La disminución al 0% de estudiantes reprobados no solo implica un mejor rendimiento académico, sino que sugiere una mayor comprensión de los contenidos, lo que está en línea con estudios previos que vinculan la robótica educativa con el aprendizaje significativo (Karagounis, 2023) .

La participación activa de los estudiantes en el diseño, construcción y programación de robots permite la aplicación directa del conocimiento teórico a contextos reales o simulados, promoviendo la transferencia del aprendizaje (Ferreira, 2023). Además, la competencia entre equipos genera una motivación adicional, al otorgar un propósito tangible a la aplicación del conocimiento, lo cual está alineado con las teorías de aprendizaje basado en proyectos.

Comparando con otras experiencias similares documentadas en la literatura (Sadik et al., 2024; Macko et al., 2023), se observa que la integración transversal de asignaturas mediante la robótica favorece la articulación de competencias comunes, reduce la redundancia formativa y estimula el trabajo colaborativo. Estos factores son fundamentales para aumentar la retención de conocimientos en programas de ingeniería.

Otro aspecto relevante es que la estrategia no implicó una modificación formal del programa de estudios, sino una reinterpretación pedagógica de los resultados de aprendizaje esperados. Esta flexibilidad sugiere que iniciativas similares podrían ser replicadas en otros programas de educación superior tecnológica sin requerir reformas curriculares estructurales.

En términos de impacto institucional, la experiencia fortalece la cultura de innovación pedagógica y ofrece una evidencia concreta de que es posible mejorar indicadores críticos como la reprobación sin sacrificar el rigor académico. No obstante, es necesario considerar algunas limitaciones: el tamaño de muestra es reducido y no se realizó un seguimiento longitudinal del desempeño posterior de los estudiantes.

Finalmente, se sugiere que futuras investigaciones profundicen en la percepción estudiantil respecto a la estrategia, así como en la medición de otras variables asociadas al aprendizaje significativo como la autonomía, la creatividad o la autoeficacia.

CONCLUSIONES

La implementación de estrategias educativas basadas en el enfoque STEM, centradas en el diseño, programación y construcción de robots, ha demostrado ser una herramienta para mejorar el desempeño académico de los estudiantes de la carrera de Mantenimiento Industrial en la Universidad Tecnológica de Altamira. Al integrar prácticas que combinan conocimientos de programación y electrónica digital, sin necesidad de modificar el programa de estudios vigente, se observó una mejora notable en los índices de aprobación. Específicamente, se pasó de una tasa de reprobación del 25% al 0% durante la ejecución del proyecto, lo cual representa un avance significativo. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que la transversalidad curricular y el aprendizaje práctico no solo motivan a los estudiantes, sino que también fortalecen sus competencias técnicas. La repetición de la experiencia durante el periodo 2023-3 permitió validar los hallazgos preliminares, lo que subraya el potencial de las metodologías STEM como estrategia pedagógica con impacto positivo, escalable y replicable en contextos similares.

LITERATURA CITADA

- Anwar, P. U. (2023). Effects of STEM Integration in Science Learning on Critical Thinking and Creative Thinking Skills: A Meta-Analysis. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika.*, 9(2).
- Asshagab et al, S. M. (2024). Menggali potensi mahasiswa melalui pendekatan stem untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan kreativitas dalam

pembelajaran mekanika. *Cahaya* 2(2), 78-89.
doi:<https://doi.org/10.70115/cahaya.v2i2.182>

Barradas, R. L. (2024). Arduino-Based Mobile Robotics for Fostering Computational Thinking Development: An Empirical Study with Elementary School Students Using Problem-Based Learning Across Europe. *Robotics*, 13(11), 159.
doi:<https://doi.org/10.3390/robotics13110159>

Dauletkeldi, A. D. (2024). The importance of using stem technology in education. *Dulaty University Habarşysy*, 59-66. doi:<https://doi.org/10.55956/hqcl9818>

Eguchi, A. (2014). Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation. *In Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotics* , 27-34.

Emberley et al, A. C. (2023). Engineering survivors: Students who persisted through academic failures. *Journal of Engineering Education*.
<https://doi.org/10.1002/jee.20564>, 12-29. doi: <https://doi.org/10.1002/jee.20564>

Ferreira, F. &. (2023). The use of educational robotics in the development of students' computational thinking and cognitive skills: a systematic literature review. *Renote*, 21(1), 363-372. doi:<https://doi.org/10.22456/1679-1916.134378>

Karagounis, A. (2023). Robotics as a Simulation Educational Tool. *arXiv.Org*, *abs/2312.05582*, 1-4. doi:<https://doi.org/10.48550/arxiv.2312.05582>

Körei, A. S. (2024). An Educational Robotics Approach to Drawing and Studying Central Trochoids at the University Level. *Sustainability* 2024, 16(22), , 9684.
doi:<https://doi.org/10.3390/su16229684>

Kumar et al, S. S. (2024). Bridging Theory and Practice: Innovative Approaches in Contemporary Engineering Education. *IEEE*, 1-8.
doi:<https://doi.org/10.1109/tale62452.2024.10834315>

Lescano-Veloz, A. A.-G.-L.-F. (2024). Integración de Tecnologías Digitales Emergentes para Mejorar el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje en la Asignatura de Robótica en la Formación Tecnológica. *MQRInvestigar*, 8(4), 247-274.
doi:<https://doi.org/10.56048/mqr20225.8.4.2024.247-274>

López-Caudana et al, E. D. (2024). Development of Academic Projects with Robotics for Social Support: Initiatives of Mexican engineering Students. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1-9.
doi:<https://doi.org/10.1109/educon60312.2024.10578766>

Mácha, L. Š. (2023). Use Case Driven Active Teaching in Robotics for Education and Continuous Professional Development Through a 6-DOF Open-Source Robotics

- Platform. Em *Advances in service and industrial robotics* (pp. 115-122). Czech Republic: Springer Nature Switzerland AG. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-031-32606-6_14
- Macko et al, V. F. (2023). Using Educational Robotics to Support Active Learning Experiences and Foster Computational Thinking Skills among Non-STEM University Students. *IEEE*, 1-8. doi:<https://doi.org/10.1109/tale56641.2023.10398343>
- Phokoye et al, S. P. (2024). Exploring the Adoption of Robotics in Teaching and Learning in Higher Education Institutions. *Informatics*, 11(4), 1-15. doi:<https://doi.org/10.3390/informatics11040091>
- Prasad, G. (2024). Advances in Educational Technologies and Instructional Design Book Series. Em G. Prasad, *Investigation of STEM in Industry 5.0* (pp. 331-343). Punjab, India: IGI Global. doi:<https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7645-4.ch013>
- Ramírez et al, A. &. (2019). Resto de la transversalidad en la educación tecnológica universitaria. *Revista Iberoamericana de Educación Técnica*, 7(2),, 44-59.
- Restrepo et al, D. (2022). Education 4.0 integration of educational robotics and smart mobile devices as a didactic strategy for the training of engineers in STEM. *DYNA*, 124-135.
- Rock, D. (2019). Engineering Value: The Returns to Technological Talent and Investments in Artificial Intelligence. *Social Science Research Network*, 1-72. doi:Rock, Daniel, Engineering Value: The Returns to Technological Talent and Investments in Artificial Inte<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3427412>
- Rosa et al, N. B. (2022). Integrating transversal skills into higher education in health and social care. *8th International Conference on Higher Education Advances*, 1-9. doi:<https://doi.org/10.4995/head22.2022.14570>
- Rosales, C. L. (2019). ¿Cuales son los ámbitos de transversalidad educativa? *Innovación educativa No. 29*, 109-123. doi:<http://dx.doi.org/10.15304/ie.29.6023>
- Sadik, M. A. (2024). he Influence of Educational Robotics in STEM Integrated Learning and the Development of Computational Thinking Abilities. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 13(3), 760-768. doi: <https://doi.org/10.23887/janapati.v13i3.81608>
- Shen, Q. (2023). Research on Intelligent Allocation and Optimization Algorithm of Higher Education Resources Based on PSO. *IEEE 3rd International Conference on*

Electronic Communications, Internet of Things and Big Data (ICEIB), 396-399.
doi:10.1109/ICEIB57887.2023.10170632.

Singh, K. N. (2024). Promoting Creativity and Collaboration: Innovative Interdisciplinary Approaches to Enhance STEM Education and Critical Thinking in Students. *International Journal of Emerging Knowledge Studies*, 546-551.
doi:<https://doi.org/10.70333/ijeks-03-09-004>

Wicaksono, I. F. (2024). The Effect of Inquiry Learning Model with STEM Approach on Students' Critical Thinking Skills in Science Learning. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 12(3), 478-486. doi:<https://doi.org/10.20527/bipf.v12i3.19677>



Detector GPR para búsqueda de zonas subterráneas con agua

Juan Jesús Pérez Arteaga^{1}, Juan Carlos Ramírez Vázquez¹, Elizabeth Juárez Fernández¹, Juan Pablo Hernández Ortega¹*

¹TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

*juan.perez@itspanuco.edu.mx

RESUMEN

La geofísica aplicada a la detección subterránea desempeña un papel fundamental en sectores como la agricultura, la ingeniería civil, y el estudio y protección del medio ambiente. Mediante el uso de tecnologías avanzadas, como los radares de penetración terrestre (GPR) y los sistemas de detección de agua subterránea por satélite, es posible obtener una visión detallada y precisa del subsuelo, lo que permite a los expertos comprender las características del terreno y su dinámica a distintos niveles de profundidad. Razón por la cual el objetivo de esta investigación es presentar una propuesta de integración de un sistema GPR. Donde se describen todos los elementos que lo conformarán, siguiendo una metodología tipo modelado en cascada. Es posible mencionar como conclusiones previas que se concluirá con la integración de diferentes sistemas mecánicos y electrónicos que conformaran el GPR. Esto es crucial para una gestión más sostenible y responsable de los recursos naturales, especialmente en tiempos de escasez de agua y necesidad de conservación del suelo. El uso de GPR, por ejemplo, permite detectar la presencia de agua subterránea y otros elementos, además de facilitar el monitoreo de contaminantes en el suelo, la identificación de cavidades, y la evaluación geotécnica antes de iniciar grandes proyectos de infraestructura. Esta tecnología se utiliza en combinación con guías y estudios técnicos que destacan principios y aplicaciones, así como métodos de interpretación de señales para facilitar su empleo en proyectos reales.

Palabras clave: geofísica aplicada, radar de penetración terrestre (GPR), detección subterránea, recursos naturales.

Abstract

Geophysics applied to subsurface sensing plays a key role in sectors such as agriculture, civil engineering, and the study and protection of the environment. Through the use of advanced technologies, such as ground penetrating radar (GPR) and satellite groundwater detection systems, it is possible to obtain a detailed and accurate view of the subsurface, allowing experts to understand the characteristics of the terrain and its dynamics at different depth levels. For this reason, the objective of this research is to present a proposal for the integration of a GPR system. Where all the elements that will integrate it are described, following a cascade modeling methodology. It is possible to mention as previous conclusions that it will be concluded with the integration of different mechanical and electronic systems that will conform the GPR. This is crucial for a more sustainable and responsible management of natural resources, especially in times of water scarcity and the need for soil conservation. The use of GPR, for example, makes it possible to detect the presence of groundwater and other elements, in addition to facilitating the monitoring of contaminants in the soil, the identification of cavities, and geotechnical evaluation prior to initiating large infrastructure projects. This technology is used in combination with technical guides and studies that highlight principles and applications, as well as signal interpretation methods.

Keywords: applied geophysics, ground-penetrating radar (GPR), underground detection, sustainable management, natural resources.

INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más afectado por el cambio climático y la presión sobre los recursos naturales, tecnologías avanzadas como el radar de penetración terrestre (GPR) y los sistemas de teledetección han cobrado una relevancia crucial en áreas como la agricultura, la ingeniería civil y la gestión de recursos hídricos. Los métodos geofísicos de prospección, como el GPR, permiten visualizar y analizar el subsuelo sin necesidad de excavaciones invasivas, aportando información detallada sobre la composición,

estructura y propiedades de la tierra, lo que facilita la toma de decisiones informadas en proyectos de desarrollo e impacto ambiental.

La tecnología relevante en contextos donde su disponibilidad y necesidad de monitoreo de zonas subterráneas de contaminantes son evidentemente enormes. Artículos publicados por Alain Gachet explican la detección y eficacia de los recursos hídricos por satélites y como dispositivos GPR contribuyen a evitar malas prácticas agrícolas y a regular el uso de agua. Algunas aplicaciones del GPR van desde la identificación de zonas acuíferas hasta materiales contaminantes.

Además, en el ámbito de la ingeniería civil y la mecánica de suelos, el GPR se ha consolidado como una herramienta invaluable para evaluar condiciones subterráneas antes de construir. Al integrar este tipo de metodologías con modelos numéricos y simulaciones prácticas, ingenieros y técnicos pueden anticipar riesgos, mejorar la precisión de sus proyectos y reducir el impacto ambiental, abordando tanto la estabilidad de las estructuras como la preservación de los recursos naturales.

El cambio climático y la creciente presión sobre los recursos naturales han impulsado la adopción de tecnologías innovadoras que permiten una gestión más eficiente y sostenible del medio ambiente. Como parte de la justificación de este estudio se puede mencionar que el radar de penetración terrestre (GPR) como Herramienta y los sistemas avanzados de teledetección desempeñan un papel clave en sectores como la agricultura, la ingeniería civil y la conservación de recursos hídricos. Estas tecnologías posibilitan la exploración y análisis detallado del subsuelo, ofreciendo datos esenciales para la toma de decisiones informadas en proyectos de desarrollo sostenible y mitigación de impactos ambientales.

El uso del GPR resulta especialmente valioso en escenarios donde el monitoreo de recursos hídricos y la identificación de contaminantes son críticos. Gracias a su capacidad para generar imágenes detalladas del subsuelo sin necesidad de intervenciones invasivas, el GPR (ver figura1) permite localizar acuíferos, analizar zonas de recarga y detectar elementos contaminantes, contribuyendo así a un manejo más responsable de los recursos.



Figura 1. Radar de penetración terrestre.
Fuente: Tomada de Internet (2024).

METODOLOGÍA

Investigadores como Alain Gachet destacan la efectividad de combinar datos satelitales con tecnologías geofísicas para optimizar la gestión del agua en regiones con estrés hídrico.

El uso del radar de penetración terrestre presenta una alternativa no invasiva la cual facilita la detección de recursos sin necesidad de perforaciones. Distintos artículos como (Rodríguez Robles & Moreno Arregondo, 2021) y (Geology Science, 2023) resaltan las variaciones de conductividad del suelo mediante el uso del GPR se señala la intervención de agua subterránea. La técnica del GPR aparte de ser eficiente es económica en comparación con los métodos tradicionales.

Diversas instituciones destacan la relevancia de incorporar tecnologías geofísicas en el análisis del medio ambiente. Ambas fomentan el uso del dispositivo GPR (Radar de Penetración de Tierra) para la identificación de distintos recursos y la evaluación de los impactos ambientales, evidenciando así la necesidad de un enfoque integral en la gestión de recursos.

Además, revisiones como las publicadas por MDPI (MDPI, 2022) resaltan la utilidad del GPR en el estudio de la dinámica del agua en suelos no saturados, evidenciando cómo esta tecnología genera imágenes detalladas que ayudan a comprender los flujos de agua. Con los avances en el ámbito de la física moderna, surgen innovaciones que optimizan la calidad y resolución de los datos recolectados, permitiendo un análisis más profundo y

preciso del subsuelo. En conjunto, estas metodologías reflejan un avance significativo en la detección y gestión de recursos hídricos, ofreciendo herramientas fundamentales para promover la sostenibilidad ambiental.

Como se puede observar el procedimiento empleado inicialmente en el desarrollo de esta investigación consistió de 2 etapas: un tipo documental y una segunda tipo experimental. Para ello en la etapa experimental se iniciaron las primeras pruebas con un sistema ultrasónico que forma parte del prototipo meta de esta investigación. Para poder implementarlo de forma correcta, comprender de mejor manera sus ilustraciones presentadas en pantalla de una Tablet anexa que cuenta, botones que le conforman, etc, es decir todo el sistema; se buscaron algunas fuentes de información que incluía el dispositivo. Esto con la finalidad de poder verificar cómo es posible adaptarlo en el prototipo a fabricar. Así también, pueden observarse las primeras pruebas del dispositivo, como también el cambio de idioma y el cambio de hora para la región de América Latina, ver figura 2.



Figura 2. Configuración de equipo ultrasónico.

Dentro de los trabajos para la integración del prototipo de GPR a armar, se adaptó una podadora en desuso para colocarle el sensor ultrasónico y la Tablet indicadora ver figura 3, la cual muestra las posibles zonas donde se encuentra agua; a una distancia de 8 metros de profundidad aproximadamente. También, muy importante es verificar el sensor ultrasónico, se encuentre colocado en la podadora y a una distancia del piso de aproximadamente de 3 cm. Ver figura 4.



Figura 3. Adecuación de Podadora.



Figura 4. Sensor ultrasónico en podadora.

Pruebas en campo (ver figura 5), permitieron comprobar que el prototipo armado si es funcional, toda vez que se realizaron varios muestreos entre 8 y 10 metros, donde se realizaron análisis y estimaciones para verificar dicha profundidad (Sensors & software freom Radiodetection, 2025). Así también, fueron identificados dichos valores (Rodríguez Robles & Moreno Arregondo, 2021) en la Tablet (ver figura 6). La interpretación de las imágenes no es tarea fácil e interpretarlos adecuadamente resulta ser un tema un tanto no muy fácil (Flores García, 2016). Existen literaturas que muestran tendencias actuales y futuras del manejo de imágenes obtenidas con equipos GPR (A.P., 2002). Dentro de las incorporaciones realizadas a la estructura que soporta a la Tablet y el sensor se incluyo una carcasa de podadora (fig. 7), para en otro momento poder realizar pruebas en campo en diferentes zonas y verificar la presencia del líquidos.



Figura 5. Muestreos en campo.



Figura 6. Señales indicadoras de agua.



Figura 7. Podadora adaptada para portar sensor y Tablet.



Figura 8. Pruebas en campo con indicaciones visibles.

RESULTADOS

Dentro de las interrogantes planteadas se pueden mencionar las siguientes: ¿será posible crear un sistema GPR económico y de fácil armado?, ¿podría un GPR servir como herramienta didáctica para trabajo en instituciones educativas?. Estas dudas pueden ser resueltas haciendo continuación al desarrollo y uso de este prototipo de Sistema GPR

con las características descritas y para la finalidad comentada. En estudios realizados a sistemas hidráulicos para drenajes pluviales se han podido prever acciones que apoyen en casos de contingencias futuras (Suaréz Burgoa, 2009), contando con la ayuda de un sistema GPR.

DISCUSIÓN

Este artículo presenta un análisis de diferentes fuentes de información relacionadas a la aplicación de tecnología satelital para la detección de agua subterránea. Y otras propuestas como:

Geology Science: Esta fuente detalla los principios y aplicaciones del radar de penetración terrestre (GPR), proporcionando una base técnica sobre su funcionamiento y áreas de aplicación. Resulta útil para comprender los aspectos fundamentales y las variables que influyen en el GPR, aunque su enfoque es más teórico que práctico.

GPRS: Este documento se enfatiza el uso del GPR para temas ambientales, el muestreo de aguas subterráneas y la detección de contaminantes, describe detalladamente cómo se usa el GPR para estos estudios, siendo práctico y útil para trabajos específicos de agua y medioambiente.

UNAM: La tesis sobre el análisis de señales GPR con la transformada de Wigner-Ville es una investigación experimental aplicada en ingeniería civil. El estudio utiliza un enfoque matemático para el análisis de datos GPR, útil para trabajos avanzados en detección de objetos subterráneos.

Ground Penetrating Radar Theory and Applications: Este libro es una referencia académica amplia sobre la teoría y aplicaciones del GPR, ofreciendo una metodología detallada y completa. Es clave para el análisis de casos de estudio prácticos y esencial para investigaciones avanzadas.

Cybertesis UACH: Esta tesis es fumedal, utiliza una metodología de campo como evaluador del impacto ambiental, integrando monitoreo de suelo y agua. No se enfoca

específicamente en GPR, aunque su enfoque es compatible con estudios de prospección ambiental.

Sensors & Software: El estudio analiza la profundidad de penetración del GPR, siendo esencial en la configuración y uso del equipo. Su metodología es técnica y práctica, ideal para estudios en geotecnia y medioambiente. Así también, en “Diseño de equipos GPR avanzados para aplicaciones de ingeniería civil” (Manacorda y otros, 2015) son descritos diferentes propuestas de radares penetrantes y empleados en el área de Ingeniería Civil (Cedolini & Quinteros, 2022).

Así también, muestra el desarrollo de una propuesta de prototipo fabricado con diferentes elementos para conformar un GPR tipo didáctico y económico, comparado con similares equipos en venta al público. Se espera en futuras investigaciones relacionadas a este prototipo desarrollado, brinden más datos tomando en cuenta diferentes tipos de suelos, alturas de posición del sensor, condiciones de operación en zonas tipo pozos con aceites y agua. Variante en los tipos de antenas empleadas (Pajewski y otros, 2015).

En la tabla 1, se muestran características de GPR implementados con tecnologías satelitales, los beneficios que pueden aportar, un análisis de literaturas relacionadas, hallazgos y comparativos, incluyendo limitaciones a considerar. Otra consideración muy importante es comprender la dinámica de los suelos (Review of Ground Penetrating Radar Applications for Water Dynamics Studies in Unsaturated Zone, 2022).

CONCLUSIONES

Tabla 1 Características del GPR

Aspecto	Descripción
Implementación de GPR y tecnologías satelitales	Durante la implementación, se detectaron cuerpos de agua subterránea en diferentes áreas geológicas. El GPR demostró ser efectivo en suelos arenosos y no saturados, pero mostró limitaciones en suelos arcillosos. Se destacó la relevancia de combinar datos satelitales y GPR para superar estas limitaciones.

Beneficios de la integración de GPR y satélites	La integración permitió una identificación más precisa de acuíferos subterráneos, lo cual es clave para la administración hídrica en áreas agrícolas y zonas afectadas por la sequía. La combinación de ambas tecnologías mejoró la precisión en terrenos con propiedades conductivas variadas, aumentando la efectividad del método.
Hallazgos en comparación con estudios anteriores	Los resultados coinciden con estudios anteriores que demuestran la efectividad del GPR en suelos con baja conductividad (Gachet, SciELO). Sin embargo, se confirmaron las limitaciones en suelos arcillosos, como se mencionó en estudios de MDPI y GPRS. La novedad reside en la combinación con datos satelitales, aún no estudiada exhaustivamente.
Relaciones y diferencias con estudios previos	Las principales diferencias radican en la limitación del GPR en suelos de alta conductividad y la propuesta de integración con sistemas satelitales, menos explorada en investigaciones anteriores. Este enfoque representa un avance importante para estudios hidrológicos en áreas problemáticas.
Limitaciones del estudio	- La penetración del GPR en suelos arcillosos fue limitada, incluso con la integración satelital. - La escalabilidad a nivel global aún presenta desafíos técnicos. - En algunas áreas, la obtención de datos uniformes fue un problema.

LITERATURA CITADA

- A.P., A. (2002). History, Trends, and Future Developments. Subsurface Sensing Technologies and Applications 3. *Springer Nature Link*, 3, 253–270. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1020657129590>
- Bautista-Santos, H., Martínez-Flores, J. L., Fernández-Lambert, G., Bernabé-Loranca, B., Sánchez-Galván, F., & Sablón-Cossío, N. (2015). Modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas. *Dyna*, 145-154.
- Cedolini, M., & Quinteros, R. (4 de 11 de 2022). USOS Y APLICACIONES DE EQUIPO DE RADAR DE PENETRACIÓN (GPR) EN EL ÁMBITO DE LA INGENIERÍA CIVIL. MODELOS PRÁCTICOS Y NUMÉRICOS PARA INTERPRETACIÓN DE SEÑALES. *Asociación Argentina de Mecánica computacional*, 241-250. Obtenido de file:///C:/Users/jrav0/Downloads/6329-24878-1-PB.pdf

- Flores García, W. A. (2016). El radar de penetración terrestre como una herramienta de geofísica somera, aplicado a la exploración arqueológica. *Ravista Geofísica*(66), 77-93. <https://doi.org/https://revistasipgh.org/index.php/regeofi/article/view/228>
- Manacorda, G., Persico, R., & Scott, F. (2015). Design of Advanced GPR Equipment for Civil Engineering Applications. *Springer Nature Link*, 3-39. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-04813-0_1
- Pajewski, L., Tosti, F., Kusayanagi, & W. (2015). Antennas for GPR Systems. *Civil Engineering Applications of Ground Penetrating Radar. Springer Transactions in Civil and Environmental Engineering*. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-04813-0_2
- Review of Ground Penetrating Radar Applications for Water Dynamics Studies in Unsaturated Zone. (2022). *MDPI Open Acces Journals*, 14-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/rs14235993>
- Rodríguez Robles, U., & Moreno Arregondo, J. T. (27 de SEP de 2021). *Geofísica para la prospección agrícola y forestal: guía para interpretar imágenes del subsuelo*. Obtenido de Madera y bosques : https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712021000100301
- Sensors & software freom Radiodetection. (29 de 01 de 2025). *Sensoft*. Obtenido de Estimación de la penetración de GPR en el suelo: <https://www.sensoft.ca/es/blog/estimating-gpr-penetration-depth/>
- Suaréz Burgoa, L. (2009). Obras subterráneas en conurbaciones, Soluciones debajo de la superficie para problemas en la superficie. *Revista de Arquitectura*, 11(11), 97-107. <https://doi.org/ISSN: 1657-0308>



Condiciones de trabajo y su influencia con la productividad

Aracely García Morles¹, Alma Leticia Cruz Méndez^{1}, Edgar Jearvavi Vázquez Moreno¹, Jesús Gómez Castellanos¹*

¹TecNM, Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

*alma.cruz@itspanuco.edu.mx

RESUMEN

El presente artículo analiza la influencia de las condiciones de trabajo en la productividad, enfatizando la forma en que los factores como el entorno organizacional, las relaciones laborales y el bienestar mental y físico de los trabajadores afectan directamente en el desempeño. Según Cazorla (2022), las condiciones de trabajo, incluyendo riesgos físicos y psicosociales, pueden generar estrés y afectar la calidad del trabajo. La productividad, definida como la relación que existe entre los bienes y servicios producidos y los recursos utilizados, es clave para la optimización de los recursos organizacionales (Sladogna, 2017).

Estudios, como los de Sierra (2021) y Acuña (2023), resaltan la importancia de la gestión de riesgos laborales y la satisfacción del personal para mejorar la productividad. Además, Muñoz y Lombeida (2021) enfatizan el papel primordial del factor humano y de la gestión de conflictos en el desempeño organizacional.

La metodología utilizada en esta investigación incluye un análisis estructural de ecuaciones y un cuestionario aplicado al personal de una clínica localizada en Pánuco, Veracruz, con el fin de evaluar cómo las condiciones laborales impactan la productividad.

Los resultados obtenidos revelan que la dimensión "organización y método" tiene un mayor impacto sobre la productividad, sugiriendo que mejorar aspectos como horarios, descansos y salario puede generar un entorno laboral más motivador y, de esta forma, mejorar el rendimiento organizacional.

PALABRAS CLAVE: condiciones de trabajo, productividad, organización.

ABSTRACT

This article examines the influence of working conditions on productivity, emphasizing how factors such as the organizational environment, labor relations, and the mental and physical well-being of workers directly affect performance. According to Cazorla (2022), working conditions, including physical and psychosocial risks, can generate stress and impact the quality of work. Productivity, defined as the relationship between the goods and services produced and the resources used, is key to optimizing organizational resources (Sladogna, 2017).

Studies, such as those by Sierra (2021) and Acuña (2023), highlight the importance of managing occupational risks and employee satisfaction to improve productivity. Furthermore, Muñoz and Lombeida (2021) emphasize the primary role of the human factor and conflict management in organizational performance.

The methodology used in this research includes structural equation analysis and a questionnaire applied to the staff of a clinic located in Pánuco, Veracruz, in order to assess how working conditions impact productivity.

The results reveal that the "organization and method" dimension has the greatest impact on productivity, suggesting that improving aspects such as working hours, breaks, and salary can create a more motivating work environment, thus improving organizational performance.

KEYWORDS: working conditions, productivity, organization.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las empresas llevan a cabo las actividades operativas, sin concernir las condiciones de trabajo que enfrenta el personal al cumplir las funciones de las tareas para los que han sido contratados. Las condiciones de trabajo influyen directamente en la productividad, ya que uno de los retos a los que se enfrentan las organizaciones es mantener las características de un ambiente confortable para que los empleados desempeñen las actividades encomendadas, proporcionen un rendimiento laboral, obtengan satisfacción laboral, cumplan con la responsabilidad y la calidad, finalmente

impactará en la productividad. Además, las condiciones de trabajo son importante para el desarrollo de las habilidades del trabajador y el mejoramiento de las actividades, propiciando que el empleado aspira a quedarse en la organización, ya que son el valor fundamental para el rendimiento empresarial.

Las condiciones de trabajo y su influencia con la productividad es un factor significativo en las empresas, según Cazorla García (2022) las condiciones de trabajo son conjunto de elementos y factores de riesgo del entorno que influyen, afectan la salud física y mental, así como es la aparición de cuadros de estrés cuando se enfrenta a diversas exigencias durante el desarrollo de su labor, repercutiendo en la calidad. De acuerdo a Sierra Hernáiz (2021) las relaciones laborales en la prevención de riesgos es el tratamiento de los riesgos psicosociales como riesgos emergentes; por otra parte, Acuña Chonta (2023) establece que son factores que impactan en la satisfacción laboral del personal.

La productividad en el trabajo se encarga de medir y calcular los bienes y servicios que han sido producidos por cada factor utilizado durante un periodo determinado, por lo que nos serviría para optimizar recursos en la organización, detectar la ineficiencia para la toma de decisiones y lograr un mejor estatus empresarial. Según Sladogna (2017) productividad es una relación entre los resultados y el tiempo que lleva para conseguirlos y una relación entre cantidad y calidad de bienes o servicios producidos, y la cantidad y calidad de recursos utilizados para producirlos.

De acuerdo a Muñoz y Lombeida (2021) es importante analizar los factores que merman la productividad, la gestión de conflictos y el factor humano como elemento clave, desde diferentes temáticas vinculadas a la gestión, sin embargo, según Valdez León (2022) en su investigación da a conocer los diversos aspectos que afectan la productividad del personal, considera el instrumento de gestión que permite el incremento de la productividad, establece que la administración del personal es un factor muy importante para la eficiente labor, ya que consiste en la organización, desarrollo, planeación y coordinación de todas las actividades, minimizando los conflictos de áreas, dividiendo el trabajo de manera equitativa, fomentando el orden, por lo cual podemos tener un control de las actividades de cada persona obteniendo una labor eficiente.

Así mismo, Loayza (2022) determina fortalezas y debilidades de las dimensiones de productividad de la empresa a través del análisis de factores externos el cual constituye una herramienta de planificación estratégica para definir el contexto de un negocio e identificar sus oportunidades y amenazas. Según Ruiz, Zavala y Ysea (2022) comenta que es razonable plantear como estrategia de productividad, el cumplimiento de metas a ser ejecutadas en lapsos específicos. Según Ramírez Ronceros (2022) encuentra la causa principal de baja productividad, mediante un análisis, el cual le permitió descubrir un exceso de carga, procesos no estandarizados y las horas hombre improductivas generando disminución de eficiencia y eficacia en el proceso. Araujo Poma (2022) demuestra que el ausentismo laboral, sí se relaciona con la productividad, que a menor ausentismo laboral mayor será la productividad.

Según Prokopenko (1989) además de la identificación de riesgos que debe realizar continuamente un trabajador durante su contrato laboral, la organización debe identificar los peligros con los cuales puede encontrarse un colaborador durante el cumplimiento de sus funciones, sin olvidar en adaptar los espacios físicos que puedan generar un riesgo o accidente y tomando medidas preventivas, de manera que se brinden las herramientas y mobiliarios necesarios para generar un ambiente seguro de trabajo, así mismo el mejoramiento real de la productividad no se consigue intensificando el trabajo, sino trabajar de manera más inteligente, teniendo en cuenta el aumento del costo de la energía y de las materias primas, un trabajo más duro da por resultado baja productividad debido a las limitaciones físicas del ser humano.

Las condiciones de trabajo y su influencia con la productividad son un conjunto de diversos factores, que de manera espontánea o ambigua se encuentran concernientes con la manera en que se llevan a cabo las actividades laborales, incurriendo en la experiencia del trabajo o que constituyen la base sobre la cual se sustentan las relaciones laborales durante un periodo determinado. Sin embargo, el principal indicador del mejoramiento de la productividad es una relación que se tiene entre la organización y la capacidad potencial del trabajador en términos numéricos, de costo o de tiempo, con respecto a la empresa es decir como la relación entre el valor añadido y el costo de todos los componentes del insumo, y la productividad es la relación del producto expresado en

unidades físicas en toneladas o número de bienes producidos de esta manera, la productividad es la relación entre el ingreso nacional y el gasto total o costos de la mano de obra, si solo interesa la productividad del trabajo.

Además, las condiciones de trabajo y su influencia con la productividad son un factor inevitable en todas las organizaciones, ya que es un conjunto diverso de elementos que de manera espontánea o ambigua se encuentran concernientes con la manera en que se llevan a cabo las actividades laborales, incurriendo en la experiencia del trabajo o que constituyen la base sobre la cual se sustentan las relaciones laborales.

Para el propósito de esta investigación se pretende determinar si las condiciones de trabajo influyen en la productividad de los trabajadores en una clínica hospitalaria, ya que a la fecha no existen datos que midan dichas condiciones de trabajo relacionado con la productividad y además existen riesgos del trabajo que no están identificados en algunas de sus actividades relacionadas con la atención del paciente, deficientes condiciones ambientales y carencia de estrategias para la mejora continua de dicha clínica hospitalaria.

MÉTODO

Según Cazorla García (2022) las condiciones de trabajo son conjunto de elementos y factores de riesgo del entorno que influyen y afectan la salud física y mental, así mismo como es la aparición de cuadros de estrés cuando se enfrenta a diversas exigencias durante el desarrollo de su labor, repercutiendo en la calidad; se configuran en torno a una triple relación de la organización con el método, organización con el entorno y organización con la persona. Las escalas de la díada organización y método, se dividen en regulación y desarrollo; para organización y entorno, se divide en entorno material y entorno social; en el caso de organización y persona se cuestiona cómo se ajusta la organización a la persona y cómo se adapta la persona a la organización.

Para la variable productividad, según Miramón, (2019) es la cantidad de producción de una unidad de producto o servicio por unidad de factor utilizado, por cada unidad de tiempo empleada en el proceso, por lo que en la práctica la productividad es una combinación de eficacia (logro de objetivos), eficiencia (logro de objetivos al menor coste

posible) y efectividad (resultado de combinar la eficacia y la eficiencia), indicadores que podrán ser usados en cualquier área de una organización.

Tabla 1. Determinación de variables e indicadores.

Variable	Indicadores
Condiciones de trabajo	
CTOYM	Organización y Método: Regulación y Desarrollo
CTOYEM	Organización y Entorno: Material
CTOYES	Organización y Entorno: Social
CTOYPA	Organización y Persona: Ajuste
CTOPAD	Organización y Persona: Adaptación
Productividad	
PRODUC	Efectividad Laboral
	Eficiencia Laboral
	Eficacia Laboral

Para sumar un total de 47 preguntas aplicado en forma de cuestionario en escala de Likert de 1 al 7, donde 1 representa menor valor y 7 mayor valor. De forma personal se aplicó el cuestionario a todo el personal de la clínica localizada en Pánuco, Veracruz.

La metodología está basada en ecuaciones estructurales, según Ruiz, Pardo y San Martín (2010) los modelos de ecuaciones estructurales son una familia de modelos estadísticos multivariantes que permiten estimar el efecto y las relaciones entre múltiples variables. Los modelos de ecuaciones estructurales nacieron de la necesidad de dotar de mayor flexibilidad a los modelos de regresión. Son menos restrictivos que los modelos de regresión por el hecho de permitir incluir errores de medida tanto en las variables criterio (dependientes) como en las variables predictoras (independientes). Podría pensarse en ellos como varios modelos de análisis factorial que permiten efectos directos e indirectos entre los factores. La gran ventaja de este tipo de modelos es que permiten proponer el tipo y dirección de las relaciones que se espera encontrar entre las diversas variables contenidas en él, para pasar posteriormente a estimar los parámetros que vienen especificados por las relaciones propuestas a nivel teórico. Por este motivo se denominan también modelos confirmatorios, ya que el interés fundamental es “confirmar” mediante el análisis de la muestra las relaciones propuestas a partir de la teoría

explicativa que se haya decidido utilizar como referencia, además es importante mencionar que Rigo y Donolo (2018) mencionan que, en los últimos años, entre la comunidad científica, se puso de moda el uso de los modelos de ecuaciones estructurales, un método clasificado como multivariado.

Por tal motivo esta técnica en la actualidad ha cautivado a los investigadores de las ciencias sociales, al permitir captar la complejidad de los fenómenos educativos y psicológicos que se pretenden exponer, por lo que en esta metodología se plantea el método de mínimos cuadrados parciales (PLS) (Norabuena, Huamán y Ramírez, 2021), el cual se basa en el análisis de la varianza, lo que implica una metodología de modelación más flexible al no exigir supuestos paramétricos rigurosos, principalmente en la distribución de los datos. En este sentido, Sarstedt y Cheah (2019) afirman que la modelación de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) no requiere de las condiciones exigidas por la tradicional modelación de ecuaciones estructurales de covarianza (CB-SEM, por sus siglas en inglés) respecto a las distribuciones estadísticas (normalidad de los datos, tamaño de la muestra en referencia a las variables observadas); es decir, utilizan pruebas no paramétricas. Los modelos PLS se utilizan bajo situaciones de predicción y no confirmatorias, para estimar el modelo teórico de la presente investigación, se utilizará el software Smart PLS 4.0.

RESULTADOS

El modelo estructural se realizó en el software SmartPLS 4 el cual ajustó las cargas de las variables y se eliminaron las preguntas 12, 33, 36, 43 y 46 pues no ajustaron al modelo obteniendo resultados debajo de 0.5. Según George y Mallery, el alfa de Cronbach por debajo de 0.5 muestra un nivel de fiabilidad no aceptable; si tomara un valor entre 0.5 y 0.6 se podría considerar como un nivel pobre; si se situara entre 0.6 y 0.7 se estaría ante un nivel débil; entre 0.7 y 0.8 haría referencia a un nivel aceptable; en el intervalo 0.8-0.9 se podría calificar como de un nivel bueno, y si tomara un valor superior a 0.9 sería excelente (Carvajal, Centeno, Watson, Martínez, & Sanz, 2011). Nuestra investigación generó excelentes resultados en alfa de Cronbach (Tabla 2). Por otra parte, para comprobar la fiabilidad y validez de este efecto en esta metodología, se calculó la varianza promedio extraída (AVE, por Average Variance Extracted). Los resultados se

encuentran por encima del 0.50 recomendado a excepción de productividad, ya que arrojó un valor de 0.444 como valor mínimo (Hair et al., 2017). Sin embargo, los valores p son de 0.000 (Tabla 3).

Tabla 2. Resultados de fiabilidad, validez de resultados

Constructos de investigación		Preguntas	Media	Desviación estándar	Alfa de Cronbach	Ave
Variable	Indicador					
Condiciones de trabajo	CTOYM	P1	0.089	0.701	0.938	0.692
		P2	0.047	0.625		
		P3	0.098	0.484		
		P4	-0.085	0.500		
		P5	-0.075	0.463		
		P6	-0.005	0.476		
		P7	0.013	0.573		
		P8	0.039	0.571		
	CTOYEM	P9	0.224	0.618	0.818	0.725
		P10	-0.070	0.564		
		P11	-0.026	0.354		
	CTOYES	P13	0.047	0.717	0.887	0.711
		P14	-0.042	0.366		
		P15	-0.091	0.552		
		P16	0.068	0.555		
	CTOYPA	P17	-0.031	0.498	0.948	0.720
		P18	-0.043	0.350		
		P19	0.061	0.549		
		P20	-0.058	0.478		
		P21	0.054	0.651		
		P22	-0.032	0.465		
		P23	0.072	0.626		
		P24	0.133	0.586		
	CTOPAD	P25	-0.063	0.661	0.927	0.655
		P26	0.033	0.534		
		P27	-0.049	0.664		
		P28	0.038	0.472		
		P29	-0.039	0.656		
		P30	0.017	0.565		
		P31	-0.161	0.533		
		P32	0.186	0.771		
Productividad	PRODUC	P34	0.091	0.751	0.893	0.444
		P35	-0.031	0.739		
		P37	0.045	0.786		
		P38	-0.019	0.712		
		P39	-0.120	0.779		
		P40	0.027	0.777		
		P41	-0.068	0.680		
		P42	-0.088	0.761		
		P44	0.047	0.625		
		P45	0.098	0.484		
		P47	-0.075	0.463		

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las hipótesis y los coeficientes path de cada una de las dimensiones de condiciones de trabajo y productividad.

Tabla 3. Resultado de análisis del modelo de ecuaciones estructurales.

		Hipótesis	Path coeff	Valores p	Resultado
CTOPAD	PRODUCTIVIDAD	0.091	0.461	0.000	Se acepta
CTOYEM	PRODUCTIVIDAD	0.072	-0.443	0.000	Se rechaza
CTOYES	PRODUCTIVIDAD	0.018	0.222	0.000	Se acepta
CTOYM	PRODUCTIVIDAD	0.079	0.491	0.000	Se acepta
CTOYPA	PRODUCTIVIDAD	0.108	-0.481	0.000	Se rechaza

La Figura 1, muestra el coeficiente de determinación R^2 ajustada, el cual indica la cantidad de varianza del constructo Productividad. Para la presente investigación es de 0.245, significa que el 24.5% de la varianza de la variable Liderazgo está explicada por el presente modelo.

Por consiguiente, en este ejemplo se identifican los resultados encontrados mediante ecuaciones estructurales PLS con software 4.0, los datos mostrados son de correlación, coeficiente de trayectoria y la contribución que hace cada variable para explicar su relación con productividad.

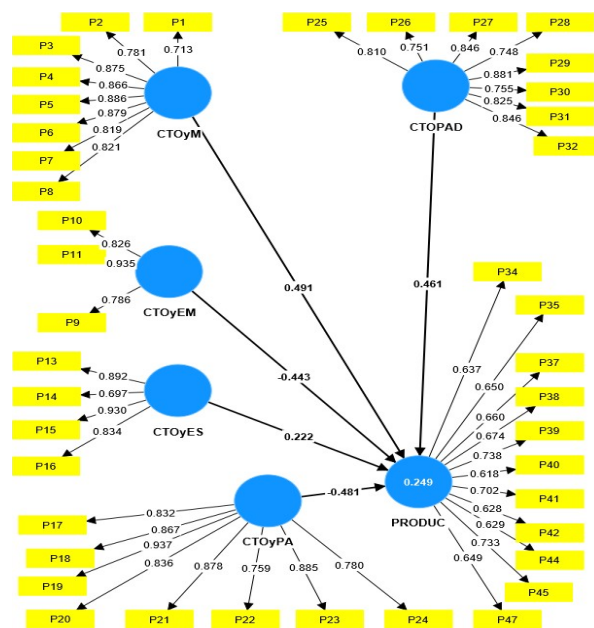


Figura 1. Contribución de la carga de las variables en modelo PLS-SEM.

CONCLUSIONES

Las condiciones de trabajo y su influencia con la productividad confirmaron las pruebas de confiabilidad interna de los datos. Dichas condiciones de trabajo con la productividad se han extendido en los últimos años por lo que se desea evaluar cada una de ellas, esto permitiría mantenerlas actualizadas.

La variable que indica mayor impacto es condiciones de trabajo en la dimensión organización y método en tal sentido se requiere mejorar dichas condiciones en cuanto a la manera de satisfacer descansos, horarios de trabajo, salario, la forma y tiempo en que se organizan para cumplir las actividades.

Finalmente, dicha investigación podría generar cambios en las organizaciones. Esto para brindarles condiciones de trabajo confortables ya que favorece a la motivación laboral y decidan quedarse en un ambiente seguro y agradable, siendo esta una estrategia para la toma de decisiones y el aumento de la productividad.

Bibliografías.

Acuña Chonta, R. D. (2023). Clima organizacional y satisfacción laboral del personal obrero de una empresa Constructora, Miraflores, Lima, 2020

Araujo Poma, J. A. (2022). El ausentismo laboral y su relación con la productividad en una empresa de Contac Center Omnicanal en Lima–2022.

Carvajal, A., Centeno, C., Watson, R., Martínez, M., & Sanz Rubiales, Á. (2011, April). ¿Cómo validar un instrumento de medida de la salud?. In *Anales del sistema sanitario de Navarra* (Vol. 34, No. 1, pp. 63-72). Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.

Cazorla Garcia, E. E. (2022). Condiciones de trabajo y estrés del enfermero en el servicio de emergencia del complejo hospitalario Guillermo Kaelin, Lima-2022.

Loayza Susanibar, G. F. (2022). Planeamiento estratégico para el incremento de la productividad de la empresa Consorcio Minero Horizonte, en el año 2020.

Miramón, D. B. (2019). La productividad. *Zaragoza*

- Muñoz, G. A. D., & Lombeida, M. D. Q. (2021). La gestión del talento humano y su influencia en la productividad de la organización. *Gestión Joven*, 22(1), 29-48.
- Norabuena Mendoza, C., Huamán Osorio, A., & Ramírez Asis, E. (2021). Modelo de ecuaciones estructurales (con estimación PLS). Basado en calidad de servicio y lealtad del cliente de las cajas rurales peruanas. *Ciencias administrativas*, (18), 3-14.
- Prokopenko, J. (1989). La gestión de la productividad.
- Ruiz, M. A., Pardo, A., & San Martín, R. (2010). Modelos de ecuaciones estructurales. *Papeles del psicólogo*, 31(1), 34-45.
- Rigo, D. Y., & Donolo, D. (2018). Modelos de ecuaciones estructurales usos en investigación psicológica y educativa. *Revista Interamericana De Psicología/Interamerican Journal of Psychology*, 52(3), 345-357.
- Ruiz, R. V., Zavala, J. J. A., & Ysea, F. J. C. (2022). Flexibilidad laboral y productividad en el teletrabajo. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 47(9), 381-386.
- Ramírez Ronceros, M. A. (2022). Estudio del trabajo para mejorar la productividad en el proceso del picking de planchas en una empresa siderúrgica, Pisco 2022.
- Santisteban Beltrán, D. A. (2022). Satisfacción laboral y su influencia con la productividad de los trabajadores de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, 2021.
- Sarstedt, M., & Cheah, J. H. (2019). Partial least squares structural equation modeling using SmartPLS: a software review.
- Sierra Hernáiz, E. (2021). Delimitación del concepto de riesgo psicosocial en el trabajo. *Foro: Revista de Derecho* (35), 8-27
- Sladogna, M. (2017). Productividad-Definiciones y perspectivas para la negociacion colectiva. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699.
- Valdez León, K. A., & Morales Campuzano, C. T. (2022). *Manual de funciones para el aumento de la productividad laboral en el Almacén Electro Shopping* (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.)



Optimización del proceso de atención al cliente en paletería la Real Michoacana mediante simulación de colas

Edgar Jearvavi Vázquez Moreno¹, Jania Marlene Cuevas Duran², Francisco Javier García Gómez², Marycarmen Martínez Hernández²

¹TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, ²TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo

*edgar.vazquez@itspanuco.edu.mx

RESUMEN

El presente artículo aborda la problemática del tiempo de espera en la atención al cliente en la empresa Paletería la Real Michoacana. Se aplicó un modelo de simulación de colas utilizando datos reales obtenidos en el establecimiento, con el objetivo de proponer una reorganización de las áreas de trabajo y la asignación de roles para reducir los tiempos de espera y mejorar la satisfacción del cliente. Se compararon el modelo actual y una propuesta de mejora mediante el software ProModel. Los resultados muestran una disminución significativa en el tiempo de espera y una mejor distribución del trabajo entre los empleados tras la implementación del modelo propuesto, en línea con hallazgos recientes sobre la gestión de colas y la optimización de procesos en servicios (Loor et al., 2022; León & Vivanco, 2023; Wavetec, 2023).

Palabras clave: atención al cliente, simulación de colas, ProModel, optimización de procesos, servicios.

ABSTRACT

This article addresses the problem of customer waiting times at Paletería la Real Michoacana. A queue simulation model was applied using real data collected at the establishment, aiming to propose a reorganization of work areas and role assignment to reduce waiting times and improve customer satisfaction. The current model and an improvement proposal were compared using ProModel software. Results show a significant decrease in waiting time and a better distribution of work among employees

after implementing the proposed model, as supported by recent findings on queue management and process optimization in services (Loor et al., 2022; León & Vivanco, 2023; Wavetec, 2023).

Keywords: customer service, queue simulation, ProModel, process optimization; services.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia en la atención al cliente es un factor determinante para la competitividad de las empresas de servicios, especialmente en el sector de alimentos y bebidas (Wavetec, 2023). La gestión de colas, apoyada en modelos matemáticos y simulaciones, permite reducir tiempos de espera y mejorar la satisfacción del cliente (León & Vivanco, 2023; Loor et al., 2022). Actualmente, la simulación de procesos se ha consolidado como una herramienta fundamental para analizar y rediseñar sistemas de atención, permitiendo experimentar con diferentes escenarios y tomar decisiones basadas en datos (Blair & Robinson, 2012).

El objetivo de este estudio es diseñar y evaluar, mediante simulación, un modelo que permita optimizar el proceso de atención, minimizando el tiempo que los clientes permanecen en fila y mejorando la experiencia de compra. Se plantea la hipótesis de que una reorganización basada en simulación reducirá significativamente los tiempos de espera y aumentará la satisfacción del cliente (León & Vivanco, 2023).

El principal problema identificado en la Paletería la Real Michoacana es el tiempo excesivo de espera que enfrentan los clientes para ser atendidos. Esta situación se atribuye a una mala organización de las áreas de trabajo y a la falta de roles definidos entre el personal, lo que genera demoras y aglomeraciones, además de que la información y precios de los productos no son visibles, incrementando el tiempo de decisión de compra (Loor et al., 2022). La literatura señala que la distribución inadecuada de recursos y la ausencia de sistemas de gestión de colas pueden afectar negativamente la experiencia del cliente y la rentabilidad del negocio (León & Vivanco, 2023).

La simulación de procesos es clave para anticipar el impacto de cambios en la operación, permitiendo identificar cuellos de botella y proponer mejoras antes de implementarlas en el entorno real (Blair & Robinson, 2012; Loor et al., 2022). En sectores con alta demanda

y flujo variable de clientes, como la industria alimentaria, la simulación ayuda a tomar decisiones informadas sobre la asignación de personal y la distribución de áreas de trabajo (Wavetec, 2023). Diversos autores han demostrado que la aplicación de la teoría de colas y el uso de sistemas de gestión de filas contribuyen a la reducción de tiempos de espera, optimización de recursos y aumento de la satisfacción del cliente (León & Vivanco, 2023; Loor et al., 2022).

METODOLOGÍA

Se realizó una investigación aplicada, cuantitativa y descriptiva, enfocada en la optimización de procesos de atención al cliente mediante simulación de colas.

Se efectuó un muestreo de 60 observaciones en la paletería, siguiendo recomendaciones de investigaciones recientes en optimización de procesos de atención (Loor et al., 2022), registrando los siguientes datos para cada cliente:

- Hora de llegada
- Hora de inicio de atención
- Hora de salida
- Tiempo de atención
- Tiempo de espera en fila

Estos datos permitieron caracterizar el flujo de clientes y los cuellos de botella en el proceso de atención.

Tabla 1. Muestreo de tiempos tomados en la empresa.

OBSERVACIÓN	PERSONAS QUE LLEGAN AL ESTABLECIMIENTO (MIN)	TIEMPO QUE TARDA EN SER ATENDIDOS(MIN)	TIEMPO DE LLEGADA ENTRE UN CLIENTE Y OTRO (MIN)
1	2	7.42	0.08
2	1	4.50	0.03
3	1	5.92	2.00
4	2	3.67	2.83
5	2	10.67	2.93
6	2	2.90	3.00
7	2	3.00	3.00
8	2	3.88	0.20
9	3	2.55	2.97
10	1	3.87	1.00
11	2	4.58	4.00
12	1	2.35	1.00
13	2	4.87	1.00
14	2	2.43	3.00
15	1	5.38	3.33
16	3	3.25	5.08
17	2	4.00	2.92
18	2	2.78	3.33
19	1	2.92	2.00
20	2	3.38	1.00
21	2	2.75	3.08
22	3	3.03	2.07
23	2	4.07	0.08

OBSERVACIÓN	PERSONAS QUE LLEGAN AL ESTABLECIMIENTO (MIN)	TIEMPO QUE TARDA EN SER ATENDIDOS(MIN)	TIEMPO DE LLEGADA ENTRE UN CLIENTE Y OTRO (MIN)
24	3	4.58	0.42
25	2	6.55	0.38
26	1	2.87	5.92
27	2	2.62	3.20
28	1	4.40	0.75
29	2	3.20	2.03
30	2	4.00	0.08
31	1	5.83	0.08
32	3	1.03	2.75
33	3	6.33	1.67
34	1	4.58	1.17
35	1	4.58	3.00
36	2	5.00	2.00
37	2	3.55	2.92
38	3	3.17	0.42
39	1	2.42	1.70
40	2	3.50	0.95
41	2	4.92	1.67
42	1	2.83	2.00
43	2	5.53	2.92
44	3	7.40	4.08
45	3	7.67	0.25
46	2	6.87	0.08
47	2	2.62	3.42
48	1	4.33	2.08
49	3	2.92	0.08
50	2	2.75	3.08
51	3	3.03	2.07
52	2	5.83	0.08
53	3	3.03	3.00
54	2	4.58	3.00
55	1	3.67	2.00
56	3	10.67	0.08
57	2	2.90	2.03
58	3	2.90	2.75
59	2	5.92	0.20
60	1	3.17	0.42

Análisis estadístico y modelado

Se analizaron los datos en Stat:Fit para determinar las distribuciones estadísticas para los tiempos de llegada y atención.

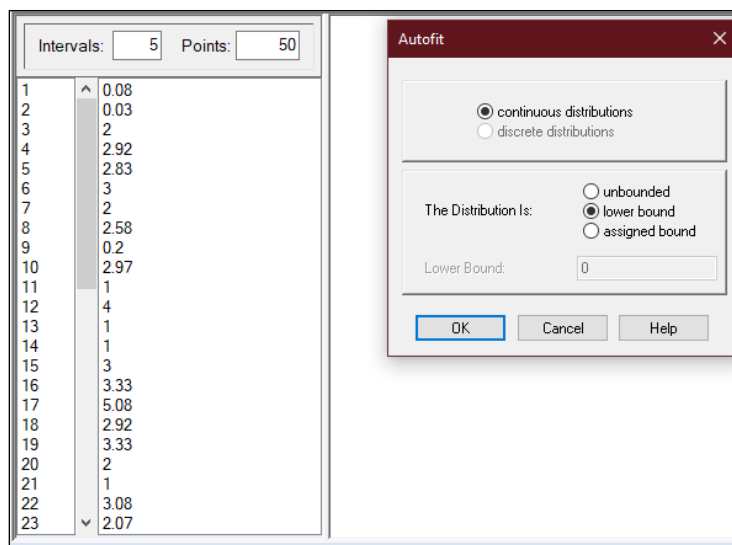


Figura 1. Distribución en tiempos de llegada.

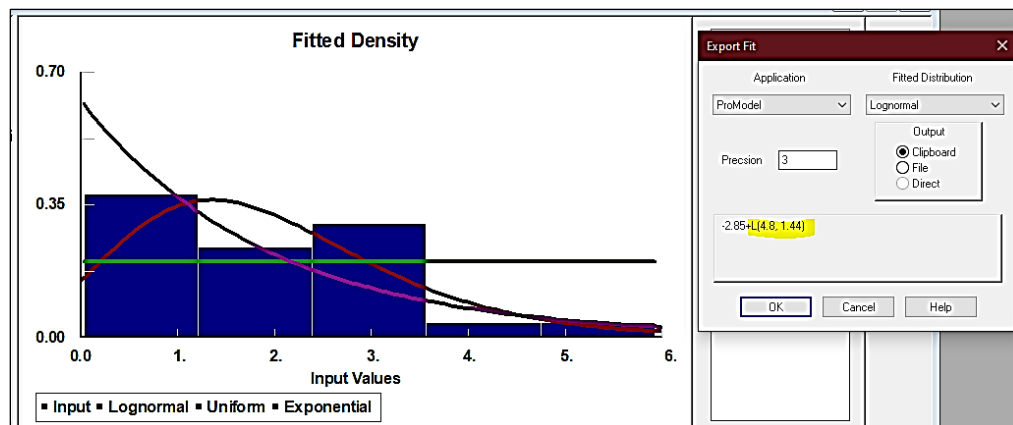


Figura 2. Distribución en ProModel.

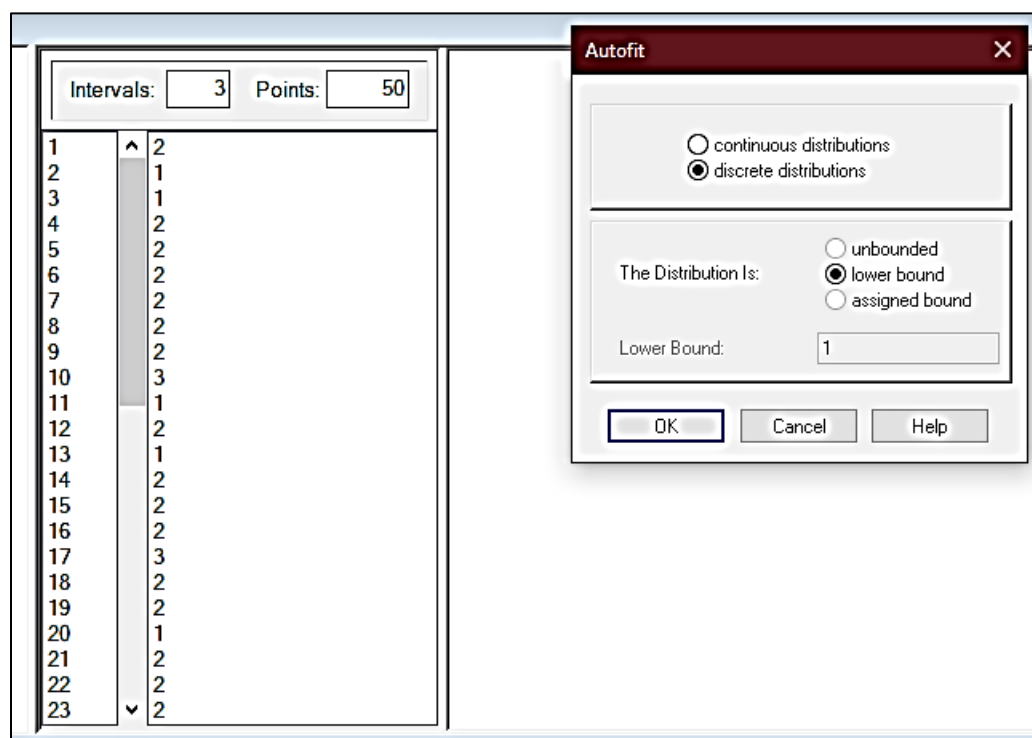


Figura 3. Distribución en clientes por llegada.

Tabla 2. Distribuciones aceptadas.

autofit of distributions		
distribution	rank	acceptance
Binomial(3, 0.62)	100	do not reject
Poisson(1.86)	0.0764	do not reject

Definición de elementos del modelo

- **Locaciones:**
 - Congelador de aguas de sabor
 - Caja registradora
- **Entidades:**
 - Cliente
- **Llegadas:**
 - Se determinó la frecuencia y cantidad de clientes por muestra, utilizando distribuciones estadísticas ajustadas en Stat:Fit

Simulación en ProModel

La modelación de escenarios se llevó a cabo en el software ProModel, reconocido por su capacidad para simular procesos de servicios y manufactura (León & Vivanco, 2023), la simulación de procesos permite visualizar el comportamiento del sistema bajo diferentes configuraciones y estimar el impacto de las mejoras propuestas, acelerando los ciclos de innovación y reduciendo riesgos operativos (Blair & Robinson, 2012), considerando esto se modelaron dos escenarios:

- **Modelo actual:** Un solo empleado atiende todo el proceso.
- **Modelo propuesto:** Un empleado atiende el mostrador y otro la caja registradora.

Cada simulación se ejecutó para una jornada de 13 horas que es el tiempo que el negocio está en operación.

RESULTADOS

Modelo actual

- El cliente llega, pregunta por los productos y precios, realiza el pedido, y el empleado se desplaza por las áreas para atenderlo.
- El proceso carece de estandarización y roles definidos, lo que genera demoras y aglomeración en la fila.

Proceso [2]		
Entidad...	Locación...	Operación...
Cliente	Fila	
Cliente	Mostrador	wait 2.1+L(2.32, 2.42) min

Enrutamiento para Cliente @ Mostrador			
Blk	Salida...	Destino...	Regla...
1	Cliente	EXIT	FIRST 1

Figura 4. Declaración de operaciones.

Tabla 3. Resumen de locación (modelo actual).

Locación Resumen							
Nombre	Tiempo Programado (Min)	Total De Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Min)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Fila	780	173	28.39075	6.2696297	11	11	0.0006297
Mostrador	780	162	4.813333	0.9996923	1	1	99.969231

Tabla 4. Resumen de entidades (modelo actual).

Entidad Resumen							
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Min)
Cliente	161	12	33.4710559	0	23.7726708	4.98819876	4.71018634

Tabla 5. Resultados del modelo actual.

Indicador	Valor
Capacidad máxima de fila	173 clientes
Máximo de personas en espera	11
Tiempo promedio de espera (min)	23.77
Tiempo promedio de atención (min)	4.98
Utilización del mostrador	99.96%

Modelo propuesto

- Se asigna un empleado exclusivamente a la caja registradora.
- El cliente es atendido en el mostrador y luego pasa a pagar, dividiendo el flujo de atención.

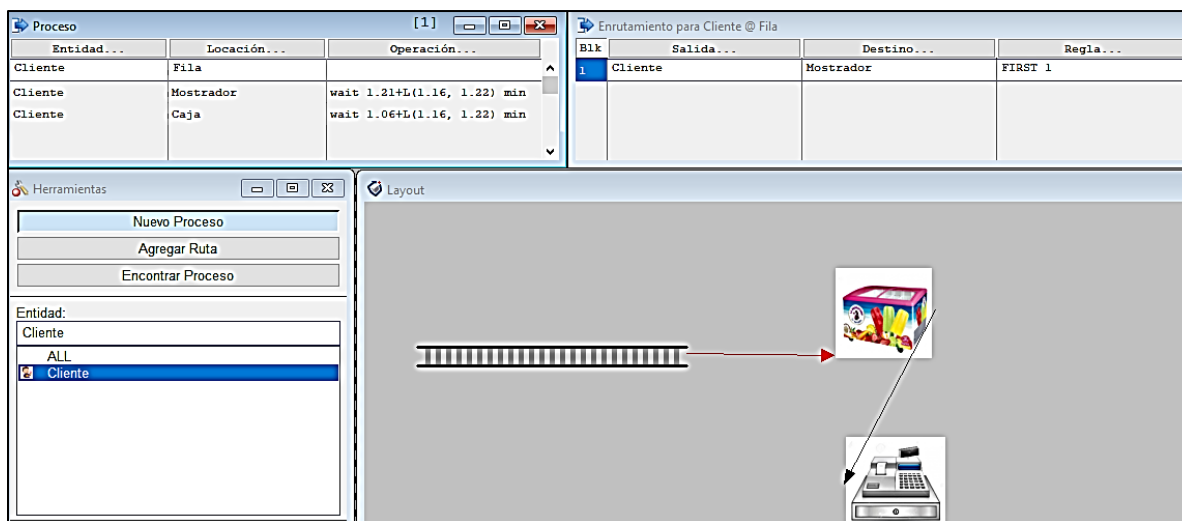


Figura 5. Declaración de procesos (modelo propuesto).

Tabla 6. Resumen de locaciones (modelo propuesto).

Locación resumen							
Nombre	Tiempo Prog. (Min)	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Min)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Fila	780	164	0.62853659	0.13215385	3	0	1.32E-05
Mostrador	780	164	2.54707317	0.53553846	1	0	53.5538462
Caja	780	164	2.19036585	0.46053846	1	1	46.0538462

Tabla 7. Resumen de entidades (modelo propuesto).

Entidad resumen							
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Min)
Cliente	163	1	5.3801227	0	0.12441718	4.84269939	0.41300614

Tabla 8. Resultados del modelo propuesto.

Indicador	Valor
Capacidad máxima de fila	164 clientes
Máximo de personas en espera	3
Tiempo promedio de espera (min)	0.12
Tiempo promedio de atención (min)	4.84
Utilización del mostrador	53.55%
Utilización de la caja	46.05%

Comparación entre modelos

Tabla 9. Comparación de resultados clave.

Indicador	Modelo actual	Modelo propuesto	Mejora (%)
Tiempo promedio de espera (min)	23.77	0.12	99.5
Máximo de personas en espera	11	3	72.7
Utilización del mostrador (%)	99.96	53.55	46.4

Los resultados muestran que la reorganización de roles y la implementación de un sistema de atención dividido entre mostrador y caja registradora redujo el tiempo promedio de espera en más de un 90%, en línea con lo reportado en estudios similares en agencias bancarias y comercios (León & Vivanco, 2023; Loor et al., 2022). La simulación permitió identificar que el principal cuello de botella era la concentración de tareas en un solo empleado, lo que generaba largas filas y baja satisfacción del cliente, coincidiendo con hallazgos recientes sobre la importancia de la especialización de roles (Wavetec, 2023).

DISCUSIÓN

La experiencia internacional y nacional demuestra que la teoría de colas y la simulación de procesos son herramientas efectivas para la optimización de la atención al cliente (León & Vivanco, 2023; Loor et al., 2022). La implementación de sistemas modernos de

gestión de filas, tanto físicos como virtuales, ha permitido a empresas de distintos sectores reducir los tiempos de espera, mejorar la utilización de recursos y aumentar la satisfacción de los usuarios (Wavetec, 2023).

En el caso de la Paletería la Real Michoacana, los resultados obtenidos son consistentes con la literatura, mostrando que la redistribución de tareas y la asignación de personal específico para la caja registradora disminuyen los cuellos de botella y mejoran la experiencia del cliente, como se ha observado en otros estudios de simulación en empresas de alimentos y servicios (León & Vivanco, 2023; Loo et al., 2022).

CONCLUSIONES

La simulación de procesos aplicada a la Paletería la Real Michoacana evidenció que una reorganización de roles y áreas de trabajo puede reducir drásticamente los tiempos de espera y mejorar la experiencia del cliente. La asignación de un empleado a la caja registradora y la optimización del área de mostrador permitieron distribuir mejor la carga de trabajo y aumentar la productividad.

Se recomienda implementar estas mejoras y continuar utilizando la simulación para evaluar futuros cambios en la operación. La metodología demostrada es aplicable a otros negocios de servicios que busquen optimizar sus procesos y elevar la satisfacción de sus clientes.

La aplicación de la teoría de colas y la simulación de procesos en la Paletería la Real Michoacana permitió identificar y corregir los principales cuellos de botella en la atención al cliente, logrando una reducción significativa en los tiempos de espera y una mejor distribución del trabajo entre los empleados (León & Vivanco, 2023; Loo et al., 2022). Se recomienda la implementación de sistemas de gestión de filas y la digitalización de la atención como estrategias adicionales para mantener la eficiencia y la satisfacción del cliente en niveles óptimos (Wavetec, 2023).

LITERATURA CITADA

- Blair, K., & Robinson, F. (2012). How Technology Can Change Assessment. UNESCO Institute for Information Technologies in Education.
- Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill.
- León Lazo, L. S. L., & Vivanco Vivanco, L. P. (2023). Modelo para la mejora del servicio de atención al cliente mediante la teoría de colas: caso de estudio de una agencia bancaria. *Interfases*, 17(017), 146-168. <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n017.6299>
- Loor Alcívar, G. P., Rodríguez Merchán, S. M., Santos Vásquez, O. B., & Loor Alcívar, B. J. (2022). Teoría de colas y optimización de proceso de atención al usuario. *AlfaPublicaciones*, 4(3), 22–38. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.221>
- Wavetec. (2023). 11 formas efectivas de gestionar las colas de atención al cliente. <https://www.wavetec.com/es/blog/formas-de-gestionar-las-colas-de-atencion-al-cliente/>