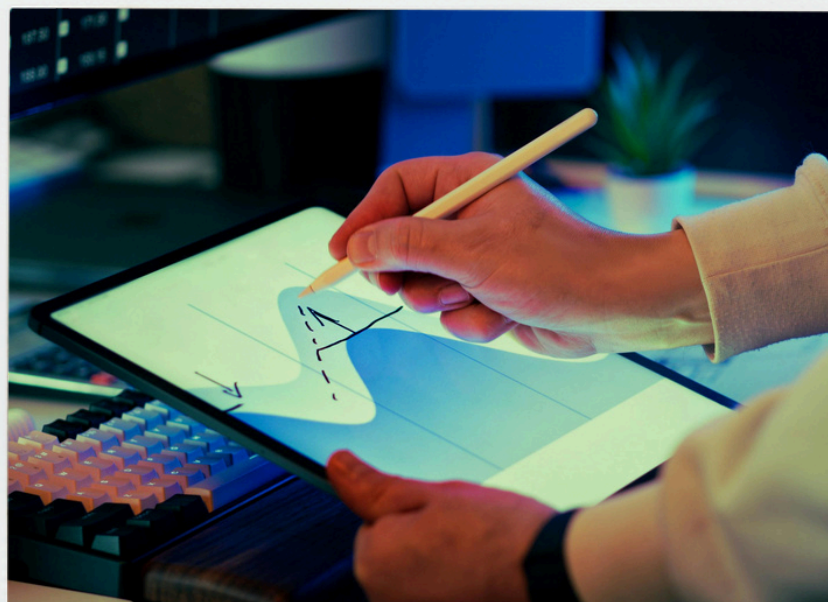


RILCO

Desarrollo sustentable, Negocios,
Emprendimiento y Educación

Vol. 8 Núm. 83
Septiembre 2026

@ Editorial: Servicios Académicos Intercontinentales S.L. B-93417426, Málaga, España.

@ Los autores de las colaboraciones son responsables de los contenidos expresados en los mismos.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Comité editorial

Director Ejecutivo: Dr. Julio Alvarez Botello, RILCO S.C., Méx.
Director Editorial: Dra. Eva Martha Chaparro Salinas, RILCO S.C., Méx.
Editor responsable: Dr. César Enrique Estrada Gutiérrez, RILCO S.C., Méx.
Editores Ejecutivos: Dra. María de la Luz Sánchez Paz, RILCO S.C., Méx.
Dra. María del Carmen Hernández Silva, RILCO S.C., Méx.
Dr. Juan Alberto Ruiz Tapia, RILCO S.C., Méx.

Comité Científico

Miembros ajenos a la entidad editora internacionales

Dr. Carlos José Oliveira Silva Rodrigues Universidad de Aveiro, Portugal
Dra. Ana Isabel Pires Beato Alves de Melo Universidad de Aveiro, Portugal
Dr. Gonçalo Alves de Sousa Santinha Universidad de Aveiro, Portugal
Dra. Marisol Pérez Campaña Universidad de Holguín, Cuba
Dra. Aniuska Ortiz Pérez Universidad de Holguín, Cuba
Dr. Reynaldo Velázquez Saldívar Universidad de Holguín, Cuba
Dra. María Rodríguez Gámez Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Dra. Sebastiana del Monserrate Ruiz C. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Dr. Norberto Pelegrín Entenza Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Dr. Ericé Bezerra Correia FACHUCA, Brasil
Dr. Emanuel Leite Universidade de Pernambuco, Brasil
Dra. Simone Ferreira Teixeira Universidade de Pernambuco, Brasil
Dr. Emmanuel Sampaio UNIVERSO, Brasil
Dr. Ademar Vieira Santos UFAM, Brasil
Dr. Lázaro Rodríguez Ariza Universidad de Granada, España
Dra. María Antonia Ruiz Moreno Universidad de Granada, España
Dra. María Carmen Haro Domínguez Universidad de Granada, España
Dra. Dainelis Cabezas Pullés Universidad de Granada, España
Dra. Jenny María Ruiz Jiménez Universidad de Granada, España
Dra. Virginia Fernández Pérez Universidad de Granada, España
Dra. Justa Pastora Amador Ruiz Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Leon
Mtro. Francisco Valladares Rivas Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Nicaragua
Dra. Ana de Lourdes Torralba Velázquez Universidad de Holguín, Cuba
Dr. Fernando Gaspar Universidad Autónoma de Lisboa

Miembros ajenos a la entidad editora Mexicanos

Dra. María Concepción Ramírez Barón Universidad Autónoma de Baja California
Dra. Blanca Rosa García Rivera Universidad Autónoma de Baja California
Dra. Sonia Elizabeth Maldonado Radillo Universidad Autónoma de Baja California
Dra. María de los Ángeles Cervantes R. Universidad de Occidente, México
Dr. Evaristo Galeana Figueroa Univ Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Dra. Irma Cristina Espitia Moreno Univ Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Dra. María Trinidad Álvarez Medina Instituto Tecnológico de Sonora, México
Dra. Olivia Jiménez Diez Universidad Autónoma de Yucatán
Dra. Leonor Elena López Canto Universidad Autónoma de Yucatán
Dra. Ruth Noemí Ojeda López Universidad Autónoma de Yucatán
Dra. Mónica Fernanda Aranibar Gutiérrez Universidad Autónoma de Baja California
Dr. Heleodoro Sotelo Sánchez Universidad de Occidente, México
Dra. Dora Águilasocho Montoya Univ Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Dr. Fernando Ávila Carreón Univ Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Dr. Teodoro Rafael Wendlandt Amezaga Instituto Tecnológico de Sonora, México
Dr. Marco Alberto Núñez Ramírez Instituto Tecnológico de Sonora, México
Dra. Jennifer Mul Encalada Universidad Autónoma de Yucatán

Dr. Luis Alfredo Gallardo Millán Univ Politécnica del Mar y la Sierra Sinaloa México
Dr. Julio Álvarez Botello Instituto Superior de Estudios Universitarios, México

Miembros participantes de la Entidad Editora

Dra. Eva Martha Chaparro Salinas Universidad Autónoma del Estado de México
Dra. María del Carmen Hernández Silva Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Juan Alberto Ruiz Tapia Universidad Autónoma del Estado de México
Dra. María de la Luz Sánchez Paz Universidad Autónoma del Estado de México
Dra. Marcela Jaramillo Jaramillo Universidad Autónoma del Estado de México
Dra. Liliana Antonia Mendoza González Universidad Autónoma del Estado de México
Dra. Jenny Álvarez Botello Universidad Autónoma del Estado de México
Dra. Gandhi González Guerrero Universidad Autónoma del Estado de México
Dra. María Elena Laura Ponce García Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Daniel Cardoso Jiménez Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Manuel Antonio Pérez Chávez Universidad Autónoma del Estado de México
Dra. Susana Ruiz Valdez Universidad Autónoma del Estado de México
Dra. Guadalupe González García Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Jorge Loza Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Oliveiro Cruz Mejía Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Noé Gaspar Sánchez Universidad Autónoma del Estado de México
Dra. Verónica Sendejas Santín Universidad Autónoma del Estado de México

T A B L A D E CONTENIDO

Bienestar laboral y brecha de talento ante la transformación digital: un enfoque en educación superior. Norma Angelica Mosqueda Raygoza, Virginia Martínez Campos, Rooney Manuel Ríos Ruíz.	01
Competitividad de los vehículos eléctricos en el transporte particular: análisis económico, energético y ambiental en la zona oriente del Estado de México. Paul Iván Cárdenas Gamiño, Juan Antonio Jiménez García, Noé Gaspar Sánchez.	09
Inteligencia de negocios para la competitividad en microempresas mexiquenses. Karla Sujey Blancas Pineda, Laura Cecilia Méndez Guevara.	21
Sistema computacional EcoWeb: innovación digital de plantas, polinización y salud. Oscar Yael Marquez Flores, Laura Cecilia Méndez Guevara.	32
Tecnologías emergentes aplicadas en modelos LLM para publicidad en micronegocios. Joel Orea Amaro, Laura Cecilia Méndez Guevara.	45

T A B L A D E CONTENIDO

Enfoque Lean startup en microempresas de servicios tecnológicos mexicanos. Daniel Alberto Cortes Orduña, Laura Cecilia Méndez Guevara.	56
Seguridad logística en México: robo al transporte y condiciones laborales del operador. Yael Brenda Mondragon Becerril, Elba Valdez Márquez.	73
Distribución de enfermedades profesionales según el puesto de trabajo: comparación en dos periodos consecutivos. Carolina Alvarez Chaparro, Ariadna Alejandra López Ramos, Candelario Hernández Hernández.	92
Rentabilidad en la era sintética: Modelo de Sinergia Híbrida como catalizador del ecosistema comercial, GEO y ventaja competitiva. Er Navas Maldonado, Filiberto Enrique Valdés Medina, Midiam Mariana Maldonado Martínez.	106
Prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en trabajadores del área de cuarto de máquinas del Instituto Mexicano del Seguro Social, Saltillo, Coahuila. Rebeca Edith Barajas García, Luis Carlos Martínez Reyna, Candelario Hernández Hernández.	121

Bienestar laboral y brecha de talento ante la transformación digital: un enfoque en educación superior

Workplace Well-being and the Talent Gap in the Face of Digital Transformation: A Focus on Higher Education

Dra. Norma Angelica Mosqueda Raygoza

Dra. En Innovación y Administración Educativa

namosquedar@uaemex.mx

Universidad Autónoma del Estado de México

Dra. Virginia Martínez Campos

Doctora en Derecho Procesal

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4805-0643>

vircammar_69@hotmail.com

Universidad Autónoma del Estado de México.

Mtra. Arlett Marisol Soto García

Mtra en Derecho Constitucional y Amparo

amsotog@uaemex.mx

Universidad Autónoma del Estado de México

RESUMEN

El presente trabajo analiza el impacto de la digitalización acelerada en el bienestar de los colaboradores y la persistente brecha de talento en las organizaciones contemporáneas. En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 4 y 8), se explora cómo la falta de competencias digitales genera fenómenos como el estrés por el uso de tecnología. La digitalización no debe verse solo como una adición tecnológica, sino como un factor que transforma y requiere un replanteamiento de la experiencia educativa. Para cerrar las carencias de talento, las entidades deben lograr una capacidad tecnológica que establezca una cultura tecnológica donde la innovación sea fundamental, orientada por principios éticos e inclusivos. La investigación utiliza una metodología de alcance descriptivo con un diseño cualitativo y documental para identificar estrategias de mejora de habilidades actuales y aprendizaje de nuevas funciones. Se plantea que la clave para esta transformación sistémica está en promover una cultura educativa positiva fundamentada en la cooperación y la disposición al cambio. Los resultados preliminares sugieren que el aprendizaje

permanente permite una rápida adaptación a los retos actuales, siempre que se combine con una visión emocional donde las habilidades interpersonales tengan relevancia. Se concluye que una sólida cultura de aprendizaje permite alinear los cambios sistemáticos con el bienestar integral, transformando la educación organizacional en un motor que asegure que la evolución tecnológica sea un proceso humano, ético y sostenible.

Palabras clave: Alfabetización digital, formación profesional, gestión del personal, salud mental, tecnología educativa.

ABSTRACT

This paper analyzes the impact of accelerated digitalization on employee well-being and the persistent talent gap in contemporary organizations. Within the framework of the Sustainable Development Goals (SDG 4 and 8), it explores how the lack of digital skills generates phenomena such as technostress. Digitalization should not be seen only as a technological addition, but as a factor that transforms and requires a rethinking of the educational experience. To close talent gaps, entities must achieve digital maturity that establishes a technological culture where innovation is fundamental, guided by ethical and inclusive principles. The research uses a descriptive methodology with a qualitative and documentary design to identify upskilling and reskilling strategies. It is proposed that the key to this systemic transformation lies in promoting a positive educational culture based on cooperation and willingness to change. Preliminary results suggest that lifelong learning allows for rapid adaptation to current challenges, provided it is combined with an emotional vision where interpersonal skills are relevant. It is concluded that a solid learning culture allows for aligning systematic changes with integral well-being, transforming organizational education into an engine that ensures technological evolution is a human, ethical, and sustainable process.

Keywords: Digital literacy, professional training, personnel management, mental health, educational technology.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la educación superior atraviesa una fase de digitalización acelerada que ha dejado de ser una opción para convertirse en una necesidad estructural. Sin embargo, este proceso no debe entenderse únicamente como la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas, sino como un cambio drástico que exige un replanteamiento profundo de la experiencia educativa y de la gestión del capital humano.

A pesar de los avances técnicos, las instituciones enfrentan una persistente brecha de talento: una disparidad entre las competencias digitales requeridas por la transformación digital y las habilidades reales de los colaboradores. Esta carencia no solo afecta la eficiencia operativa, sino que genera

fenómenos nocivos como el estrés por uso de tecnología, impactando directamente en el bienestar integral del personal docente y administrativo.

Para abordar esta problemática, la investigación se fundamenta en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030:

- ODS 4 (Educación de Calidad): Al buscar que las entidades alcancen una madurez digital que garantice procesos de enseñanza-aprendizaje modernos, inclusivos y equitativos.
- ODS 8 (Trabajo Decente y Crecimiento Económico): Al priorizar la salud mental y el bienestar de los trabajadores ante los retos tecnológicos, promoviendo entornos laborales seguros y éticos.

La digitalización acelerada impacta el bienestar de los colaboradores y requiere alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 4 y 8 (Naciones Unidas, 2015).

JUSTIFICACIÓN

La relevancia de esta investigación radica en que la transformación sistémica de las universidades depende de la creación de una cultura tecnológica positiva, basada en la cooperación y la disposición al cambio. Investigar la situación actual de la digitalización en las universidades es crucial por las siguientes razones:

1. **Dimensión Humana de la Tecnología:** Existe una necesidad imperante de alinear los cambios sistemáticos con el bienestar integral para asegurar que la evolución tecnológica sea un proceso humano y sostenible.
2. **Reducción de Riesgos Laborales:** Identificar cómo la falta de competencias digitales se traduce en estrés permite diseñar estrategias de acompañamiento que protejan la salud mental de los colaboradores.
3. **Sostenibilidad Institucional:** Para cerrar las brechas identificadas, las instituciones deben implementar estrategias de *mejora de habilidades y aprendizaje de nuevas funciones* que fomenten el aprendizaje permanente y la adaptación rápida a los retos actuales.

En conclusión, este estudio busca demostrar que una sólida cultura de aprendizaje y una visión centrada en las habilidades interpersonales son los motores que transformarán la educación organizacional en un modelo ético y eficiente ante la era digital.

MARCO TEÓRICO

Madurez Digital en Instituciones de Educación Superior (IES)

La madurez digital no se limita a la adquisición de infraestructura tecnológica; se define como la capacidad de una organización para alinear sus procesos, personas y estrategias para aprovechar las oportunidades de la era digital. En el contexto de las **Instituciones de Educación Superior (IES)**, este concepto implica una transición desde la digitalización de tareas administrativas hacia la

transformación integral de los modelos pedagógicos y de gestión.

Un nivel óptimo de madurez digital permite a las universidades:

- Establecer una cultura donde la innovación es un pilar fundamental para el desarrollo institucional.
- Reducir la brecha de talento mediante procesos de formación continua.
- Mejorar la experiencia educativa adaptándola a las exigencias contemporáneas.

Cultura Tecnológica y Disposición al Cambio

La cultura tecnológica dentro de una universidad actúa como el catalizador o la barrera principal para la transformación digital. Se define como el conjunto de valores, creencias y prácticas que determinan cómo los miembros de la comunidad académica interactúan con la tecnología.

- **Cooperación y Adaptabilidad:** La transformación sistémica requiere una cultura positiva fundamentada en la cooperación y una disposición proactiva al cambio.
- **Aprendizaje Permanente:** Una sólida cultura de aprendizaje permite que el personal se adapte rápidamente a los retos actuales, integrando el *upskilling* y *reskilling* como prácticas habituales.
- **Visión Emocional:** La adaptación tecnológica es más efectiva cuando se combina con una visión que otorga relevancia a las habilidades interpersonales y la inteligencia emocional.

El Bienestar Laboral ante la Transformación Digital

El impacto de la digitalización en el capital humano es profundo. La falta de competencias digitales adecuadas frente a una alta demanda tecnológica genera fenómenos críticos como el **tecnoestrés**. (Expósito & Marsollier, 2020)

- **Salud Mental:** El bienestar de los colaboradores está propiamente ligado a su percepción de autoeficacia digital.
- **Gestión del Talento:** Las organizaciones deben asegurar que la evolución tecnológica sea un motor de bienestar integral, alineando los cambios sistémicos con las necesidades humanas.

Ética en la Implementación de IA y Herramientas Digitales

La implementación de Inteligencia Artificial (IA) y otras herramientas avanzadas en la educación superior debe estar regida por principios éticos e inclusivos. La ética digital en las **Instituciones de Educación Superior** (IES) se centra en:

- **Inclusión y Equidad:** Garantizar que la tecnología no profundice las brechas sociales, alineándose con el **ODS 4** para una educación inclusiva.
- **Humanismo Tecnológico:** Asegurar que la evolución tecnológica sea, ante todo, un proceso humano y sostenible, donde la máquina potencie, pero no sustituya la esencia del proceso educativo.

- **Responsabilidad Ética:** La madurez digital requiere que la innovación tecnológica esté orientada por principios que protejan la integridad y los derechos de todos los miembros de la organización.

METODOLOGÍA

La presente investigación se fundamenta en un paradigma interpretativo con el fin de comprender la complejidad de la transformación digital y su impacto en el factor humano dentro del sector educativo. A continuación, se detallan los componentes metodológicos que guían el estudio:

Diseño de la Investigación

El estudio emplea un diseño cualitativo de alcance descriptivo y de tipo documental. Este diseño permite recopilar, organizar y analizar información existente sobre el bienestar laboral y las brechas de talento, facilitando la identificación de estrategias como el *upskilling* y *reskilling* sin manipular las variables en un entorno controlado.

Objetivos de la Investigación

- **Objetivo General:** Analizar el impacto de la digitalización acelerada en el bienestar de los colaboradores y la brecha de talento en las instituciones de educación superior.
- **Objetivos Específicos:**
 - Identificar los factores que generan tecnoestrés ante la falta de competencias digitales en el marco de los ODS 4 y 8.
 - Describir la importancia de la madurez digital y la cultura tecnológica para fomentar la innovación ética e inclusiva.
 - Explorar estrategias de aprendizaje permanente que alineen los cambios sistémicos con el bienestar integral del personal.

Criterios de Selección de Fuentes (Investigación Documental)

Para garantizar la validez y el rigor científico de la revisión bibliográfica, se establecieron los siguientes criterios de inclusión para las fuentes académicas:

- **Temporalidad:** Se priorizan fuentes publicadas en los últimos 5 a 6 años, considerando la relevancia de la virtualidad post-pandemia.
- **Tipología de Documentos:** Artículos científicos indexados, tesis de grado de instituciones reconocidas, y marcos referenciales de organismos internacionales (ej. UNESCO, ODS).
- **Temática:** Documentos que aborden específicamente la intersección entre tecnología educativa, salud mental, gestión del personal y alfabetización digital.
- **Idiomas:** Fuentes en español e inglés para cumplir con el carácter internacional del seminario.

Técnicas e Instrumentos de Recolección

Se utiliza la técnica de análisis de contenido aplicada a la literatura seleccionada. Los instrumentos consisten en fichas bibliográficas y matrices de análisis cualitativo que permiten contrastar las teorías de madurez digital con los indicadores de bienestar laboral propuestos en el marco referencial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico de la Brecha de Talento y Digitalización

Los resultados preliminares indican que la digitalización en las universidades no debe ser vista solo como una adición tecnológica, sino como un factor que transforma y requiere un replanteamiento de la experiencia educativa. Se observa que las entidades logran cerrar las carencias de talento únicamente cuando alcanzan una madurez digital que establece una cultura tecnológica donde la innovación es fundamental.

- **Competencias Digitales:** Existe una persistente brecha de talento en las organizaciones contemporáneas debido a la digitalización acelerada.
- **Impacto en el Personal:** La falta de competencias digitales genera fenómenos críticos como el tecnoestrés.
- **Marco Normativo:** Este fenómeno afecta directamente el cumplimiento de los ODS 4 (Educación de Calidad) y ODS 8 (Trabajo Decente).

Estrategias de Upskilling y Reskilling en el Sector Educativo

La investigación identifica que la clave para la transformación sistémica reside en promover una cultura educativa positiva fundamentada en la cooperación y la disposición al cambio. Las estrategias detectadas se dividen en dos ejes:

- **Upskilling (Perfeccionamiento):** Optimización de las habilidades actuales del docente para el uso de herramientas de IA y entornos virtuales, buscando una rápida adaptación a los retos actuales.
- **Reskilling (Reciclaje):** Capacitación del personal administrativo y docente en nuevas áreas de gestión digital y ética tecnológica.
- **Aprendizaje Permanente:** Se confirma que el aprendizaje a lo largo de la vida permite una adaptación más fluida, siempre que se combine con una visión emocional donde las habilidades interpersonales tengan relevancia.

Análisis de la Salud Mental y Bienestar Integral

Los resultados sugieren que una sólida cultura de aprendizaje permite alinear los cambios sistemáticos con el bienestar integral. La discusión final revela los siguientes puntos críticos:

- **Relación Estrés-Competencia:** Existe una correlación inversa entre el nivel de alfabetización digital y los niveles de tecnoestrés reportados por el personal.

- El Factor Humano: La transformación tecnológica debe ser un proceso humano y ético para ser sostenible a largo plazo.
- Cultura Organizacional: La educación organizacional actúa como un motor que asegura que la evolución tecnológica no sacrifique la salud mental de los colaboradores.

Discusión: Hacia una Transformación Ética y Sostenible

Al contrastar estos resultados con el marco referencial de la convocatoria RILCO México Centro, se discute que la competitividad organizacional en las Instituciones de Educación Superior (IES) depende de su capacidad para integrar la tecnología sin descuidar el talento humano. La discusión subraya que:

1. Las instituciones deben transitar hacia modelos de gestión que prioricen la salud mental como un indicador de éxito en la transformación digital.
2. La ética e inclusión deben guiar la implementación de herramientas digitales para evitar nuevas formas de exclusión laboral dentro de las universidades.

CONCLUSIONES

La presente investigación permite concluir que la transformación digital en las instituciones de educación superior no es un proceso meramente técnico, sino un cambio sistémico que impacta profundamente en la estructura humana de la organización. A continuación, se sintetizan las respuestas a las interrogantes que motivaron este estudio:

El Impacto de la Digitalización en el Bienestar Integral; Se confirma que la digitalización acelerada, sin una gestión adecuada del cambio, actúa como un detonante de fenómenos nocivos como el tecnoestrés. Los hallazgos sugieren que el bienestar laboral de los colaboradores está naturalmente ligado a su percepción de competencia digital; por lo tanto, la salud mental debe ser un indicador prioritario en cualquier plan de desarrollo institucional.

La Brecha de Talento y la Madurez Digital; La investigación demuestra que las entidades deben alcanzar una madurez digital que trascienda la infraestructura. El cierre de la brecha de talento no se logra únicamente con la adquisición de software, sino a través de la creación de una cultura tecnológica que fomente la innovación basada en principios éticos e inclusivos. Las estrategias de *upskilling* y *reskilling* son motores esenciales para esta transformación, permitiendo que el personal docente y administrativo se adapte a las demandas actuales. Sostenibilidad y Humanismo Tecnológico (ODS 4 y 8)

En respuesta a los marcos referenciales de la Agenda 2030, se concluye que:

- ODS 4: La calidad educativa se potencia cuando existe una alfabetización digital sólida que permite procesos de enseñanza más equitativos.
- ODS 8: El crecimiento económico y el trabajo decente en las universidades dependen de

una visión emocional donde las habilidades interpersonales y la cooperación tengan relevancia frente a la automatización.

Reflexión Final: Hacia una Cultura de Aprendizaje Permanente; La clave para que la evolución tecnológica sea un proceso ético y sostenible reside en promover una cultura educativa positiva. Una sólida cultura de aprendizaje permite alinear los cambios tecnológicos con el bienestar integral, transformando la educación organizacional en un motor que asegure que la tecnología sirva al humano y no a la inversa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Expósito, E., & Marsollier, R. (2020). Virtualidad y educación en tiempos de COVID-19. Un estudio empírico en Argentina. *Educación y Humanismo*, 22(39), 1-22. <https://doi.org/10.17081/eduhum.22.39.4214>
- Herrera Fustamante, J, M. (2021) *Impacto ocupacional del trabajo remoto en docentes durante la emergencia sanitaria en una institución educativa. Chota - Cajamarca 2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]
- Expósito, E., & Marsollier, R. (2020). Virtualidad y educación en tiempos de COVID-19. Un estudio empírico en Argentina. *Educación y Humanismo*, 22(39), 1-22. <https://doi.org/10.17081/eduhum.22.39.4214>.
- Herrera Fustamante, J. M. (2021). Impacto ocupacional del trabajo remoto en docentes durante la emergencia sanitaria en una institución educativa. Chota Cajamarca 2020 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. UNESCO. (s.f.). *Thesaurus de la UNESCO*. Recuperado de <https://vocabularies.unesco.org/browser/thesaurus/es/index/C>.

Competitividad de los vehículos eléctricos en el transporte particular: análisis económico, energético y ambiental en la zona oriente del Estado de México

Competitiveness of electric vehicles in private transport: economic, energy, and environmental analysis in the eastern region of the State of Mexico

Paul Iván Cárdenas Gamiño

Licenciatura en Ingeniería en Transporte

Centro Universitario de Nezahualcóyotl, Universidad Autónoma del Estado de México

ORCID 0009-0000-0791.6527

Paulcrgo@hotmail.com

Juan Antonio Jiménez García

Centro Universitario de Nezahualcóyotl, Universidad Autónoma del Estado de México

ORCID 0000-0002-7303-1284

. jajimenezg@uaemex.mx

Noé Gaspar Sánchez

Centro Universitario de Nezahualcóyotl, Universidad Autónoma del Estado de México

ORCID - 0000-0000-4597-8865

. noecorriendo@hotmail.com

RESUMEN

El sector transporte es uno de los principales consumidores de energía y generadores de emisiones contaminantes en zonas urbanas, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas más eficientes y sostenibles. En este contexto, los vehículos eléctricos han surgido como una opción viable; sin embargo, su competitividad frente a los vehículos de combustión interna depende de múltiples factores económicos, energéticos y ambientales. El presente estudio tiene como objetivo evaluar la competitividad de los vehículos eléctricos en el transporte particular mediante un análisis comparativo con vehículos de combustión interna en la zona oriente del Estado de México. Se desarrolló un enfoque cuantitativo basado en indicadores clave, incluyendo costo por kilómetro, costos operativos, consumo energético y emisiones de CO₂. Asimismo, se integraron herramientas de evaluación financiera como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), con un horizonte de evaluación de ocho años. Los resultados muestran que los vehículos eléctricos presentan una mayor competitividad en escenarios de uso intensivo, debido a sus menores costos operativos y mayor eficiencia energética. Aunque el costo inicial es más elevado, este se compensa

en el corto plazo mediante ahorros en consumo energético, generando beneficios económicos significativos a mediano plazo. Desde el punto de vista ambiental, los vehículos eléctricos reducen de manera importante las emisiones directas, contribuyendo a mejorar la calidad del aire en zonas urbanas. Se concluye que la competitividad de los vehículos eléctricos depende principalmente de la intensidad de uso, el diferencial de costos energéticos y las condiciones del entorno urbano. No obstante, su adopción requiere el fortalecimiento de infraestructura de recarga y políticas públicas que incentiven su implementación en el sistema de transporte.

Palabras clave: Competitividad, Movilidad eléctrica, Vehículos eléctricos, Eficiencia energética, Costos operativos, Transporte urbano.

ABSTRACT

The transportation sector is one of the main consumers of energy and contributors to pollutant emissions in urban areas, which has driven the search for more efficient and sustainable alternatives. In this context, electric vehicles have emerged as a viable option; however, their competitiveness compared to internal combustion vehicles depends on multiple economic, energy, and environmental factors. This study aims to evaluate the competitiveness of electric vehicles in private transportation through a comparative analysis with internal combustion vehicles in the eastern region of the State of Mexico. A quantitative approach was developed based on key indicators, including cost per kilometer, operational costs, energy consumption, and CO₂ emissions. Financial evaluation tools such as Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR) were also applied, considering an eight-year evaluation horizon. The results show that electric vehicles demonstrate greater competitiveness under intensive usage scenarios due to their lower operating costs and higher energy efficiency. Although the initial investment is higher, it is offset in the short term through energy cost savings, generating significant economic benefits in the medium term. From an environmental perspective, electric vehicles significantly reduce direct emissions, contributing to improved air quality in urban areas. It is concluded that the competitiveness of electric vehicles is primarily determined by usage intensity, energy cost differentials, and urban conditions. However, their adoption requires the strengthening of charging infrastructure and the implementation of public policies that promote their integration into the transportation system.

Keywords: Competitiveness, Electric mobility, Electric vehicles, Energy efficiency, Operational costs, Urban transport.

INTRODUCCIÓN

Problema del transporte urbano y contaminación

En las últimas décadas, la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) ha enfrentado retos críticos respecto a la saturación de sus vías de comunicación y el deterioro de la calidad del aire. El crecimiento desmedido del parque vehicular particular ha convertido al transporte en una de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y partículas suspendidas. Esta problemática no solo incide en contingencias ambientales recurrentes, sino que impacta de manera directa en la salud pública y en la eficiencia económica de la región, volviendo urgente la transición hacia tecnologías de movilidad limpia (Martínez Perdomo, 2009; Motor pasión, 2024).

Crecimiento de la electromovilidad

Ante este panorama, la movilidad eléctrica se posiciona a nivel global como la alternativa tecnológica más viable para descarbonizar el transporte. Aunque la evolución y perfeccionamiento de los sistemas de carga y tracción eléctrica han tomado décadas de investigación y desarrollo a nivel internacional (Duran, 2023), es en los últimos años cuando se ha observado una aceleración en su adopción masiva, impulsada por mejoras sustanciales en la autonomía, la reducción de costos de fabricación de componentes y políticas públicas globales orientadas a la sustentabilidad.

Importancia de la competitividad

Para que la transición hacia los vehículos eléctricos (VE) sea una realidad en el sector del transporte particular, no basta con sus beneficios ecológicos; la tecnología debe demostrar una competitividad integral frente a los vehículos de combustión interna (VCI). Esta competitividad se evalúa a través del Costo Total de Propiedad (TCO, por sus siglas en inglés), donde la optimización de los costos operativos, el consumo energético por kilómetro y las estrategias de mitigación de gastos logísticos juegan un papel fundamental para convencer al consumidor final (Ramos, 2020).

Contexto de la zona oriente del Estado de México

La zona oriente del Estado de México (región que comprende municipios de alta densidad demográfica como Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Ecatepec, Valle de Chalco e Ixtapaluca) presenta dinámicas de movilidad complejas. Se caracteriza por viajes pendulares masivos y de largas distancias hacia la Ciudad de México, con severos problemas de congestión vial que reducen las velocidades promedio de operación. Analizar la competitividad de los VE en este entorno específico requiere entender cómo afectan los patrones de tráfico locales al rendimiento energético y al bolsillo de los usuarios de transporte particular.

Objetivo e hipótesis del estudio

Objetivo: Evaluar la competitividad económica, energética y ambiental de los vehículos eléctricos particulares en comparación con los vehículos convencionales de combustión interna dentro de la dinámica de movilidad de la zona oriente del Estado de México.

Hipótesis: A pesar de requerir una inversión inicial significativamente mayor, los vehículos eléctricos particulares son económicamente competitivos en el mediano plazo en la zona oriente del Estado de México debido a su alta eficiencia energética urbana, menores costos de mantenimiento y la viabilidad financiera demostrada mediante indicadores de rentabilidad positivos (VAN y TIR), ofreciendo en paralelo una reducción drástica del impacto ambiental local.

MARCO TEÓRICO

Competitividad y transporte

La competitividad en el transporte se define como la capacidad de un sistema o tecnología para prestar un servicio de movilidad minimizando el consumo de recursos financieros, temporales y materiales. En entornos urbanos complejos, la eficiencia en la gestión de costos operativos directos –como el combustible y el desgaste mecánico– determina si una tecnología de transporte puede desplazar a otra en las preferencias del mercado (Ramos, 2020). Asimismo, la infraestructura vial y los flujos de mercancías y personas dictan las pautas de desgaste y rendimiento que alteran dicha competitividad (Martínez Perdomo, 2009).

Movilidad eléctrica e infraestructura de recarga

La viabilidad operativa de la movilidad eléctrica depende intrínsecamente de la madurez de su ecosistema tecnológico, el cual ha avanzado desde sistemas rudimentarios hasta cargadores inteligentes de alta potencia (Duran, 2023). Un factor crítico para el éxito del vehículo particular es la disponibilidad y accesibilidad de la infraestructura de recarga, clasificada en residencial, pública y de carga rápida; sin una red de carga distribuida estratégicamente que elimine la "ansiedad de autonomía", la adopción masiva se ve severamente limitada (Marrot, 2019).

Eficiencia energética y tecnología de baterías

Desde la perspectiva de la física de los combustibles, los hidrocarburos tradicionales poseen una alta densidad energética pero sufren de un rendimiento termodinámico limitado en motores de combustión, donde la mayor parte de la energía se disipa en forma de calor (Elvers, 2008). En contraste, el tren motriz eléctrico aprovecha eficientemente la energía almacenada en celdas electroquímicas avanzadas (baterías de ion-litio), cuya evolución ha transformado las posibilidades de la vida moderna (Islas, 2021). Además, los VE incorporan sistemas de frenado regenerativo, tecnologías capaces de recuperar la energía cinética durante las desaceleraciones para reinyectarla a la batería, una ventaja energética sin igual en el tráfico urbano intermitente (Monroy et al., 2020).

Evaluación económica (VAN y TIR)

Para determinar la viabilidad de proyectos de inversión donde compiten alternativas mutuamente excluyentes, la ingeniería económica provee herramientas matemáticas rigurosas. El Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) permiten actualizar los flujos de efectivo futuros (tanto ahorros operativos como costos de mantenimiento) a valor presente utilizando una Tasa de

Recuperación Mínima Atractiva (TREMA), proporcionando una base objetiva para la toma de decisiones financieras a largo plazo (Coss Bu, 2003).

Impacto ambiental del transporte

El transporte particular basado en combustibles fósiles emite volúmenes considerables de dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y material particulado ($\text{PM}_{2.5}$), precursores del calentamiento global y de enfermedades respiratorias en zonas urbanas (Motor pasión, 2024). La cuantificación de estas emisiones es indispensable para contrastar el beneficio ambiental de un VE, cuya operación local es de cero emisiones.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio

Se plantea un estudio de tipo cuantitativo, descriptivo y transversal, con un enfoque analítico-comparativo. Se evalúan y contrastan datos empíricos de rendimiento, costos financieros y factores de emisión entre dos alternativas tecnológicas para el transporte particular.

Vehículos analizados

Para asegurar la validez del análisis, se seleccionan dos modelos de vehículos de uso particular comparables en segmento y equipamiento:

1. Vehículo de Combustión Interna (VCI): Sedán compacto equipado con motor a gasolina de cuatro cilindros y transmisión automática.
2. Vehículo Eléctrico (VE): Sedán compacto 100% eléctrico equipado con una batería de ion-litio con capacidad promedio de 40 kWh y sistema de frenado regenerativo.

Variables de análisis

- Variables Económicas: Inversión inicial o costo de adquisición (I_0), costo unitario del combustible (gasolina Magna/Premium en pesos por litro) frente al costo de la energía eléctrica (tarifa doméstica CFE en pesos por kWh), costos anuales de derechos (tenencia, verificación, refrendo) y costos de seguro.
- Costos de Mantenimiento: Se modelan los costos preventivos y correctivos anuales. De acuerdo con modelos de gestión de activos, el tren motriz del VE reduce drásticamente las tareas de mantenimiento debido a que cuenta con menos piezas móviles y carece de sistemas complejos de lubricación y escape (Viveros et al., 2013).
- Variables Energéticas: Rendimiento del VCI (km/litro), rendimiento del VE (kWh/100 km) y tasa de recuperación energética por frenado regenerativo en condiciones de congestionamiento urbano.
- Variables Ambientales: Factor de emisión local de CO_2 por litro de gasolina quemado contra el factor de emisión indirecto del VE basado en la intensidad de carbono de la red eléctrica nacional (Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional).

Horizonte de evaluación

El horizonte temporal para la evaluación del proyecto de inversión se establece en 5 y 10 años, considerando un kilometraje anual promedio de 20,000 km, característico de los trayectos largos efectuados por los residentes de la zona oriente del Estado de México.

Método de cálculo

Se aplican las fórmulas clásicas de ingeniería económica (Coss Bu, 2003) para calcular el VAN y la TIR a partir de los flujos netos de efectivo generados por los ahorros en combustible y mantenimiento del VE frente al VCI:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} + \frac{VS}{(1+i)^n}$$

(imagen 1: Formula clasica de ingenieria economica)

Donde F_t representa el flujo neto del año t (Ahorro en combustible + Ahorro en mantenimiento - Gastos adicionales), i es la TREMA estipulada (ej. 12%), VS es el valor de salvamento o reventa del vehículo al final del periodo n . La TIR se determina igualando el VAN a cero.

Mexibús Línea III Chimalhuacán - Nezahualcóyotl - Pantitlán

Descripción general: La Línea III del Mexibús es la segunda línea inaugurada del sistema (30 de abril de 2013) y la única que ingresa a la Ciudad de México, conectando Chimalhuacán y Nezahualcóyotl con el CETRAM Pantitlán. Es la línea más relevante para la zona de estudio de la presente investigación, al atravesar el municipio de Nezahualcóyotl con 16 de sus estaciones. Circula por Av. del Peñón, Bordo de Xochiaca, Vicente Villada, Chimalhuacán y Río Churubusco.

Datos oficiales (GOB EDO MEX, 2025):

- Longitud: 18.60 km (reporte oficial Gaceta Gobierno 2025) / 18.2 km (Transparencia Fiscal)
- Estaciones: 28 estaciones + 2 terminales (oficial 2025), 29 estaciones en reporte anterior
- Flota: 58 unidades en operación equipadas con cámaras de seguridad, 7 Unidades Rosa y 4 unidades en reserva. Reporte alternativo: 51 unidades + 4 Rosa
- Ampliación: 4.13 km Chimalhuacán-Chicoloapan con 16 estaciones tipo parabús y 7 unidades adicionales. Con ampliación total 28 km con 30 estaciones + 16 parabuses.
- Aforo diario: 86,000 usuarios (2023), 65,000 usuarios (GOB. EDO. MEX. 2024)
- Combustible: 100% diésel (Euro 5/Euro 6), 0 unidades eléctricas, 0 unidades a gas LP
- Conexiones: Metro Líneas 1, 5, 9, A en Pantitlán, Metrobús Línea 4 CDMX y Trolebús Línea 2 CDMX
- Operador: Red de Transportes de Oriente S.A.

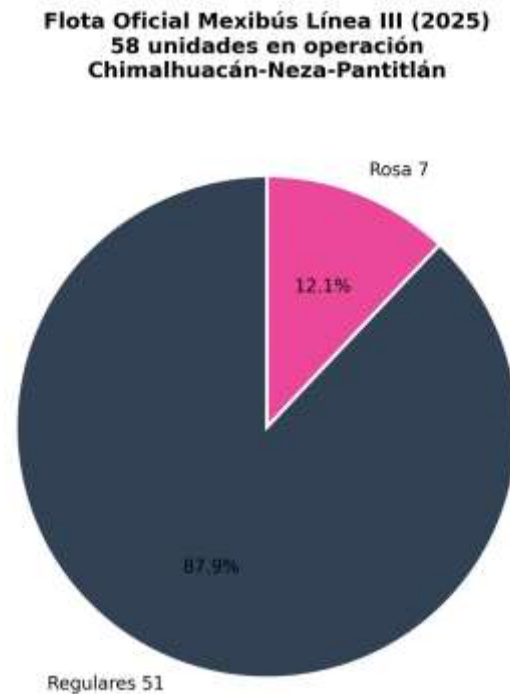
Tabla 1.0:

Composición de Flota Línea III

Concepto	Dato Oficial L-III
Ruta	Chimalhuacán - Nezahualcóyotl - Pantitlán
Longitud	18.60 km (18.2 km)
Estaciones	28 + 2 terminales
Flota total	58 en operación + 4 reserva
Unidades Rosa	7
Tipo combustible	100% diésel (0 eléctricas)
Aforo diario	86,000 usuarios
Año inauguración	30 abril 2013
Municipios	16 est. Neza, 12 Chimalhuacán, 1 CDMX

Nota: Desarrollo del autor

La flota actual está compuesta en su totalidad por unidades diésel, con 7 unidades destinadas al Servicio Rosa exclusivo para mujeres. Los que se puede apreciar en la Figura 1.0

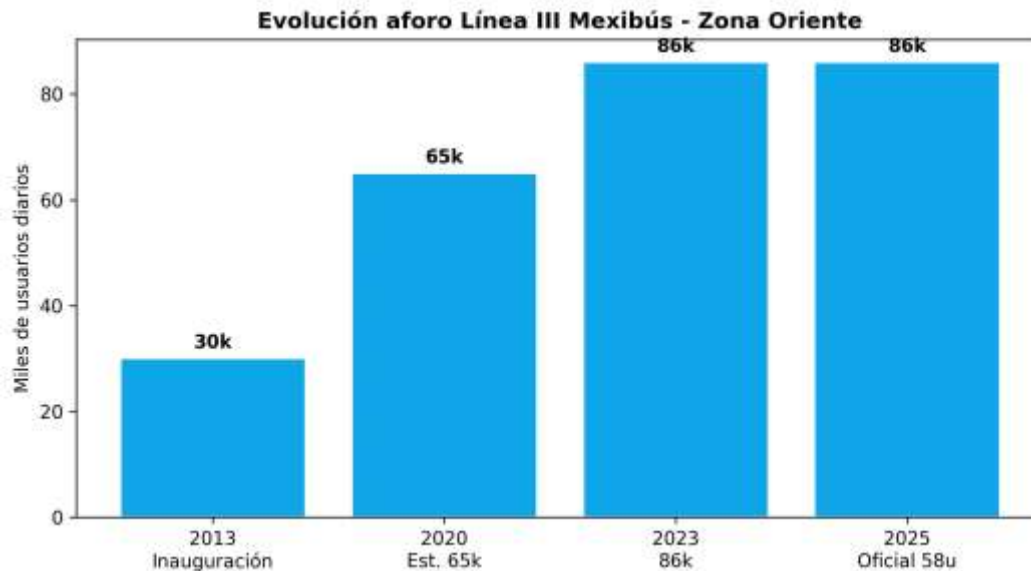
Figura 1.0:**Evolución del Aforo.**

Nota: Fuente: Gob. Edo. Mex., 2025

El aforo se ha incrementado de 65,000 a 86,000 usuarios diarios, consolidándose como corredor crítico del oriente, como se aprecia en la figura 2.0

Figura 2.0

Crecimiento del Aforo



Nota: Desarrollo del autor

Sistema Complementario 100% Eléctrico del Oriente: Trolebús Línea 11 Chalco - Santa Martha

El Trolebús Elevado Línea 11, representa la contraparte 100% eléctrica en la misma zona oriente. De acuerdo con Industry & Energy Magazine y STE CDMX, el sistema opera con 102 unidades articuladas 100% eléctricas con cero emisiones y baja emisión de ruido en su primera etapa. Recorre 18 km con 13 estaciones y 2 terminales (15 paradas totales), de las cuales 12 se encuentran en operación en 2025. Conecta Chalco, Valle de Chalco, Ixtapaluca, Iztapalapa y Tláhuac. Ha transportado 13 a 25 millones de pasajeros en su primer año (Trolebús Chalco -Santa Martha). Ver tabla 2.0 (Staff Industry & Energy Magazine, 2026).

Tabla 2.0

Datos técnicos del Trolebús Elevado Linea 11

Concepto	Trolebús L-11
Longitud	18 km
Flota	102 unidades 100% eléctricas
Estaciones	15 totales (12 operativas)

Aforo	70,000-80,000 diarios promedio
Emisiones	Cero directas
Tarifa	\$13.00 MXN

Nota: (Staff Industry & Energy Magazine, 2026).

Análisis comparativo

La comparativa evidencia una brecha tecnológica en el oriente del Estado de México: mientras la Línea III del Mexibús que atiende Nezahualcóyotl mantiene 0% de electrificación con 58 unidades diésel, el corredor paralelo Chalco-Santa Martha ya opera con 102 unidades 100% eléctricas en 18 km. Esta dualidad permite argumentar en el análisis de competitividad que la zona oriente cuenta con condiciones técnicas habilitantes para la electromovilidad (infraestructura de recarga, validación social de la tecnología, reducción de 490 toneladas de contaminantes anuales reportada en L-II), pero requiere políticas de renovación de flota específicas para la L-III, que es la de mayor impacto en calidad del aire para Nezahualcóyotl.

Referencias del apartado

RESULTADOS

Comparación de costos y competitividad económica

Los resultados financieros demuestran el trade-off clásico de la electromovilidad: el VE presenta una inversión inicial aproximadamente 40% a 60% más alta que su contraparte de gasolina. Sin embargo, al analizar el costo operativo por kilómetro, el VE muestra una ventaja contundente. Mientras que el gasto mensual en gasolina para cubrir las rutas de la zona oriente hacia los centros de trabajo puede ascender significativamente, el costo de la electricidad para recorrer la misma distancia utilizando recarga residencial es hasta un 70% menor, logrando amortizar la diferencia de precio inicial conforme se incrementa el kilometraje acumulado.

Resultados energéticos

En términos de eficiencia energética, el VE superó ampliamente al VCI. En las condiciones de tránsito pesado características de vialidades como la Calzada Ignacio Zaragoza o la Avenida Central, el rendimiento del VCI cae drásticamente debido al consumo en ralentí (marcha en vacío). Por el contrario, el VE aprovecha las paradas continuas gracias al sistema de frenado regenerativo, recuperando hasta un 15-20% de energía que de otro modo se perdería en forma de fricción térmica, optimizando el consumo total en kWh por cada 100 km (Monroy et al., 2020).

Resultados ambientales

El análisis ambiental arroja una reducción inmediata en la huella de carbono local. Tomando como base los factores de emisión por litro de combustible fósil quemado (Motor pasión, 2024), un usuario que migra de un VCI a un VE en la zona oriente evita la emisión directa de aproximadamente 2.3 a

2.6 kg de CO_2 por cada litro de gasolina que habría consumido. Incluso al contabilizar las emisiones indirectas generadas por las plantas termoeléctricas del país para producir la electricidad del VE, el balance neto arroja una disminución superior al 50% de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel ciclo de vida operativo.

VAN, TIR y recuperación de inversión

Al aplicar la metodología de evaluación de proyectos (Coss Bu, 2003), los flujos de efectivo netos (derivados del ahorro acumulado de combustible y la simplificación de los servicios de mantenimiento preventivo) justifican la inversión. Bajo un horizonte de 10 años y una TREMA del 12%, el VAN resulta positivo y la TIR supera el costo de oportunidad del dinero. El periodo de recuperación de la inversión (payback) se sitúa entre los 4.5 y 6 años, dependiendo de la tarifa eléctrica del usuario (evitando caer en la tarifa DAC de CFE) y de la estabilidad en los precios de la gasolina.

DISCUSIÓN

Interpretación de resultados y competitividad real

Los datos obtenidos confirman que la competitividad de los vehículos eléctricos en el transporte particular de la zona oriente del Estado de México es real y financieramente medible en el mediano y largo plazo. No obstante, esta competitividad económica está estrechamente ligada a la intensidad de uso: a mayor cantidad de kilómetros recorridos bajo congestión urbana, mayor es el beneficio de la eficiencia del motor eléctrico y el frenado regenerativo frente al ineficiente motor térmico.

Factores y limitaciones que afectan la competitividad

A pesar de las ventajas cuantitativas, existen barreras estructurales que desaceleran la adopción en esta región geográfica concreta:

1. **Infraestructura de Recarga Limitada:** La zona oriente cuenta con una densidad muy baja de estaciones de recarga pública rápida en comparación con el poniente o el sur de la ZMVM, forzando a los usuarios a depender casi exclusivamente de la recarga nocturna en sus hogares (Marrot, 2019).
2. **Ausencia de Certificaciones Locales:** Una limitación metodológica y comercial importante es la falta de laboratorios públicos o privados accesibles en el país destinados a realizar pruebas estandarizadas y homologación de la degradación de baterías de VE bajo las condiciones extremas de temperatura y patrones de manejo locales, lo que genera incertidumbre sobre el valor de reventa a largo plazo (Villasol López et al., 2023).
3. **Costos de Reemplazo Críticos:** Aunque el mantenimiento general es menor (Viveros et al., 2013), el riesgo financiero asociado a una falla fuera de garantía o al fin de la vida útil de la batería (Islas, 2021) sigue siendo un factor disuasorio para las familias de ingresos medios en el Estado de México.

CONCLUSIONES

Respuesta al objetivo y confirmación de hipótesis

El estudio cumplió exitosamente con el objetivo de evaluar la viabilidad multifactorial de la electromovilidad particular en el oriente mexicano. La hipótesis planteada fue **confirmada**: las ventajas en eficiencia energética urbana y los sustanciales ahorros económicos operativos compensan con creces el sobre costo inicial de adquisición, logrando indicadores financieros (VAN y TIR) sumamente atractivos dentro de un horizonte de evaluación estándar.

Hallazgos principales

- El tráfico pesado y los trayectos de largo recorrido típicos de la zona oriente maximizan los beneficios de la tecnología eléctrica gracias al frenado regenerativo y la eliminación del gasto de combustible en ralentí.
- El mantenimiento mecánico simplificado y los ahorros en energéticos son los motores principales que empujan la viabilidad financiera del proyecto.
- El beneficio ambiental es doble: elimina por completo las emisiones de escape locales mitigando la crisis del aire urbano, y reduce a la mitad la huella de carbono global del conductor particular.

Recomendaciones y líneas futuras de investigación

Se recomienda a las autoridades gubernamentales del Estado de México implementar incentivos fiscales locales (como la exención permanente de derechos vehiculares y subsidios para la instalación de medidores bidireccionales dedicados a VE en hogares). Asimismo, se propone de manera urgente incentivar la inversión privada para expandir la red de cargadores rápidos públicos en los municipios del oriente.

Como líneas futuras de investigación, se sugiere desarrollar estudios específicos sobre el comportamiento y degradación real de los diferentes cátodos de baterías bajo ciclos de conducción metropolitanos reales, apoyándose en el desarrollo de infraestructura de laboratorios especializados de homologación en el país, asegurando así una transición tecnológica informada y segura para la población.

REFERENCIAS

- Coss Bu Raúl (2003). Análisis y evaluación de proyectos de inversión México: Editorial Limusa : Noriega, 2003.
- Duran, O. (2023). Historia del sistema de carga de autos en 70 años . *Hiferauto* , 1-3.
- Elvers Barbara (2008) Handbook of fuel. Wiley-Vch. India.
- Gobierno del Estado de México. (2025, 11 de julio). *Gaceta del Gobierno: Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México*.

- https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2025/jul111.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Gobierno del Estado de México. (2024). *Finalidad 03. Desarrollo económico*. En *Cuenta Pública del Gobierno, Organismos Auxiliares y Autónomos del Estado de México 2023*. Secretaría de Finanzas. https://transparenciafiscal.edomex.gob.mx/sites/transparenciafiscal.edomex.gob.mx/files/files/pdf/rendicion-cuentas/cuenta-publica-2023/TomoII/1-3-Finalidad-03-Desarrollo-Economico.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Islas, M. D. (2021). LAS BATERÍAS, EL DESARROLLO TECNOLÓGICO QUE CAMBIÓ LA VIDA MODERNA DE LA HUMANIDAD. *Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo*, 5.
- Marrot, J. (2019). Infraestructura de recarga de vehículo eléctrico. *Cateb*, 3.
- Martínez Perdomo, FR, (2009). El sistema de transporte de carga en la Ciudad de México. Factores para considerar en el análisis del transporte de carga y la movilidad de mercancías. *Territorios*, (20-21), 161-174.
- Monroy, C.A. Siachoque, I.C. Durán-Tovar, A.R. Marulanda-Guerra. (2020) *Comparative Study of Regenerative Braking System and Regeneration with Constant Kinetic Energy in Battery-based Electric Vehicles*, Ingeniería, Vol. 25, Num. 3, pp. 305-322
- Motor pasión. Disponible: <https://www.motorpasion.com.mx/industria/emisiones-co2> [fecha de la consulta: 2024]
- Ramos, R. (12 de noviembre de 2020). *The Logistics World*. Obtenido de <https://thelogisticsworld.com/historico/10-estrategias-para-bajar-costos-en-transporte/>
- Staff Industry & Energy Magazine. (2026, 11 de febrero). *¡Electromovilidad en las alturas! Inauguran trolebús Chalco-Santa Martha*. *Industry & Energy Magazine*. Disponible: https://energymagazine.mx/2025/05/electromovilidad-en-las-alturas-inauguran-trolebus-chalco-santa-martha/?utm_source=chatgpt.com
- Villasol López, A., Díaz Santos, R., & Castro Fernández, M. (2023). Análisis de las potencialidades de un laboratorio para pruebas y homologación de baterías para vehículos eléctricos. *Ingeniería Energética*, XLIV (1), 132-142.
- Viveros P, Stegmaier R, Kristjanpoller F, et al. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Revista Chilena de Ingeniería*. 2013;21(1):125-138. DOI: 10.4067/S0718-33052013000100011.

Inteligencia de negocios para la competitividad en microempresas mexiquenses

Business Intelligence for Competitiveness in Micro-enterprises in the State of Mexico

Karla Sujey Blancas Pineda

Universidad Autónoma del Estado de México

karla77blancas@gmail.com

Laura Cecilia Méndez Guevara

Universidad Autónoma del Estado de México

ORCID: 0000-0002-4190-7157

lcmendezg@uaemex.mx

RESUMEN

En un entorno altamente competitivo y cambiante, las microempresas mexiquenses enfrentan importantes desafíos para fortalecer su competitividad y sostener su crecimiento. La inteligencia de negocios (BI, por sus siglas en inglés) se posiciona como una estrategia que permite transformar datos en conocimiento útil para la toma de decisiones. Esta ponencia analiza cómo la adopción de prácticas de inteligencia de negocios accesibles puede optimizar procesos clave como el control de ventas, la gestión de inventarios y el análisis del comportamiento del cliente en el contexto del Estado de México. Asimismo, se examinan las principales barreras de adopción, entre ellas la limitada capacitación tecnológica y la resistencia al cambio, proponiendo estrategias prácticas para su integración progresiva. Se concluye que la inteligencia de negocios representa una oportunidad estratégica para mejorar la competitividad y sostenibilidad de las microempresas mexiquenses.

Palabras clave: Inteligencia de negocios, microempresas, competitividad.

ABSTRACT

In a highly competitive and dynamic environment, microenterprises in the State of Mexico face significant challenges in strengthening their competitiveness and sustaining growth. Business Intelligence (BI) is positioned as a strategy that enables the transformation of data into useful knowledge for decision-making. This paper analyzes how the adoption of accessible Business Intelligence practices can optimize key processes such as sales control, inventory management, and customer behavior analysis within the context of the State of Mexico. It also examines the main barriers to adoption, including limited technological training and resistance to change, proposing practical strategies for gradual integration. It is concluded that Business Intelligence represents a

strategic opportunity to enhance the competitiveness and sustainability of microenterprises in this region.

Keywords: Business Intelligence, microenterprises, competitiveness.

INTRODUCCIÓN

En un entorno económico caracterizado por la competencia, la transformación digital y la necesidad de responder oportunamente a las demandas del mercado, las microempresas enfrentan el reto de mejorar sus procesos de gestión y fortalecer su capacidad para tomar decisiones. En este contexto, la inteligencia de negocios (*Business Intelligence*, BI) representa una alternativa tecnológica y administrativa para transformar los datos generados diariamente por las organizaciones en información y conocimiento útil.

La importancia de las microempresas en México justifica el análisis de estrategias que contribuyan a su permanencia y competitividad. De acuerdo con los resultados definitivos de los Censos Económicos 2024, las microempresas representan el 95.4 % de las unidades económicas del país y emplean a 41.4 % del personal ocupado (INEGI, 2025). Esta realidad permite reconocer la necesidad de incorporar alternativas accesibles que fortalezcan sus capacidades tecnológicas y administrativas. La inteligencia de negocios puede entenderse como el conjunto de procesos y herramientas que permiten recopilar, transformar, analizar y visualizar los datos para apoyar la toma de decisiones estratégicas. Desde esta perspectiva, el proceso inicia con el registro de las operaciones cotidianas y continúa con la organización, depuración, análisis e interpretación de la información. Como señala Microsoft (2026), las herramientas de inteligencia empresarial permiten analizar datos históricos y actuales y presentar los resultados mediante formatos visuales que apoyan la toma de decisiones (Microsoft, 2026).

La revisión del estado del arte permite identificar que las herramientas de BI pueden emplearse en diferentes áreas de las organizaciones, particularmente en el control de ventas, la gestión de inventarios y el conocimiento del comportamiento de los clientes. Las herramientas actuales facilitan la recopilación, análisis y visualización de información, así como el seguimiento de indicadores de desempeño o KPI, los cuales permiten conocer el avance hacia los objetivos establecidos (Microsoft, 2026).

Sin embargo, la adopción de este tipo de soluciones no depende únicamente de contar con software especializado. Las microempresas pueden enfrentar dificultades relacionadas con la capacitación digital, la resistencia al cambio, la disponibilidad de recursos tecnológicos y la falta de procedimientos para el registro y organización de los datos. La incorporación tecnológica en las microempresas se relaciona con la eficiencia operativa, la innovación, la competitividad y la sostenibilidad (Flores Loaiza et al., 2025).

Por esta razón, la presente investigación se justifica por la necesidad de analizar alternativas accesibles para implementar prácticas de inteligencia de negocios en las microempresas mexiquenses. La propuesta parte del supuesto de que la adopción puede realizarse de manera progresiva, utilizando inicialmente herramientas ofimáticas disponibles, como hojas de cálculo, fórmulas, filtros, tablas dinámicas y gráficos, para posteriormente incorporar plataformas especializadas como Power BI. En este sentido, Excel y Power BI pueden complementarse para recopilar, analizar y explorar datos empresariales de forma accesible (Microsoft, 2026).

En consecuencia, la investigación se orienta a responder las siguientes preguntas: ¿cómo puede la inteligencia de negocios contribuir a la competitividad de las microempresas mexiquenses?, ¿cuáles son las principales áreas estratégicas para su aplicación?, ¿qué barreras dificultan su adopción? y ¿qué estrategias accesibles pueden favorecer su implementación progresiva? A partir de estas interrogantes, el estudio analiza la inteligencia de negocios como una oportunidad para que las microempresas transformen los datos cotidianos en información útil y, posteriormente, en decisiones orientadas a mejorar sus resultados.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, con alcance descriptivo y documental, mediante un diseño no experimental y transversal. Se consideró cualitativa debido a que se analizaron conceptos, características, aplicaciones, barreras y estrategias relacionadas con la inteligencia de negocios y la competitividad de las microempresas. El carácter descriptivo permitió identificar y organizar los principales elementos que, de acuerdo con la literatura y las fuentes especializadas, intervienen en la adopción de prácticas de BI.

El estudio fue de tipo documental debido a que la información se obtuvo mediante la revisión y análisis de fuentes académicas, institucionales y tecnológicas relacionadas con la inteligencia de negocios, la transformación digital, las microempresas, la competitividad y el análisis de datos. Este procedimiento permitió identificar tendencias, coincidencias y propuestas aplicables al contexto de las microempresas mexiquenses.

De manera metodológica, el estudio se apoyó en una lógica de revisión sistemática de contenidos, clasificación temática y análisis comparativo. La información se organizó en categorías: datos, análisis, toma de decisiones, ventas, inventarios, clientes, barreras de adopción, herramientas accesibles, KPI y competitividad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Deberá incluir los resultados obtenidos del análisis de los datos, propuestas o sugerencias sobre la problemática analizada y una discusión final para identificar como dar continuidad a esta investigación.

Desde una perspectiva informática, la inteligencia de negocios requiere de los datos que va generando una organización o empresa de forma cotidiana, es decir el registro de sus transacciones se toma como el origen de sus procesos.

Como se puede observar en la figura 1, los datos se ordenan y se relacionan, un ejemplo es la triangulación de la información que permita una toma de decisiones, se denomina inteligente debido al tratamiento que se les otorga a los datos para que nos arroje a través del análisis el conocimiento necesario para la toma de decisiones, la cual se puede hacer con herramientas ofimáticas.

Figura 1

De los datos a la decisión inteligente.



Nota: Desarrollo del autor

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) nos aportan el soporte necesario para el procesamiento de las transacciones, mismas que habrán de proporcionar los registros de las operaciones rutinarias de una empresa u organización.

En el caso de las microempresas, se puede distinguir que, existen ciertas limitaciones tecnológicas que deberán de ser subsanadas con la implementación creativa de las más básicas herramientas ofimáticas, para que sea implementada la inteligencia de negocios.

Por lo anterior, si los recursos con los que cuenta la microempresa son limitados se debe de planear bien una estrategia empresarial que permita optimizar los recursos con los que cuenta y de ser posible planear una inversión al corto o mediano plazo de equipo de cómputo para contar con una infraestructura sólida que sirva para el uso de software de inteligencia de negocios.

En la figura 2, se puede observar que, la implementación en una microempresa de un modelo de negocios basado en la inteligencia de negocios integra el registro oportuno de información para lograr una ventaja competitiva.

Figura 2

Inteligencia de negocios y competitividad.



Nota: Desarrollo del autor

Con relación a las áreas estratégicas de aplicación de la inteligencia de negocios, son: ventas, inventarios y clientes, cuya interacción proporciona mayor eficiencia y control. Tal y como se observa en la figura 3.

Figura 3

Áreas estratégicas de aplicación.



Nota: Desarrollo del autor

A continuación, se ilustra en la figura 4, el ciclo de la inteligencia de negocios, la cual está integrada por la: recopilación de datos, organización de la información, análisis de los datos, interpretación y toma de decisiones.

Generalmente, la primera etapa de recopilación de los datos necesita atender la capacitación de los usuarios directos y de los responsables de las áreas clave para lograr el almacenamiento y manejo óptimo de los datos, evitando las pérdidas de estos.

Posteriormente, con relación a la organización de los datos estos deben de validarse y depurarse para evitar sesgos y poder extraerlos de tal forma que, la siguiente etapa sea con base en datos robustos y precisos.

El análisis de datos puede manejarse a través de formulas y filtros que permitirán obtener criterios válidos.

Finalmente, el proceso concluye con la oportuna toma de decisiones la cual se hará de forma automática y rápida que da soporte a la alta gerencia.

Así el uso de la inteligencia de negocios permitirá a las microempresas un enfoque de diseño de procesos enfocados al cliente, debido a que el análisis proporciona exactamente las necesidades y/o requerimientos esenciales de sus clientes.

Figura 4

Ciclo de la inteligencia de negocios.



Nota: Desarrollo del autor

Un factor de riesgo es la resistencia al cambio del personal de toda organización enfrenta al incorporar un modelo diferente de negocios o forma de trabajo, en las microempresas no es la excepción.

En la figura 5, se determinan acorde a la revisión de la literatura del tema, las principales barreras de la adopción de un modelo de negocios basado en la inteligencia de negocios:

- Baja capacitación digital, hace referencia a que el colaborador de la microempresa no esta especializado en el uso de medios digitales y, por lo tanto, requerirá una capacitación especializada. Afortunadamente, se incluye en el plan de proyectos tecnológicos.
- Resistencia al cambio, este rubro ya se abordó un poco ya que es un riesgo muy fuerte relacionado con el personal que labora en la organización. Este aspecto se debe de cuidar mucho ya que, debe de abordarse con cautela y desde antes de implementar el modelo para evitar inconvenientes y el fracaso de la propuesta.
- Recursos limitados, con relación a este punto, también ya se ha explicado, ya que representa una característica derivada de la limitada capacidad de recursos económicos que se generan y que se cuenta en una microempresa. Para solventar este punto, se debe de considerar el reciclaje de equipo de cómputo, como una buena estrategia que permita la puesta a punto del proyecto.
- Falta de datos organizados, este se deriva de la escasez o ausencia de infraestructura en especial la del tipo tecnológico, además de que es en resumen una consecuencia de las

dificultades ya mencionadas en los anteriores rubros. Una vez que se cuente con el equipamiento de cómputo, se puede establecer el protocolo de registro de datos.

Figura 5

Principales barreras de adopción.



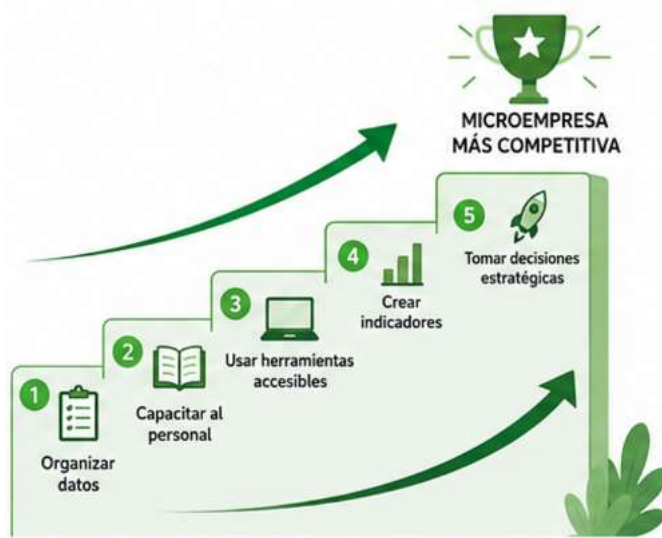
Nota: Desarrollo del autor

En la figura 6 se observa que, la inteligencia de negocios representa una tendencia en el área de informática ya que en las organizaciones por pequeñas que sean, se generan gran cantidad de datos todos los días y que la implementación de un modelo de negocios que la integra será en el corto plazo más competitiva. En el esquema se menciona que las herramientas que se utilizan son accesibles debido a que sino se cuenta con software especializado para inteligencia de negocios se puede utilizar la hoja de cálculo de la ofimática de software libre o de licencia. Por citar un ejemplo el Microsoft Excel que precisamente es una herramienta ampliamente utilizada y muy poderosa. Así que es muy probable que si la microempresa tiene un equipo de cómputo seguramente contará con algún tipo de herramienta ofimática como la descrita. Otra herramienta muy utilizada para inteligencia de negocios es Power BI.

Respecto a los indicadores o métricas cuantitativas se denominan KPI (*Key Performance Indicator*) por sus siglas en inglés y se refiere a las variables que se estén definiendo o describiendo el porcentaje de avance con relación a un objetivo empresarial, los cuales permiten dar un oportuno seguimiento a los requerimientos de los clientes y que la organización pueda satisfacer las necesidades de sus clientes en tiempo y forma. Así se describirán aquellas características deseables en los productos y/o servicios que la microempresa ofrezca.

Figura 6

Estrategia de adopción accesible.



Nota: Desarrollo del autor

CONCLUSIONES

La presente investigación permitió responder que la inteligencia de negocios puede contribuir al fortalecimiento de la competitividad de las microempresas mexiquenses mediante la transformación de los datos generados diariamente en información útil para la toma de decisiones. Los resultados obtenidos muestran que el valor de la BI no depende exclusivamente de la adquisición de plataformas tecnológicas complejas, sino de la capacidad de la organización para registrar, organizar, analizar e interpretar oportunamente la información relacionada con sus operaciones.

Respecto a la forma en que la inteligencia de negocios puede mejorar la competitividad de las microempresas, se encontró que la competitividad puede fortalecerse cuando las decisiones empresariales se sustentan en información verificable. El proceso de recopilación, organización, análisis, interpretación y toma de decisiones permite disminuir la incertidumbre y orientar las acciones de la empresa hacia objetivos específicos. De esta manera, los datos dejan de ser únicamente registros de operaciones y se convierten en un recurso estratégico para la gestión.

Con relación a las áreas estratégicas de aplicación, los resultados permitieron identificar que ventas, inventarios y clientes constituyen tres áreas prioritarias para iniciar la adopción de prácticas de inteligencia de negocios. El análisis de ventas permite conocer productos con mayor o menor demanda; la gestión de inventarios contribuye a identificar existencias y necesidades de abastecimiento; mientras que el análisis de los clientes permite comprender preferencias,

comportamientos y requerimientos. La integración de estas tres áreas favorece un mayor control y eficiencia en las operaciones.

Asimismo, se concluye que el ciclo de inteligencia de negocios debe entenderse como un proceso continuo. La recopilación de datos, su organización, depuración, análisis e interpretación son etapas que requieren información confiable. En consecuencia, la calidad de las decisiones dependerá en gran medida de la calidad de los datos disponibles. Por ello, las microempresas requieren establecer procedimientos básicos para el registro de sus operaciones y evitar la pérdida, duplicación o dispersión de la información.

Respecto a las barreras identificadas, la investigación permitió reconocer que la baja capacitación digital, la resistencia al cambio, los recursos limitados y la falta de datos organizados son los principales factores que pueden dificultar la adopción de la inteligencia de negocios. Estas limitaciones no deben interpretarse como obstáculos definitivos, sino como elementos que deben ser considerados dentro de una estrategia de implementación progresiva. En particular, la capacitación del personal y la gestión del cambio resultan fundamentales, ya que la tecnología por sí sola no garantiza la transformación de los procesos.

En respuesta a las estrategias de adopción accesibles, se concluye que la implementación puede realizarse de manera gradual. En una primera etapa, la microempresa puede organizar sus datos mediante herramientas disponibles y de bajo costo. Posteriormente, puede establecer indicadores clave de desempeño para monitorear ventas, inventarios, atención al cliente y otros procesos. Finalmente, conforme aumenten sus capacidades tecnológicas y económicas, podrá incorporar herramientas especializadas de análisis y visualización.

Una aportación relevante del estudio consiste en demostrar que las herramientas ofimáticas pueden funcionar como un punto de partida para la adopción de prácticas básicas de inteligencia de negocios. Las hojas de cálculo permiten registrar información, aplicar filtros y fórmulas, elaborar tablas dinámicas y generar gráficos para visualizar el comportamiento de las principales variables empresariales. Esta alternativa reduce las barreras iniciales de inversión y facilita el aprendizaje progresivo antes de incorporar plataformas especializadas como Power BI.

Por otra parte, los KPI representan un componente fundamental de la propuesta, ya que permiten traducir los objetivos de la microempresa en indicadores medibles. La definición de métricas relacionadas con ventas, inventarios, clientes y procesos puede proporcionar información oportuna para evaluar resultados y realizar ajustes. En este sentido, la inteligencia de negocios no debe considerarse únicamente como una herramienta informática, sino como un modelo de gestión orientado a mejorar la calidad de las decisiones.

La discusión final permite señalar que existe una oportunidad importante para desarrollar soluciones de inteligencia de negocios adaptadas a las condiciones reales de las microempresas mexiquenses. Su

implementación requiere considerar el tamaño de la organización, sus recursos tecnológicos, las competencias digitales de los colaboradores y las características de sus procesos. Por ello, resulta necesario evitar modelos únicos de implementación y favorecer estrategias flexibles, graduales y centradas en necesidades concretas.

Como propuesta de continuidad, se recomienda realizar una segunda fase de investigación de carácter aplicado, mediante un estudio de caso en microempresas del Estado de México. Esta etapa permitiría diseñar e implementar un modelo básico de inteligencia de negocios, construir una base de datos de ventas, inventarios y clientes, definir KPI y elaborar un tablero de control. Posteriormente, sería posible evaluar los resultados antes y después de la implementación para determinar su impacto en la eficiencia y la toma de decisiones.

También se recomienda desarrollar instrumentos para conocer el nivel de madurez digital de las microempresas, identificar sus necesidades de información y establecer programas de capacitación en herramientas ofimáticas y análisis de datos. Esta continuidad permitiría pasar del análisis documental a la validación práctica de la propuesta.

Finalmente, se concluye que la inteligencia de negocios representa una oportunidad estratégica y accesible para fortalecer la competitividad de las microempresas mexiquenses. La clave no se encuentra exclusivamente en disponer de tecnología avanzada, sino en desarrollar una cultura organizacional orientada al registro, análisis y aprovechamiento de los datos. Por tanto, la incorporación progresiva de prácticas de BI puede contribuir a que las microempresas mejoren sus procesos, comprendan mejor a sus clientes, optimicen sus recursos y avancen hacia un crecimiento más informado y sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Flores Loaiza, R. P., Michay Caraguay, P. E., Guevara Hidalgo, F. B., Mahauad Burneo, M. D., & Samaniego Morillo, Y. M. (2025). *Percepción y adaptabilidad tecnológica en microempresas: Un análisis desde el entorno local*. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 9(4). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.18518
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2025). *Resultados definitivos de los Censos Económicos 2024*. https://inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2025/ce/CE2024_def.pdf?
- Microsoft. (2026). *Funcionalidades BI en Excel y Office 365*. <https://support.microsoft.com/es-ES/Excel/bi-capabilities-in-excel-and-office-365>
- Microsoft. (2026). *Qué es inteligencia empresarial*. <https://www.microsoft.com/es-mx/power-platform/products/power-bi/topics/business-intelligence/business-intelligence-tools>
- Microsoft. (2026). *Herramientas de inteligencia empresarial*. <https://www.microsoft.com/es-mx/power-platform/products/power-bi/topics/business-intelligence/business-intelligence-tools>

Sistema computacional EcoWeb: innovación digital de plantas, polinización y salud

EcoWeb computer system: digital innovation in plants, pollination, and health

Oscar Yael Marquez Flores¹

Universidad Autónoma del Estado de México

ORCID: 0009-0009-0566-4686

Oscaryl.2018@gmail.com

Laura Cecilia Méndez Guevara

Universidad Autónoma del Estado de México

ORCID: 0000-0002-4190-7157

lcmendezg@uaemex.mx

RESUMEN

El proyecto Sistema computacional EcoWeb: innovación digital de plantas, polinización y salud, propone el desarrollo de una plataforma web interactiva orientada a la divulgación científica y educativa sobre especies vegetales. El sistema integra tecnologías de computación web y códigos QR que permiten al usuario y al investigador acceder de manera inmediata a información detallada de cada planta mediante el escaneo desde dispositivos móviles. Cada registro digital incluye imágenes de la planta, descripción de su ciclo de vida, identificación de los agentes polinizadores, así como sus usos medicinales o comestibles y beneficios para la salud. La solución busca fortalecer el aprendizaje significativo, promover la conservación de la biodiversidad y facilitar el acceso a información confiable en tiempo real. El enfoque del sistema combina innovación tecnológica con sostenibilidad, permitiendo la creación de una base de datos accesible, visual e interactiva que conecta el entorno natural con herramientas digitales modernas.

Palabras clave: Computación, Plantas, Salud.

ABSTRACT

The project "EcoWeb Computational System: Digital Innovation in Plants, Pollination, and Health" proposes the development of an interactive web platform aimed at scientific and educational dissemination of plant species. The system integrates web computing technologies and QR codes that allow users and researchers to instantly access detailed information about each plant through mobile device scanning. Each digital record includes plant images, life cycle descriptions, identification of

pollinating agents, as well as medicinal or edible uses and health benefits. This solution seeks to enhance meaningful learning, promote biodiversity conservation, and facilitate access to reliable real-time information. The system combines technological innovation with sustainability, enabling the creation of an accessible, visual, and interactive database that connects the natural environment with modern digital tools.

Keywords: Computing, Plants, Health.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene el propósito de analizar cómo la innovación digital aplicada al estudio de las plantas, la polinización y la salud representa una nueva forma de integrar la tecnología con el cuidado del medio ambiente y la conservación de la biodiversidad. De acuerdo con Agronoa (2022), la digitalización y las herramientas tecnológicas permiten generar soluciones sustentables para mejorar el manejo de información ambiental y fortalecer la conservación de los ecosistemas.

El propósito principal es facilitar el acceso, organización y análisis de información relacionada con las especies vegetales, los polinizadores y las condiciones ambientales mediante herramientas digitales modernas. A través de plataformas web, bases de datos y recursos interactivos, se contribuye al fortalecimiento de la educación, la investigación y la conservación ambiental.

En la actualidad, la tecnología juega un papel fundamental en la protección del medio ambiente y en la generación de soluciones sostenibles. Por ello, esta propuesta innovadora combina el uso de sistemas computacionales con la importancia ecológica de las plantas y los organismos polinizadores, los cuales son esenciales para la producción de alimentos y el equilibrio de los ecosistemas. Según Conabio (s. f.), los polinizadores cumplen una función indispensable dentro de la biodiversidad mexicana, ya que favorecen la reproducción de numerosas especies vegetales y contribuyen al mantenimiento de los ecosistemas.

Además, este proyecto permite difundir información científica y educativa de manera accesible para estudiantes, investigadores y la sociedad en general. Asimismo, se promueve la conciencia ambiental y el cuidado de la salud, debido a que muchas plantas poseen propiedades medicinales y beneficios ecológicos que impactan directamente en la calidad de vida de las personas.

Mediante herramientas digitales como códigos QR, páginas web y registros automatizados, se facilita la interacción entre la tecnología y la naturaleza, impulsando el aprendizaje, la investigación y la preservación del entorno natural. De igual manera, la Secretaría del Medio Ambiente (2024) destaca la importancia de impulsar comunidades y proyectos enfocados en la protección de los polinizadores y en la participación social para fortalecer la educación ambiental y la conservación de la biodiversidad.

En este trabajo se pretende diseñar un sistema de identificación digital mediante códigos QR que facilite el acceso a información relacionada con las plantas, incluyendo sus características, beneficios ecológicos, usos medicinales y alimenticios, así como su relación con los polinizadores y la conservación de la biodiversidad. A través de esta herramienta tecnológica, se busca proporcionar información organizada, confiable y accesible que apoye la educación ambiental y la divulgación científica, fortaleciendo el aprendizaje de estudiantes, investigadores y visitantes. Asimismo, se pretende fomentar el conocimiento sobre la importancia de las especies de plantas en los ecosistemas, promover la valoración de los servicios ambientales que estas proporcionan y contribuir a la sensibilización sobre la conservación de la flora, los polinizadores y los recursos naturales, mediante el uso de tecnologías digitales como apoyo a las actividades de enseñanza, investigación y difusión del conocimiento.

METODOLOGÍA

Se empleó una metodología documental y de diseño tecnológico orientada a la creación de códigos QR. De acuerdo con Leiva-Aguilera (2012), los códigos QR son un modo fácil de lectura de información para dispositivos móviles y permiten el acceso directo o indirecto a recursos informativos, lo que los convierte en una herramienta útil para la difusión y consulta de contenidos digitales.

En una primera etapa, se realizó la recopilación de información bibliográfica y científica sobre las especies vegetales consideradas en el proyecto. La información obtenida incluyó características botánicas, beneficios ecológicos, usos medicinales y alimenticios, así como aspectos relacionados con los polinizadores y la conservación de la biodiversidad.

A continuación, la información recopilada fue revisada, analizada y seleccionada de acuerdo con su relevancia y confiabilidad. Este proceso permitió organizar los contenidos de manera estructurada, priorizando información clara, precisa y comprensible para facilitar su consulta por parte de los usuarios.

En la siguiente etapa, se diseñó la estructura de la información digital asociada a cada planta. Para ello, se estableció un formato uniforme que permitiera presentar los datos de manera ordenada, incluyendo el nombre común, nombre científico, descripción general, beneficios, usos y relación con los polinizadores. Esta organización tuvo como finalidad facilitar la comprensión y consulta de la información.

Posteriormente, se generaron los códigos QR correspondientes para cada registro informativo. Cada código fue vinculado al contenido digital previamente elaborado, permitiendo el acceso rápido a la información mediante dispositivos móviles con capacidad de lectura de códigos QR.

Asimismo, se diseñó una propuesta de identificación digital para las especies vegetales mediante el uso de códigos QR, con el propósito de complementar las estrategias de educación ambiental y divulgación científica. Esta herramienta busca fortalecer el acceso a información relacionada con las plantas y promover el conocimiento sobre su importancia ecológica dentro de los ecosistemas.

Finalmente, el alcance del trabajo se limitó al diseño y generación de los códigos QR y de los contenidos asociados, dejando para etapas posteriores su implementación, validación y evaluación en campo, con el fin de determinar su utilidad como herramienta de consulta y apoyo educativo.

En las últimas décadas, el desarrollo de las tecnologías digitales ha transformado significativamente la forma en que se produce, organiza y difunde la información. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han permitido la creación de entornos más dinámicos para el acceso al conocimiento, facilitando la consulta de datos en tiempo real y desde diversos dispositivos electrónicos. Este cambio ha tenido un impacto importante en sectores como la educación, la ciencia y la divulgación del conocimiento. De acuerdo con la UNESCO (2020), la integración de herramientas digitales en los procesos educativos contribuye a mejorar el acceso a la información y promueve nuevas formas de aprendizaje.

Asimismo, las TIC permiten la creación de recursos innovadores que vinculan el entorno físico con información digital, favoreciendo el acceso al conocimiento y fortaleciendo los procesos de educación y divulgación científica (UNESCO, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 1

Infografía creada para dar a conocer el proyecto.



Nota: Desarrollo del autor

En el presente proyecto, las herramientas digitales se utilizaron para facilitar el acceso a la información de las especies vegetales que conforman el prototipo web sobre polinizadores. El proceso

inició con una investigación documental en la que se recopiló información científica proveniente de libros, artículos académicos, bases de datos especializadas y sitios oficiales relacionados con la botánica, la ecología y la conservación de la biodiversidad. Para cada especie vegetal se obtuvo información referente a su nombre científico y común, familia botánica, origen, descripción morfológica, época de floración, requerimientos ambientales, importancia ecológica, relación con los polinizadores, así como sus usos medicinales, alimenticios y ornamentales.

Posteriormente, la información recopilada fue revisada, comparada y organizada para garantizar su confiabilidad y precisión. Una vez validados los datos, estos fueron estructurados en una base de datos, permitiendo almacenar de forma organizada la información de cada planta y facilitando su consulta, actualización y administración. La base de datos constituye el núcleo del sistema de información, ya que permite gestionar eficientemente el contenido que posteriormente es mostrado a los usuarios a través de la página web.

Después de organizar la información, se procedió al desarrollo de una página web diseñada para presentar de manera clara e interactiva los datos de cada especie vegetal. Durante esta etapa se diseñó la estructura del sitio, se definieron las secciones principales y se incorporaron elementos visuales como fotografías, fichas técnicas, tablas e imágenes ilustrativas. Además, se implementó una interfaz intuitiva que facilita la navegación desde computadoras, tabletas y dispositivos móviles, permitiendo que cualquier usuario consulte la información de manera rápida y sencilla.

Una vez finalizado el desarrollo de la página web, se generó un enlace único (URL) para cada ficha informativa correspondiente a cada especie vegetal. Estos enlaces fueron utilizados para crear los códigos QR mediante un generador de códigos QR en línea. Cada código almacena la dirección electrónica de la página específica de una planta, permitiendo que, al ser escaneado con la cámara de un teléfono inteligente o mediante una aplicación lectora de códigos QR, el usuario sea redirigido automáticamente a la información correspondiente.

Figura 2

Poster de explicación para el proceso de automatización de contenidos.



Nota: Desarrollo del autor

Posteriormente, los códigos QR fueron descargados en formato digital con alta resolución para asegurar una correcta lectura. Después se imprimieron en etiquetas resistentes a las condiciones ambientales y se colocaron en los identificadores de cada planta dentro del Jardín para Polinizadores. Antes de su instalación definitiva, cada código fue sometido a diversas pruebas utilizando diferentes dispositivos móviles y sistemas operativos para verificar su correcto funcionamiento, el tiempo de respuesta y la compatibilidad con distintos navegadores web.

Finalmente, se realizó una etapa de validación en la que se comprobó que cada código QR dirigiera correctamente a la información correspondiente de la especie vegetal. Asimismo, se verificó que la página web mostrara adecuadamente los textos, imágenes y demás recursos multimedia, garantizando una experiencia de consulta rápida, accesible e intuitiva para estudiantes, investigadores, docentes y visitantes del jardín.

La implementación de esta herramienta tecnológica permitió integrar el entorno físico con el entorno digital, facilitando el acceso inmediato a información científica actualizada sin necesidad de utilizar material impreso. Además, el sistema desarrollado posibilita la actualización permanente de los contenidos, ya que cualquier modificación realizada en la página web se refleja automáticamente cuando el usuario escanea nuevamente el código QR, sin que sea necesario reemplazar las etiquetas instaladas en el jardín. Esta característica convierte a los códigos QR en una herramienta eficiente, económica y sostenible para la divulgación científica y la educación ambiental.

Los códigos QR permiten acceder de forma rápida a información digital sin necesidad de escribir direcciones o textos manualmente. Se utilizan para:

- Abrir una página web.
- Mostrar información de un producto o servicio.
- Descargar documentos o archivos PDF.

- Compartir datos de contacto.
- Conectarse a una red Wi-Fi.
- Acceder a menús digitales, mapas o formularios.
- Mostrar información turística, educativa o científica.

Pasos para la utilización del código QR:

1. Abrir la cámara del teléfono celular o una aplicación lectora de códigos QR.
2. Apuntar la cámara hacia el código QR hasta que sea reconocido.
3. Esperar a que aparezca una notificación o enlace en la pantalla.
4. Tocar la notificación para acceder a la información almacenada.
5. Consultar el contenido, que puede ser una página web, un documento, un video, una imagen o cualquier otro recurso digital.

Ejemplo de uso:

En un jardín de polinizadores, cada planta puede tener un código QR colocado en una señal. Al escanearlo con un teléfono celular, el visitante obtiene información como:

- Nombre común y científico de la planta.
- Características principales.
- Beneficios para los polinizadores.
- Época de floración.
- Cuidados y datos de interés.

De esta manera, el código QR facilita el acceso inmediato a información detallada sin necesidad de colocar grandes cantidades de texto en la señalización. Además, permite actualizar el contenido digital sin reemplazar el código físico.

Figura 3

Diagrama de proceso del proyecto.



Nota: Desarrollo del autor

Códigos QR como herramienta tecnológica de acceso a la información. Los códigos QR (Quick Response) son códigos bidimensionales desarrollados en 1994 por la empresa Denso Wave, diseñados para almacenar información de manera eficiente y permitir su acceso rápido mediante dispositivos móviles. A diferencia de los códigos de barras tradicionales, los códigos QR pueden contener mayor cantidad de información, incluyendo texto, enlaces web, imágenes y otros recursos digitales (Diazgranados & Funk, 2013).

Su principal característica es la capacidad de vincular elementos físicos con recursos digitales, facilitando la consulta inmediata de información sin necesidad de realizar búsquedas manuales. Esta funcionalidad ha favorecido su uso en diversos ámbitos, incluyendo la educación, la divulgación científica y la gestión de colecciones biológicas. Según Diazgranados y Funk (2013), los códigos QR constituyen una herramienta eficiente para conectar especímenes biológicos con bases de datos digitales, permitiendo el acceso rápido a información complementaria como se muestra en la Figura 4.

Además, el uso de códigos QR favorece la difusión del conocimiento al proporcionar una forma sencilla y accesible de consultar información mediante dispositivos móviles (Diazgranados & Funk, 2013).

Figura 4

Funcionamiento de códigos QR.



Nota: Desarrollo del autor

Páginas Web como herramienta de difusión. Las páginas web constituyen una de las principales herramientas para la publicación y consulta de información en internet. Permiten integrar diferentes recursos digitales como textos, imágenes, videos, bases de datos y enlaces interactivos en una sola plataforma accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

Figura 5

Ejemplo de código QR.



Nota: Desarrollo del autor

Su utilización en proyectos ambientales favorece la divulgación científica y educativa, permitiendo que estudiantes, investigadores y visitantes accedan a información actualizada sobre las especies vegetales, su importancia ecológica y su relación con los polinizadores. (World Wide Web Consortium [W3C], s. f.).

Jardines para Polinizadores. Los jardines para polinizadores son espacios diseñados para proporcionar alimento, refugio y sitios de reproducción a organismos como abejas, mariposas, colibríes y otros insectos polinizadores. Estos jardines se caracterizan por incorporar especies vegetales que producen néctar y polen, recursos indispensables para la alimentación y supervivencia de estos organismos durante las diferentes etapas de su ciclo de vida.

Los polinizadores desempeñan una función esencial en los ecosistemas, ya que facilitan la reproducción de una gran cantidad de plantas mediante el transporte del polen entre las flores. Este proceso favorece la producción de frutos y semillas, contribuye al mantenimiento de la biodiversidad y fortalece el equilibrio ecológico. Asimismo, la polinización resulta indispensable para numerosos cultivos agrícolas de importancia alimentaria y económica. [CONABIO], s. f.).

Un espacio para polinizadores debe integrar preferentemente especies vegetales nativas o adaptadas a la región, ya que estas ofrecen una mayor disponibilidad de alimento y refugio para la fauna local. Entre las plantas más utilizadas se encuentran lavanda (*Lavandula spp.*), salvia (*Salvia spp.*), girasol (*Helianthus annuus*), romero (*Salvia rosmarinus*) entre otras especies con floración abundante y prolongada.

Además de favorecer la conservación de los polinizadores, estos jardines constituyen espacios de educación ambiental, investigación científica y divulgación del conocimiento. Permiten que estudiantes, docentes y visitantes comprendan la relación existente entre las plantas y los organismos polinizadores, promoviendo acciones orientadas a la protección de la biodiversidad y al uso responsable de los recursos naturales (Díazgranados & Funk, 2013).

En el presente proyecto, el jardín para polinizadores se complementa con herramientas digitales como códigos QR, una base de datos y una página web, las cuales facilitan el acceso a información sobre las especies vegetales, sus características botánicas, beneficios ecológicos, usos medicinales y alimenticios, así como su interacción con los diferentes polinizadores **figura 5** De esta manera, se fortalece el proceso de aprendizaje y se fomenta una mayor conciencia sobre la importancia de conservar estos ecosistemas.

Figura 9

Esquema de polinizadores y su consulta con las herramientas digitales.



Nota: Desarrollo del autor

Biodiversidad y Conservación Ambiental. La biodiversidad se refiere a la variedad de seres vivos que habitan en un ecosistema, incluyendo plantas, animales, hongos y microorganismos. Su conservación es esencial para garantizar el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y los servicios ambientales que estos proporcionan. [CONABIO], s. f.).

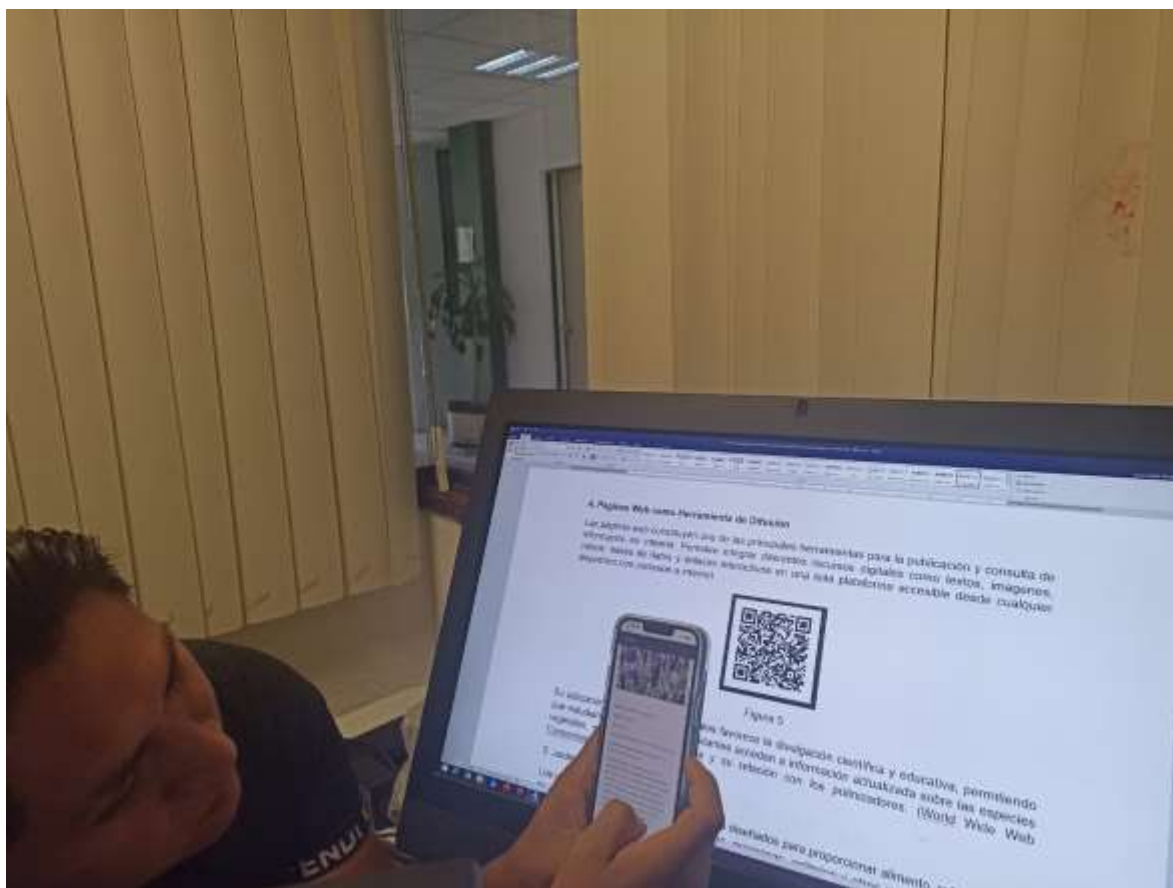
La pérdida de hábitats, la contaminación y el cambio climático han provocado una disminución significativa de diversas especies de polinizadores. Por ello, resulta necesario implementar estrategias de conservación y programas de educación ambiental que fomenten la protección de la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos naturales.

Integración de herramientas digitales en la Educación Ambiental. La combinación de tecnologías digitales con proyectos ambientales permite fortalecer los procesos de enseñanza, aprendizaje y divulgación científica. Herramientas como bases de datos, páginas web y códigos QR facilitan el acceso a información especializada, fomentan el aprendizaje autónomo y promueven una mayor interacción entre los usuarios y el entorno natural. [UNESCO], 2020).

En este sentido, la implementación de herramientas digitales dentro de los jardines para polinizadores contribuye a la generación de espacios educativos innovadores que integran tecnología, conocimiento científico y conservación ambiental. (Diazgranados & Funk, 2013).

Figura 10

Presentación funcional del proyecto a los investigadores.



Nota: Desarrollo del autor

CONCLUSIONES

En conclusión, la integración de herramientas digitales en el estudio, la gestión y la conservación de las plantas y los organismos polinizadores representa una estrategia innovadora que fortalece la generación, organización y difusión del conocimiento científico y ambiental. La implementación de tecnologías como páginas web, bases de datos y códigos QR permite facilitar el acceso a información confiable, organizada y actualizada sobre las especies vegetales, sus características botánicas, beneficios ecológicos, propiedades medicinales y alimenticias, así como su relación con los diferentes polinizadores que contribuyen al equilibrio de los ecosistemas.

Asimismo, este proyecto demuestra que la Ingeniería en Computación puede desempeñar un papel importante en el desarrollo de soluciones tecnológicas orientadas a la protección del medio ambiente. La creación de un sistema digital para la consulta de información no solo optimiza el almacenamiento y la administración de datos, sino que también favorece la actualización constante de los contenidos y mejora la experiencia de los usuarios al proporcionar información de forma rápida, interactiva y accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet. Esto permite que estudiantes, docentes, investigadores y visitantes dispongan de una herramienta de apoyo para fortalecer sus actividades académicas, de investigación y de divulgación científica.

De igual manera, el uso de estas herramientas tecnológicas contribuye al fortalecimiento de la educación ambiental al promover un aprendizaje más dinámico, participativo y autónomo. La posibilidad de consultar información mediante códigos QR durante el recorrido por el Jardín para Polinizadores facilita la comprensión de la importancia ecológica de las especies vegetales y de los organismos polinizadores, fomentando una mayor conciencia sobre la necesidad de conservar la biodiversidad y proteger los recursos naturales. Además, la disponibilidad de información sobre plantas con propiedades medicinales y alimenticias permite valorar su importancia para la salud y el bienestar de la sociedad, promoviendo un aprovechamiento responsable y sustentable de estos recursos.

Por otra parte, el proyecto pone de manifiesto la relevancia de combinar la innovación tecnológica con las estrategias de conservación ambiental, ya que esta integración favorece la creación de espacios educativos interactivos donde el conocimiento científico puede ser consultado y compartido de manera sencilla. La digitalización de la información también representa una alternativa sostenible al reducir el uso de materiales impresos, facilitar la actualización de los contenidos y garantizar la preservación de la información para futuras investigaciones y proyectos relacionados con la biodiversidad.

Finalmente, esta propuesta contribuye al cumplimiento de los objetivos relacionados con la educación de calidad, la innovación tecnológica y la conservación de los ecosistemas, al demostrar que las tecnologías de la información pueden convertirse en herramientas de gran valor para promover la investigación, la divulgación científica y la participación social en el cuidado del medio ambiente. En este sentido, el proyecto no solo constituye una solución tecnológica para la gestión y consulta de información, sino también un modelo que puede ser implementado y adaptado en otros jardines botánicos, instituciones educativas y espacios de conservación, fortaleciendo la educación ambiental y fomentando una cultura de responsabilidad, respeto y compromiso con la protección de la biodiversidad y el desarrollo sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agronoa. (2022, 30 mayo). *Agronoa*. <https://agronoa.com.ar/semillas-innovacion-digitalizacion-y-sustentabilidad/>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (s. f.). *Biodiversidad de México*. <https://www.biodiversidad.gob.mx>
- Conabio. (s. f.). *Poliniza | Biodiversidad mexicana*. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/poliniza>
- Diazgranados, M., & Funk, V. (2013). Utility of QR codes in biological collections. *PhytoKeys*, 25(25), 21-34. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.25.5175>
- Leiva-Aguilera, J. (2012). *Introducción y algunos usos de los códigos QR*. Anuario ThinkEPI, 6, 309-312. <https://thinkepi.scimagoepi.com/index.php/ThinkEPI/article/view/30444>
- Oracle. (s. f.). *¿Qué es una base de datos?* <https://www.oracle.com/mx/database/what-is-database/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.). *Pollination and pollinators*. <https://www.fao.org/pollination/en/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *The state of the world's biodiversity for food and agriculture*. <https://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). *Education for sustainable development: A roadmap*. <https://www.unesco.org/en/education-sustainable-development>
- Secretaría del Medio Ambiente. (2024, 6 septiembre). *Crea Sedema comunidad de mujeres polinizadoras en la Ciudad de México*. Recuperado 28 de mayo de 2026, de <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/crea-sedema-comunidad-de-mujeres-polinizadoras-en-la-ciudad-de-mexico>
- Silberschatz, A., Korth, H. F., & Sudarshan, S. (2020). *Database system concepts* (7th ed.). McGraw-Hill.

Tecnologías emergentes aplicadas en modelos LLM para publicidad en micronegocios

Emerging technologies applied in LLM models for advertising in micro-businesses

Joel Orea Amaro

Universidad Autónoma del Estado de México

<https://orcid.org/0009-0006-6488-1275>

joelorea@outlook.com

Laura Cecilia Méndez Guevara

Universidad Autónoma del Estado de México

<https://orcid.org/0000-0002-4190-7157>

lcmendezg@uaemex.mx

RESUMEN

En un entorno empresarial cada vez más digitalizado, los micronegocios enfrentan importantes barreras para competir eficazmente en mercados digitales, tales como limitaciones económicas, falta de conocimiento en marketing y una marcada brecha tecnológica. Este proyecto propone la evaluación del uso de modelos de lenguaje de gran tamaño (LLM), basados en inteligencia artificial generativa, como herramienta estratégica para el diseño y ejecución de campañas publicitarias digitales. La investigación se centra en analizar cómo estas tecnologías emergentes pueden optimizar procesos, reducir costos y facilitar la toma de decisiones en la creación de estrategias de marketing para negocios en etapa inicial. A través del estudio de necesidades reales del sector, la identificación de herramientas adecuadas y el desarrollo de un marco metodológico propio, se busca demostrar la viabilidad de la IA como un aliado accesible y eficiente. Como resultado, se espera proporcionar un modelo práctico que permita a los emprendedores mejorar su visibilidad, posicionamiento y alcance en entornos digitales, impulsando así su crecimiento y competitividad. Este enfoque integra la innovación tecnológica con la gestión administrativa, fortaleciendo el papel estratégico de la Informática Administrativa en la transformación digital de los micronegocios.

Palabras Clave: Tecnologías Emergentes, Marketing Digital. Micronegocios.

ABSTRACT

In an increasingly digitalized business environment, microbusinesses face significant barriers to competing effectively in digital markets, including economic limitations, lack of marketing knowledge, and a pronounced technological gap. This project proposes the evaluation of Large Language Models (LLMs), based on generative artificial intelligence, as a strategic tool for the design

and execution of digital advertising campaigns. The research focuses on analyzing how these emerging technologies can optimize processes, reduce costs, and facilitate decision-making in the creation of marketing strategies for early-stage businesses. Through the study of real sector needs, the identification of suitable tools, and the development of a proprietary methodological framework, the project seeks to demonstrate the feasibility of AI as an accessible and efficient ally. As a result, a practical model is expected to be provided that enables entrepreneurs to improve their visibility, positioning, and reach in digital environments, thereby promoting their growth and competitiveness. This approach integrates technological innovation with administrative management, strengthening the strategic role of Administrative Informatics in the digital transformation of microbusinesses.

Keywords: Emerging Technologies, Digital Marketing, Microbusinesses.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio parte del análisis de los modelos de lenguaje de gran tamaño y su eficiencia como herramienta para crear materiales estratégicos para campañas de marketing, y como reducir costos para implementar estos instrumentos publicitarios, para esto es indispensable examinar como este modelo de lenguaje de gran tamaño se desarrolla al ser entrenado con información de un negocio real dando un diagnóstico y asumiendo la información aportada al sistema.

La microeconomía es parte esencial a la economía mexicana, sin embargo, durante el proceso de desarrollo se enfrentan a importantes limitaciones para crear estrategias de marketing digital, la escasez de recursos económicos, la falta de conocimientos especializados y el acceso limitado a herramientas tecnológicas, impiden la creación de campañas que les permitan competir en un entorno digital, esto también disminuye sus posibilidades de consolidarse en el mercado.

Aunado a esto, la inteligencia artificial generativa y los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLM) han surgido como tecnologías con alto potencial para automatizar procesos, generar contenido, apoyar la toma de decisiones y reducir los costos asociados al desarrollo de estrategias de marketing. Es importante conocer el contexto en el que vive México. más de la mitad de la población coincide en no contar con un equipo de cómputo o internet por no tener los recursos necesarios, esto nos permite comprender que el uso de tecnologías no suele hacerse presente en micronegocios al no ser una inversión de primer impacto, según Navarro (2018) se encontró que la razón esencial para no disponer de computadora e internet se relaciona con la falta de recursos económicos (60.0% y 53.9%, respectivamente).

Las primeras inversiones que se realizan al iniciar un micronegocio, se comprende principalmente por materia prima o los equipos de trabajo en caso de ser un servicio, muchos de estos negocios trabajan de forma informal y con poca experiencia, ya que no cuentan con un inventario que les ayude a comprender mejor el flujo de ventas, esto afecta visiblemente el stock básico para satisfacer la

demanda de los compradores, por otra parte, una de las inversiones que los microempresarios hacen, es la visibilidad de sus productos o servicios, se buscan canales de ventas que promuevan la identidad de las marcas.

La infraestructura y la operación básica también es fundamental para el arranque de la entidad comercial, entiéndase por infraestructura por el espacio físico o digital mínimo legal, donde se promoverán el dicho comercio, así mismo, otro de los grandes factores que afectan el poco y correcto uso de marketing o herramientas digitales como la IA generativa es el capital de trabajo inicial que son fondos de caja, reservas operativas que mantendrán el negocio en función mientras se generan ingresos constantes.

El desconocimiento entra también como un factor que atribuye a la poca difusión de la empresa, ya que la capacitación constante de marketing es crucial en este punto, dado que la forma en que se presenta a través de sus canales representa la identidad del negocio, pero la barrera que impacta en este punto no es solamente es el económico ya que este tipo de capacitación representa un inversión, de igual manera también, la calidad de la capacitación y la confianza a esta, por lo que se desconoce el autor de libros y materia de aprendizaje sea de fiabilidad, esto genera un primer rechazo por parte de los microempresarios al no contar con el recurso y la confiabilidad suficiente que se adapte a sus necesidades.

Figura 1
Nube de palabras clave.



Nota: Desarrollo del autor

Acorde a Gonzales (2024) Las MiPymes que cuentan con tecnologías de la información para gestionar sus procesos comerciales declaran que estas les ayudan a aumentar sus ventas, facilitan el pago de los consumidores, y les brindan una mayor facilidad de almacenamiento y acceso a información oportuna. Es decir, el uso de herramientas tecnológicas que nos ayuden a gestionar dichos procesos comerciales no solo brinda una mayor capacidad de venta, sino una administración de los resultados que nos proporciona al momento de ejecutar estos instrumentos, esto para corregir y evaluar los canales donde más se encuentra flujos de ventas.

En cuanto a los canales de venta, es el medio por el cual se realiza una transacción o el acuerdo para el proceso de compra, pueden ser físicos y digitales, los físicos cuentan con la ventaja de mostrar el producto directamente al consumidor, mostrando así la calidad de los productos o servicios, y crea una mayor confianza entre consumidor y el vendedor, por otra parte encontramos los canales de ventas digitales, estos ofrecen los productos las 24 horas del día permitiendo la compra de estos productos a diferencia de los canales físicos que no mantiene abierto el canal.

Por otra parte, se entiende por inteligencia artificial generativa como una rama de la inteligencia artificial, la cual es capaz de comprender esquemas, modelos y/o patrones con grandes cantidades de datos para generar nueva información, a diferencia de la IA tradicional que solo ordena la información, sin ser capaz de aprender de esta. Estos modelos de IA generativa trabajan a partir de redes neuronales de aprendizaje profundo desde “*prompts*” que redacta el usuario, el sistema trabaja bajo lógica y da una respuesta predictiva para responder a la petición del usuario.

Según Stryker y Scapicchio (2025) El analista del sector Gartner prevé que más del 80 % de las organizaciones habrán desplegado aplicaciones de IA generativa o utilizados interfaces de programación de aplicaciones (API) de IA generativa para 2026.

IA generativa trabaja generalmente en 3 fases

1. Entrenamiento: en este proceso el sistema se llena de información, lo analiza y crea una respuesta predictiva a la petición del usuario, el resultado de esta medida es la creación de una red neuronal de parámetros.
2. Ajuste: este implica llenar de datos específicos procesos o preguntas recurrentes que es probable que reciba la inteligencia, al llenarse de esta información, se precisa sea adaptado según las necesidades de un usuario.
3. Generación, evaluación y reajuste: en esta etapa se espera optimizar el rendimiento del sistema.

La IA generativa es capaz de generar diferentes tipos de contenido entre los que se encuentran, los de tipo de texto, son capaces de crear textos coherentes, con el fin de agilizar procesos y permitir que el usuario se enfoque en tarea de mayor valor, también se encuentran los de imagen y video, estos crean contenido a partir de instrucciones de texto, estos por mencionar algunos, pero de igual manera

podemos encontrar los modelos generativos de sonido/música; código de software; diseño y arte; simuladores y generadores de datos simétricos.

Un gran ejemplo de estos sistemas son los modelos de lenguaje de gran tamaño, estos son una categoría del aprendizaje profundo. según Stryker (2025) Los LLM funcionan como máquinas gigantes de predicción estadística que predicen repetidamente la siguiente palabra de una secuencia. Aprenden patrones en su texto y generan un lenguaje que sigue esos patrones. Ejemplo de este modelo es ChatGPT, Copilot, Modelos de Meta al igual que Gemini de Google.

La principal diferencia entre un MLL y un motor de búsqueda común es el proceso de reconocimientos de patrones, mientras el modelo es capaz de manejar el lenguaje humano, los motores de búsqueda solo hacen referencia con palabras clave. Los entrenamientos de este modelo constan de ser alimentado por una cantidad de datos inmensas de palabras, de fuentes como internet, libros, artículos y fuentes de texto.

aunque existen numerosos estudios sobre IA generativa y LLM, son escasos los trabajos que documentan una metodología completa aplicada a un micronegocio real, desde el diagnóstico hasta la medición de resultados, se busca evaluar el uso de modelos LLM para construir una campaña publicitaria completa aplicada a un micronegocio.

Asimismo, esta investigación fortalece el campo de la Informática Administrativa al demostrar que la integración de tecnologías emergentes, como los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLM), con los procesos de gestión y marketing permite desarrollar soluciones innovadoras para los micronegocios. Desde esta disciplina, la inteligencia artificial no solo representa una herramienta tecnológica, sino un recurso estratégico para apoyar la toma de decisiones, optimizar procesos administrativos y mejorar la competitividad empresarial.

En este sentido, el estudio contribuye a impulsar la transformación digital de los emprendimientos mediante el uso de herramientas accesibles que favorecen la innovación, la eficiencia operativa y la adaptación a las nuevas dinámicas del mercado digital.

METODOLOGÍA

La presente investigación se centra en la aplicación del MLL sobre el caso de estudios “Juguetes de Hidrogel” para el análisis de la eficiencia de modelos de IA, mediante la implementación de campañas publicitarias, se espera la mejora de los procesos, hacer una evaluación objetiva de los resultados obtenidos.

“Juguetes de Hidrogel” es un negocio que se dedica a vender un solo modelo de pistola de bolitas de hidrogel, vareando el mismo modelo con diferentes colores, este negocio inicio en noviembre del 2025 debido a la alta demanda de juguetes por la temporada navideña de dicho año, observando que sus principales clientes son hombres de entre 25 y 45 años.

Se utiliza un LLM para reducir los costos de personas especialistas en la creación de estrategias de ventas, acelerar estos procesos y permitir que el microempresario conozca su segmento de venta dado que en dicho momento se desconocía el alcance que tenían y a quien se dirigían como negocio. El modelo que se propone para implementar es el siguiente:

1. Diagnóstico de negocio: se realiza un diagnóstico del estado actual del negocio y si ha tenido ventas anteriormente se toman como muestra para el análisis de ella y poder generar respuestas más objetivas a lo que se busca, de tener ventas anteriores se toma el muestreo de los productos vendidos, ventas totales, unidades vendidas, ticket promedio, resultados, observaciones, timing de ventas (días y horas pico de las ventas) así como las unidades que se venden en estos tiempos de ventas, estrategias implementadas, canales implementados y resultados.

Continuando con la alimentación del MLL se propone el siguiente *prompt* para entrenar la IA y contextualizar la identidad del negocio.

“Hola ChatGPT Te presento a mi negocio, llamado _____. A continuación, te compartiré información para que te conviertas en un experto en mi marca y puedas ayudarme a crear estrategias, mensajes y campañas personalizadas. Mi negocio es un _____ y ofrecemos _____, creados para ayudar a _____. Llevamos _____ años en el mercado y nuestro propósito es _____. Nuestro sueño es _____ y cada día trabajamos para hacerlo realidad. Nacimos de la necesidad de _____ y nuestro origen _____ nos ha ayudado a construir una marca con valores como _____. Queremos que las personas nos vean como _____, y creemos que nuestro diferenciador es _____. Los principales beneficios que ofrecemos son _____. Competimos con _____, pero nuestras ventajas competitivas _____ nos ayudan a destacar. En el futuro, queremos lograr _____. Te dejo más información adicional para entender mejor nuestro negocio: _____. Puedes visitar nuestro sitio web o redes sociales aquí: _____.”

2. Elaboración de ofertas y embudo de ventas:

Con base a la información ya proporcionada, el modelo de lenguaje deberá generar tres propuestas de promoción. Cada propuesta deberá incluir una o dos ofertas de atracción, una oferta de upsell, una oferta de downsell y una oferta de continuidad, seleccionando las estrategias más adecuadas según el tipo de negocio y justificando brevemente la elección de cada una.

Las ofertas de atracción son aquellas que buscan tener un primer contacto con el cliente, ofreciendo el servicio o producto de tal forma que no se pueda negar la compra del bien, este tipo estrategia busca obtener clientes nuevos, y datos del consumidor para darle seguimiento, Por otra parte, es importante diferencia el tipo de oferta upsell, ya que esta se presenta una vez que el consumidor adquiere su compra inicial, ofreciendo complementos que aumenten el valor del ticket promedio, creando la necesidad de agregar valor a su compra inicial, en otras palabras, es un bien que mejora, complementa, acelera el resultado de la primera compra.

Con relacion a la oferta de tipo downsell, se muestra cuando la venta se desea ser rescatada, en el caso que el upsell sea rechazada, busca no perder la venta, ofreciendo mejorar el producto inicial ofreciendo algo más accesible, sin limitarse a aumentar el ticket de consumidor, esta estrategia puede ofrecer una versión más económica, planes de pago o productos simplificados.

En relacion a las ofertas de continuidad, son aquellas ofertas que mantienen el flujo del consumidor constante, un ejemplo de esto son las tarjetas de membresía, esta ofrece al microempresario mantener activas y continuas a largo plazo a cambio de un valor constante en las compras del consumidor, existen suscripciones mensuales, anuales, tarjetas de exclusividad.

El *prompt* para generar esa información es el siguiente:

“Con base a mi información de negocio que ya conoces, ayúdame a **diseñar 3 opciones completas de promoción**

Cada opción debe incluir lo siguiente:

- **1-2 ofertas de atracción.**
- **1 oferta de upsell.**
- **1 oferta de downsell.**
- **1 oferta de continuidad”.**

Se diseñó un *prompt* estructurado que guía al modelo de lenguaje para conocer las necesidades del consumidor común, usando en contexto toda la información de la que se ha alimentado.

“identifica el perfil general del consumidor considerando variables demográficas, estilo de vida, presupuesto y canales de compra. Posteriormente, explora su principal dolor o necesidad, así como los miedos comunes y creencias que influyen en su decisión de compra. A continuación, analiza hábitos digitales para comprender su comportamiento como consumidor. Después, evalúa los cuatro motivadores de compra (urgencia, recompensa,

novedad y pertenencia), identifica las principales objeciones y genera un mensaje clave basado en la motivación emocional del cliente”.

El modelo integra toda la información en un perfil resumido del cliente ideal que incluye sus características principales, motivadores, objeciones y una frase emocional representativa, proporcionando una base para el desarrollo de campañas publicitarias personalizadas.

3. Construcción de campaña:

La campaña se diseñó en 3 etapas, la primera etapa siendo la pre-campaña, la campaña y la post campaña, estas se dividen de esta forma ya que la precampaña está diseñada para atraer al público haciendo ofertas agresivas, posterior a esto se inicia la campaña, en esta se tienen ofertas comunes y su cualidad principal es que dura más tiempo, posterior a ello en la post campaña se busca generar una fidelización con el cliente, para esto se utilizaron las plataformas de Whatsapp, Facebook, Instagram, haciendo uso de historias, *reels* y publicaciones, aquí también se preparan los medios y se le solicita al MLL generar contenido de tipo imagen y video para tenerlos ya listos

4. Ejecución Optimización y Escalamiento:

En el proceso de ejecución la campaña se ejecutó en un periodo de 7 días, se administraron videos publicaciones y se creó un grupo de ventas mediante whatsapp bussines, en este se crearon ofertas especiales para las personas que estuvieran dentro del grupo, se deseaba medir la cantidad de personas que vieron las publicaciones y que personas lo encontraron atractivo, cuantas se unieron al grupo de whatsapp, respectivamente se determinó que los videos publicados como *reels* tenían mayor alcance

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado se obtiene que, el uso de MLL si juega un papel importante como herramienta ya que provee al usuario de una mayor competitividad que agiliza procesos, permite la generación de ideas prediciendo y generando conceptos más apegados a la identidad del micronegocio, así mismo se detectó un cliente ideal con las características de este, cuáles pueden ser las ofertas que le parecerían más atractivas. A continuación, se muestran resultados gráficos del proyecto.

En la escala de la figura 2 podemos notar el alcance que tuvo la campaña, llegando a más de 7,000 personas teniendo una interacción más alta con personas de entre 18 a 24 años de edad generando poco más de la mitad de las vistas, cabe resaltar que pese a la cantidad de interacción con los anuncios solo 10 personas generaron una conversación, esto se debe a la alta oferta en este medio, requiere un flujo mayor para compensar la calidad de clientes potenciales, también cabe recalcar que las segundas personas que mayormente generaron una conversación fueron personas de entre 45-54 años de edad pese a no tener el mismo alcance de visualizaciones.

Figura 2

Resultados Demográficos.



Nota: Desarrollo del autor

En la gráfica de la figura 3 obtenemos un resultado de mayor afluencia en Instagram y mayor interacción, nos muestra que las conversaciones más generadas provienen de esta plataforma, lo que nos permite generar un mayor enfoque en esta plataforma para futuras campañas. Y como ultimo resultado obtenemos el costo de cada conversación generada con posibles clientes potenciales.

Figura 3

Ubicaciones de venta.



Nota: Desarrollo del autor

El costo por conversación en un periodo de siete días con un presupuesto de 100 pesos mexicanos diarios es de 37.36 pesos mexicanos, cabe recalcar que el presupuesto diario no es un gasto que se genera de cien pesos por día, si no que representa el límite establecido a Meta Ads. para promocionar la publicidad, solo genera un gasto cuando existe una conversación real entre cliente y vendedor, ya que podemos ver que los anuncios generados tuvieron una impresión de 12,000 publicaciones, llegando a más de la mitad de las personas que lo encontraron en sus páginas principales.

Figura 4

Costos por conversación.



Nota: Desarrollo del autor

CONCLUSIONES

Las tecnologías de IA generativa crean un valor agregado a todos aquellos micronegocios que la implementan, puede ser obtenido a través de herramientas como lo es el caso de ChatGPT. la aplicación y la capacitación puede generar gastos importantes, pero potencializa el alcance de los posibles nuevos clientes, también se confirmó la mejora de toma de decisiones ya que el sistema proporcionaba ideas estratégicas y apegadas a la identidad del negocio.

Se demostró la funcionalidad de este MLL aplicada en micronegocios, pues se encuentran ventajas y desventajas, una de las principales ventajas fueron la rapidez de consulta, y la facilidad para encontrar la identidad del negocio, una vez fue entrenado, al igual que la disponibilidad de uso de este sistema siendo fácil y práctico. Entre las desventajas principales es la falta de elaboración de imágenes o videos, ya que aun no cuentan con la capacidad hacer una buena composición de estos, no logran captar la atención del cliente dado que llegan a ser muy genéricas sus ilustraciones.

Se recomienda entrenar el sistema con la mayor cantidad de información y contextualización del negocio, ya que este al ser un modelo de aprendizaje profundo es capaz de dar respuestas como agente especializado, no obstante, no es un sistema infalible, aun cuenta con errores ya que no

siempre conoce el cien por ciento el negocio. También puede confundir conceptos, dado que es un modelo que predice lo que el usuario desea recibir.

Para futuras investigaciones se recomienda analizar mas modelos que generen imágenes y analizar la aceptación de público, también permitir un mayor presupuesto al momento de lanzar la campaña, para tener una muestra mas grande y generar conversaciones con mucha mayor potencialidad, al igual que el tiempo en el que se encuentra la campaña activa, se recomienda permitir plazo más largo y evaluar el comportamiento de esta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- González C. R. O., Ra ngel-Lyne, L., & Ochoa-Hernández, M. L. (2024). Marketing digital en microempresas de servicios alimentarios. Beneficios, intención de uso y la nula moderación de la formalidad. *Estudios Sociales Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*. <https://doi.org/10.24836/es.v34i64.1494>
- Navarro, D. A. G., López, R. A. A., Domínguez, M. M., & De León Castañeda, C. D. (2018). La brecha digital: una revisión conceptual y aportaciones metodológicas para su estudio en México. *Entreciencias Diálogos En la Sociedad del Conocimiento*, 6(16). <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.16.62611>
- Stryker, C., & Scapicchio, M. (2025, noviembre 26). ¿Qué es la IA generativa? *Ibm.com*. <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/generative-ai>
- Stryker, C. (2025, 26 noviembre). Modelos de lenguaje de gran tamaño. *IBM Think*. <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/large-language-models>

Enfoque Lean startup en microempresas de servicios tecnológicos mexiquenses

Lean Startup Approach in Technology Service Micro-enterprises in the State of Mexico

Daniel Alberto Cortes Orduña

Universidad Autónoma del Estado de México

ORCID: 0009-0003-1124-190X

d.cortesord@gmail.com

Laura Cecilia Méndez Guevara

Universidad Autónoma del Estado de México

ORCID: 0000-0002-4190-7157

lcmendezg@uaemex.mx

RESUMEN

Los startups mexiquenses de servicios tecnológicos enfrentan actualmente un entorno altamente competitivo caracterizado por cambios constantes en la transformación digital, limitaciones financieras y exigencias crecientes de innovación. En este contexto, la implementación de Lean Engineering se presenta como una estrategia orientada a optimizar procesos, reducir desperdicios y aumentar la capacidad de adaptación de las pequeñas empresas tecnológicas. El presente estudio analiza cómo los startups tecnológicos del Estado de México incorporan principios Lean y metodologías ágiles para mejorar su desempeño organizacional y fortalecer su permanencia en el mercado. La investigación identifica que muchas pequeñas empresas tecnológicas mexiquenses presentan dificultades relacionadas con la gestión de proyectos, falta de planeación estratégica, resistencia al cambio, limitaciones en recursos humanos especializados y escasa integración de metodologías ágiles en sus procesos operativos. Asimismo, se observa que la alta competencia y la necesidad de responder rápidamente a las demandas del cliente generan presión constante sobre los equipos de desarrollo de software y servicios digitales. Diversas empresas mexicanas de tecnología han comenzado a implementar enfoques Lean, Scrum y automatización para optimizar sus procesos y mejorar la productividad empresarial. El enfoque Lean Engineering permite a los startups reducir actividades que no generan valor, mejorar los tiempos de entrega y promover una cultura de mejora continua. Además, fomenta la colaboración multidisciplinaria, la innovación incremental y la toma

de decisiones basada en datos. Investigaciones recientes destacan que las startups tecnológicas presentan altos índices de fracaso debido a la falta de madurez organizacional, recursos limitados y deficiencias en prácticas de ingeniería de software. En consecuencia, la adopción de metodologías Lean y ágiles puede contribuir significativamente a incrementar la eficiencia operativa y la competitividad regional. Otro de los principales problemas detectados en los startups mexiquenses es la dificultad para equilibrar la innovación tecnológica con la administración eficiente del talento humano. En experiencias compartidas por profesionales del área tecnológica, se menciona que la aplicación incorrecta de metodologías ágiles puede provocar desgaste laboral, exceso de reuniones y retrasos en los proyectos cuando no existe una adecuada gestión organizacional. Esto demuestra que la implementación de Lean Engineering requiere liderazgo estratégico, claridad en los objetivos empresariales y una cultura organizacional orientada a la adaptabilidad. El estudio concluye que Lean Engineering representa una alternativa viable para fortalecer el crecimiento de los startups mexiquenses de servicios tecnológicos, ya que facilita la optimización de recursos, mejora la calidad del servicio y favorece la innovación continua. Asimismo, se reconoce la importancia de desarrollar competencias humanas y técnicas que permitan a las empresas enfrentar los desafíos de la transformación digital y consolidar modelos de negocio sostenibles en el ecosistema tecnológico regional.

Palabras clave: Lean Engineering, startups tecnológicas, metodologías ágiles.

ABSTRACT

Technology service startups in the State of Mexico currently operate in a highly competitive environment characterized by constant digital transformation, financial limitations, and increasing innovation demands. In this context, Lean Engineering emerges as a strategic approach focused on process optimization, waste reduction, and organizational adaptability. This study analyzes how technology startups in the State of Mexico adopt Lean principles and agile methodologies to improve organizational performance and strengthen their market sustainability. The research identifies that many small technology companies face challenges related to project management, lack of strategic planning, resistance to change, limited specialized human resources, and insufficient integration of agile methodologies into operational processes. Additionally, the need to rapidly respond to customer demands generates constant pressure on software development and digital service teams. Several Mexican technology companies have started implementing Lean approaches, Scrum frameworks, and automation strategies to improve operational efficiency and productivity. The Lean Engineering approach enables startups to eliminate non-value-added activities, improve delivery times, and promote a culture of continuous improvement. Furthermore, it encourages multidisciplinary collaboration, incremental innovation, and data-driven decision-making. Recent

studies indicate that technology startups often experience high failure rates due to organizational immaturity, limited resources, and weaknesses in software engineering practices. Therefore, the adoption of Lean and agile methodologies can significantly increase operational efficiency and regional competitiveness. Another major issue identified among startups in the State of Mexico is the challenge of balancing technological innovation with efficient human talent management. Experiences shared by professionals in the technology sector indicate that improper implementation of agile methodologies may lead to employee burnout, excessive meetings, and project delays when organizational management is inadequate. This demonstrates that Lean Engineering implementation requires strategic leadership, clear business objectives, and an organizational culture focused on adaptability. The study concludes that Lean Engineering represents a viable alternative for strengthening the growth of technology service startups in the State of Mexico, as it facilitates resource optimization, improves service quality, and promotes continuous innovation. Likewise, the importance of developing both human and technical competencies is recognized in order to address digital transformation challenges and consolidate sustainable business models within the regional technological ecosystem.

Keywords: Lean Engineering, technology startups, agile methodologies.

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de transformación digital, las organizaciones han experimentado una evolución acelerada impulsada por la innovación tecnológica, la digitalización de procesos y la creciente competitividad global. Este fenómeno ha favorecido la aparición de startups tecnológicas orientadas al desarrollo de soluciones digitales innovadoras; sin embargo, las microempresas y emprendimientos tecnológicos suelen enfrentar mayores limitaciones estructurales, financieras y operativas que dificultan su consolidación y crecimiento sostenible.

De acuerdo con reportes internacionales sobre ecosistemas emprendedores, México ha mostrado un crecimiento constante en el desarrollo de startups tecnológicas durante los últimos años. No obstante, aún existen desafíos relacionados con la competitividad, la innovación y la madurez organizacional de las empresas emergentes. En particular, las startups de servicios tecnológicos ubicadas en el Estado de México operan en un entorno caracterizado por recursos limitados, alta incertidumbre y una necesidad constante de adaptación a las demandas del mercado.

Entre las principales problemáticas identificadas se encuentran la baja formalización de procesos, la limitada planeación estratégica, la escasez de talento especializado y la dependencia de prácticas tradicionales para la gestión de proyectos tecnológicos. Estas condiciones reducen la

capacidad de innovación organizacional y dificultan la construcción de modelos de negocio sostenibles dentro de un entorno altamente competitivo.

Ante este escenario, los enfoques Lean y las metodologías ágiles han adquirido relevancia como alternativas para mejorar la eficiencia operativa, optimizar recursos y fortalecer la capacidad de adaptación empresarial. Particularmente, Lean Engineering propone la eliminación de actividades que no generan valor, la mejora continua de procesos y el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles, aspectos que resultan especialmente relevantes para organizaciones con restricciones presupuestales y operativas.

Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo analizar la contribución de Lean Engineering, complementado por Lean Startup y metodologías ágiles como Scrum, Kanban y DevOps, en la optimización de procesos y el fortalecimiento de la competitividad de las startups tecnológicas del Estado de México. Asimismo, se busca identificar cómo la adopción de estos enfoques puede favorecer el crecimiento sostenible y la adaptación de las organizaciones frente a los desafíos derivados de la transformación digital.

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló con un enfoque cualitativo, documental y analítico. Se orientó a interpretar fuentes sobre Lean Startup, Lean Engineering, metodologías ágiles, gestión de servicios tecnológicos, innovación y competitividad en microempresas de servicios tecnológicos. El análisis se delimitó para no presentar como hallazgo empírico local lo que corresponde a una discusión sustentada en la literatura revisada.

Durante el periodo de búsqueda comprendido entre 08/05/2026 y 09/06/2026 se revisaron más de 60 fuentes, entre libros especializados, artículos académicos, documentos institucionales e informes oficiales. La selección consideró la pertinencia directa de cada fuente respecto al objetivo del artículo, su aporte conceptual sobre Lean Startup, Lean Engineering, metodologías ágiles o competitividad, así como el respaldo editorial, institucional o académico de los autores y organismos responsables.

El corpus se integró con libros fundacionales, guías técnicas, artículos académicos y documentos institucionales. Se priorizaron fuentes que explicaran los fundamentos de Lean Startup, Lean Engineering, Scrum, Kanban o DevOps; que aportaran evidencia o discusión sobre emprendimiento, innovación o microempresas en México; o que ofrecieran definiciones institucionales necesarias para delimitar el objeto de estudio.

La información se organizó en cinco categorías: creación de valor, gestión del flujo de trabajo, aprendizaje y validación, capacidades organizacionales y competitividad. En cada fuente se

identificó su aporte, el nivel de evidencia y la posibilidad de aplicación a microempresas de servicios tecnológicos, considerando también los límites de transferencia al contexto mexiquense.

Se reconoció que los autores consultados no abordan exactamente el mismo fenómeno de estudio ni emplean los mismos diseños metodológicos, por lo que la información recopilada fue interpretada considerando las características y el contexto de cada investigación, evitando integrar resultados de naturaleza distinta como si correspondieran a una misma evidencia.

Como parte de las limitaciones del estudio, se identificó la ausencia de trabajo de campo, por lo que los planteamientos relacionados con las condiciones de las microempresas de servicios tecnológicos del Estado de México deben entenderse como una interpretación sustentada en la literatura revisada y no como resultados obtenidos de manera empírica. Se considera que una etapa posterior podría complementarse mediante la aplicación de encuestas dirigidas a responsables de proyecto, entrevistas semiestructuradas y un proceso de muestreo previamente definido, permitiendo contrastar la adopción de prácticas Lean Startup, Lean Engineering y metodologías ágiles, así como su impacto en los procesos, indicadores operativos y experiencias de los equipos de trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ries (2011) concibe al startup como una organización creada para desarrollar nuevos productos o servicios en condiciones de incertidumbre extrema, mientras que Blank (2013) complementa esta definición al señalar que su propósito consiste en la búsqueda de un modelo de negocio repetible y escalable. Con base en estos planteamientos, el término startup resulta útil para analizar la validación de propuestas, el aprendizaje obtenido del mercado y la incertidumbre de la demanda, evitando utilizarlo como sinónimo de cualquier negocio pequeño de base tecnológica.

Por otra parte, la microempresa fue abordada como una categoría económica y administrativa. En el contexto mexicano, el INEGI (2023) señala que los datos y criterios institucionales permiten dimensionar la importancia de las unidades económicas de menor tamaño, aunque estos no describen por sí mismos su nivel de madurez digital o su capacidad de innovación. Para efectos del presente análisis, se consideró como microempresa de servicios tecnológicos a aquellas organizaciones pequeñas que ofrecen servicios relacionados con el desarrollo de software, infraestructura tecnológica, soporte técnico, soluciones informáticas o servicios digitales.

Se observó que la relevancia de las microempresas de servicios tecnológicos no depende únicamente de la tecnología que emplean, sino también de la capacidad que poseen para contribuir a la transformación digital de otras organizaciones. A través de los servicios que ofrecen pueden favorecer la automatización de procesos, mejorar la toma de decisiones mediante el uso de información o ampliar el alcance comercial de empresas pertenecientes a distintos sectores

productivos. Sin embargo, para que estos beneficios puedan alcanzarse resulta necesario mantener procesos adecuados de planeación, desarrollo, comunicación y operación, permitiendo ofrecer servicios con mayor calidad y confiabilidad. En este sentido, la competitividad organizacional fue interpretada no solamente como la capacidad de desarrollar soluciones innovadoras, sino también como la posibilidad de cumplir con los compromisos establecidos, generar aprendizaje a partir de la experiencia y fortalecer relaciones de valor con los clientes, favoreciendo el crecimiento y la sostenibilidad de las microempresas de servicios tecnológicos.

Figura 1

Modelo base de las startups tecnológicas.



Fuente: elaboración propia.

El Lean Startup fue identificado como un enfoque que permite a las organizaciones desenvolverse dentro de entornos de incertidumbre mediante un ciclo continuo de construir, medir y aprender. De acuerdo con Ries (2011), este proceso centra el aprendizaje en la evidencia obtenida a partir de la validación de hipótesis relacionadas con el problema, el cliente o la solución propuesta. Asimismo, el Producto Mínimo Viable (MVP) fue considerado como la versión inicial de un producto que permite validar una hipótesis con el menor consumo posible de recursos, evitando interpretarlo como un producto incompleto o de baja calidad. En el caso de las microempresas de servicios tecnológicos, este enfoque puede contribuir a disminuir el riesgo de invertir tiempo y recursos en el desarrollo de funcionalidades que no responden a las necesidades reales de los clientes.

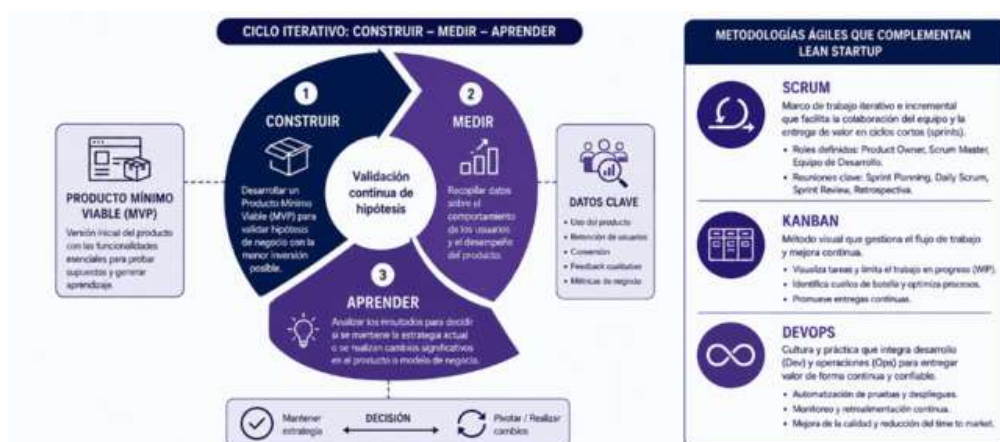
Se observó que una de las principales aportaciones del Lean Startup consiste en orientar el proceso de desarrollo hacia el aprendizaje obtenido durante la validación de las propuestas, permitiendo que la toma de decisiones se sustente en la información obtenida del mercado y no únicamente en supuestos. Llamas Fernández y Fernández Rodríguez (2018) señalan que esta

metodología ha sido utilizada como un marco para relacionar el emprendimiento, la validación de ideas y el desarrollo de propuestas de valor. De manera complementaria, Moreno Padilla, Silva Olvera, Castillo Corral y Cosme-Castorena (2023) analizan la relación existente entre el método Lean Startup y la innovación en empresas startup mexicanas. Estos antecedentes permitieron fortalecer el análisis desde un contexto nacional; sin embargo, sus resultados fueron considerados como referentes teóricos y no como evidencia suficiente para generalizar su aplicación a todas las microempresas de servicios tecnológicos del Estado de México.

Finalmente, la revisión indica que la implementación del enfoque Lean Startup requiere establecer hipótesis claramente definidas, indicadores que permitan evaluar el aprendizaje obtenido y criterios que faciliten la toma de decisiones respecto a la continuidad, modificación o abandono de una propuesta. Asimismo, resulta necesario diferenciar los procesos de validación de mercado de aquellas actividades relacionadas con la seguridad de la información, la calidad del servicio, la privacidad de los datos y la continuidad operativa. En este sentido, el aprendizaje continuo promovido por Lean Startup no sustituye la necesidad de mantener procesos documentados, proteger la información y garantizar estándares mínimos de calidad y confiabilidad dentro de las microempresas de servicios tecnológicos.

Figura 2

Ciclo iterativo de Lean Startup.



Fuente: elaboración propia.

Lean Engineering fue identificado como un enfoque que adapta los principios Lean a las actividades relacionadas con el diseño, desarrollo y gestión de proyectos de ingeniería. De acuerdo con Ward (2007), este enfoque favorece el aprendizaje organizacional, la generación de conocimiento reutilizable y la reducción de pérdidas ocasionadas por decisiones tardías, retrabajos o deficiencias

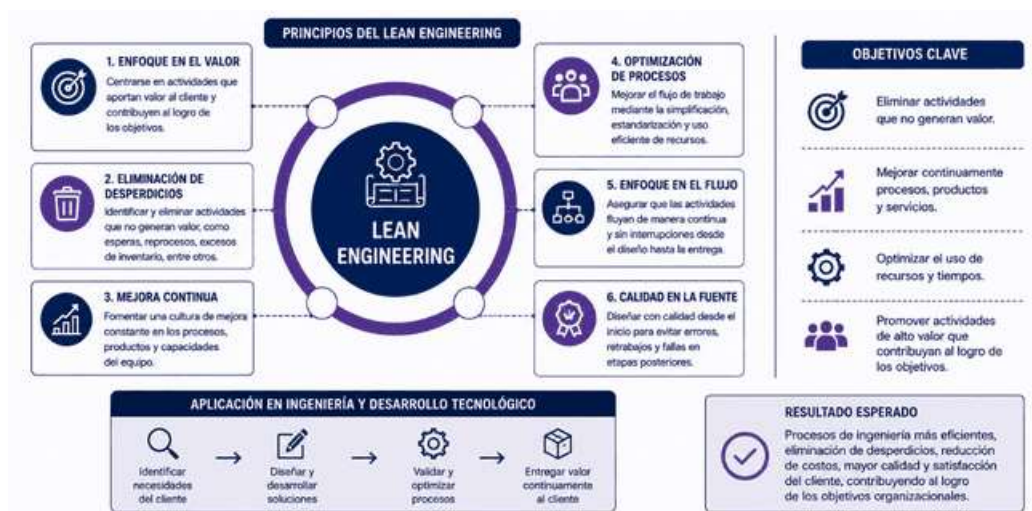
en la coordinación de los equipos de trabajo. En el desarrollo de software, su aplicación permite analizar el proceso de manera integral, considerando desde la identificación de las necesidades del cliente hasta la implementación, soporte y mejora continua de los servicios tecnológicos.

Se observó que el concepto de desperdicio dentro de Lean Engineering debe interpretarse de acuerdo con las características propias del trabajo basado en el conocimiento y no únicamente desde una perspectiva de procesos industriales. En las microempresas de servicios tecnológicos, los desperdicios pueden presentarse como trabajo inconcluso, cambios constantes de contexto, tiempos de espera para la toma de decisiones, retrabajos ocasionados por defectos, duplicidad de información, reuniones que no generan acuerdos o el desarrollo de funcionalidades que no aportan valor al cliente. Sánchez Mateo (2022) señala que la parametrización de los procesos y la gestión del conocimiento permiten disminuir la variabilidad y mejorar la eficiencia de las actividades de ingeniería.

Asimismo, se observó que la reducción de desperdicios no implica eliminar todas las actividades que no generan de manera inmediata un producto o un entregable visible. Actividades como la exploración técnica, las pruebas, la documentación necesaria y la comunicación con los clientes pueden contribuir a disminuir la incertidumbre, prevenir errores y fortalecer la calidad de los servicios tecnológicos. En este sentido, Lean Engineering fue interpretado como un enfoque orientado a optimizar los procesos y generar valor para la organización, evitando que la reducción de actividades sea entendida únicamente como una estrategia de disminución de costos que limite el aprendizaje, la innovación y el crecimiento de las microempresas de servicios tecnológicos.

Figura 3

Principios de Lean Engineering.



Fuente: elaboración propia.

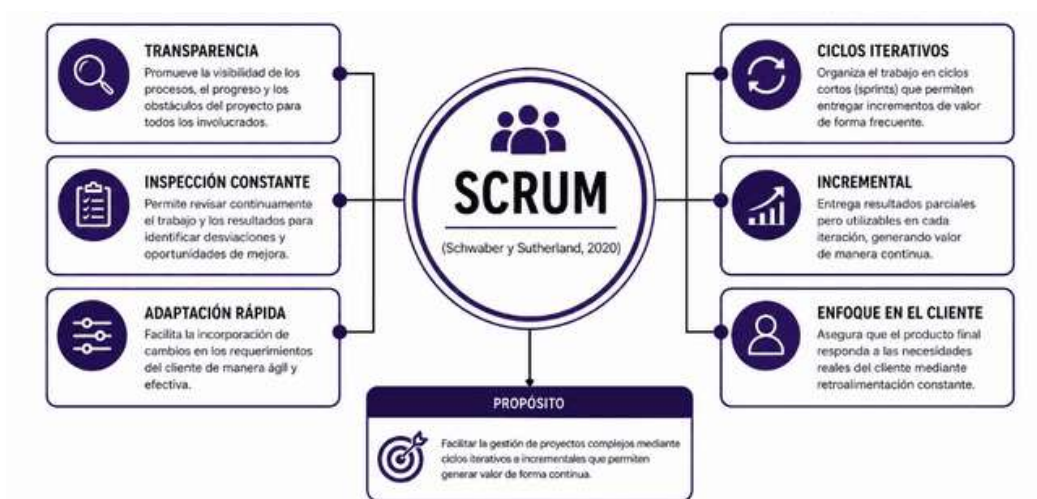
Scrum fue identificado como un marco de trabajo orientado a la gestión de proyectos complejos mediante los principios de transparencia, inspección y adaptación. De acuerdo con Schwaber y Sutherland (2020), su estructura se compone de un equipo de trabajo, un Product Backlog, iteraciones denominadas *Sprints* y diferentes eventos que permiten revisar el avance de las actividades y promover la mejora continua del proceso. En las microempresas de servicios tecnológicos, su implementación puede contribuir a gestionar de manera más eficiente los proyectos cuando existen prioridades claramente definidas y los integrantes del equipo poseen la capacidad de participar en la toma de decisiones. Sin embargo, la adopción de sus prácticas sin contar con la autonomía necesaria para priorizar actividades puede limitar los beneficios esperados y generar una carga adicional en la gestión de los proyectos.

Por otra parte, Kanban fue considerado como un enfoque que permite visualizar el flujo de trabajo, controlar las actividades en proceso y favorecer la mejora continua de los procesos. Anderson (2010) señala que la representación visual de las actividades facilita la identificación de cuellos de botella, permitiendo evitar la acumulación de tareas que superen la capacidad operativa del equipo. En el caso de las microempresas de servicios tecnológicos, donde frecuentemente se desarrollan actividades de mantenimiento, soporte, atención de incidencias y nuevos proyectos de manera simultánea, Kanban puede contribuir a mejorar la organización del trabajo y facilitar la asignación de prioridades, siempre que el flujo representado corresponda a las condiciones reales de operación.

Asimismo, DevOps fue identificado como un conjunto de prácticas orientadas a fortalecer la colaboración entre las áreas de desarrollo y operación, promoviendo procesos más confiables para la entrega de software. Kim, Behr y Spafford (2013) destacan que la colaboración, la automatización y la retroalimentación continua representan elementos fundamentales para mejorar la calidad de los servicios tecnológicos. En las microempresas de servicios tecnológicos, la implementación de DevOps puede iniciar mediante prácticas como el control de versiones, la ejecución de pruebas repetibles, la documentación de los procesos de despliegue, el monitoreo de los servicios y el análisis de los incidentes ocurridos. Sin embargo, se identificó que la automatización por sí sola no garantiza mejores resultados, por lo que resulta necesario contar previamente con procesos estables que permitan reducir riesgos y favorecer la calidad, la continuidad operativa y la mejora continua.

Figura 4

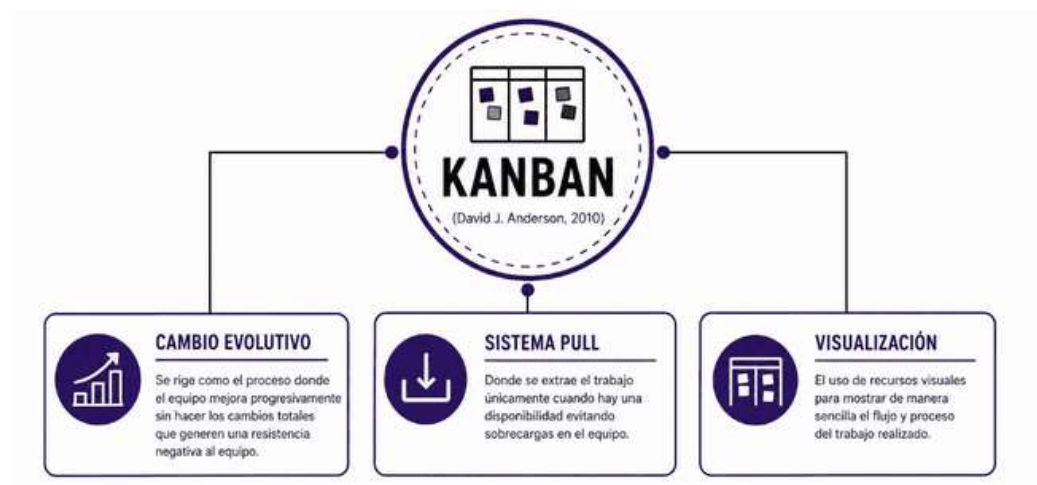
Scrum y la gestión iterativa de proyectos.



Fuente: elaboración propia.

Figura 5

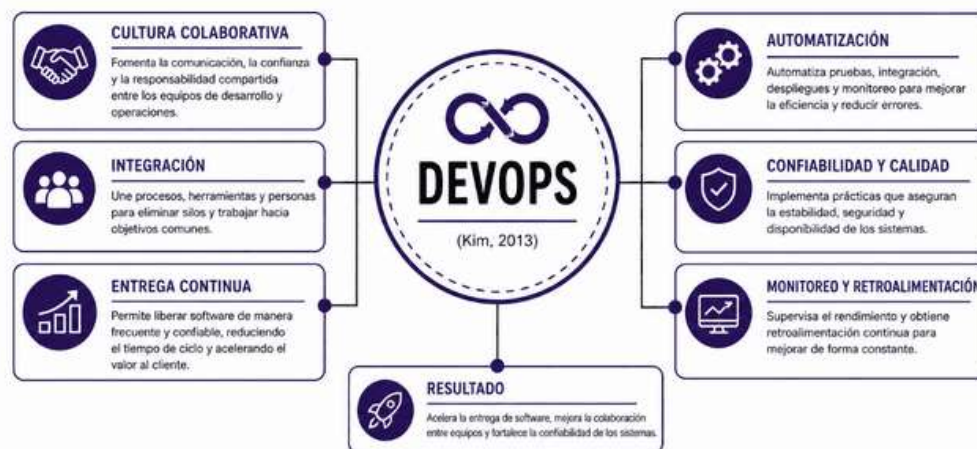
Kanban y la gestión visual del flujo de trabajo.



Fuente: elaboración propia.

Figura 6

DevOps y la cultura de colaboración entre desarrollo y operación.



Fuente: elaboración propia.

La revisión de la literatura muestra que Lean Startup, Lean Engineering y las metodologías ágiles poseen funciones diferentes, aunque complementarias, dentro de las organizaciones. Lean Startup se orienta hacia el aprendizaje obtenido del mercado y la validación del modelo de negocio; Lean Engineering se enfoca en la optimización de los procesos de desarrollo y la reducción de desperdicios; mientras que Scrum y Kanban contribuyen a la organización del flujo de trabajo y a la gestión de las actividades del equipo. Por su parte, DevOps fortalece la integración entre las áreas de desarrollo y operación, promoviendo la retroalimentación continua y la mejora de los servicios tecnológicos. En este sentido, se identificó que la implementación de estos enfoques de manera aislada puede limitar los beneficios esperados, ya que la aplicación de una metodología sin considerar las demás puede generar procesos fragmentados que reduzcan su impacto dentro de las microempresas de servicios tecnológicos. Por ello, la integración de estos enfoques permite fortalecer la gestión de los procesos, favorecer la toma de decisiones y contribuir al crecimiento y la competitividad organizacional.

Tabla 1

Síntesis analítica de los enfoques revisados.

ENFOQUE	APORTE APLICABLE	LÍMITE O CONDICIÓN
 Lean Startup	Validar problema, cliente y propuesta antes de escalar inversión.	 Requiere hipótesis e indicadores; no sustituye controles técnicos.
 Lean Engineering	Visibilizar pérdidas, reducir retrabajo y reutilizar conocimiento.	 No debe confundirse con recorte indiscriminado de actividades.
 Scrum	Revisar prioridades y producir incrementos en ciclos cortos.	 Funciona si hay autonomía para decidir y un backlog genuino.
 Kanban	Gestionar capacidad, interrupciones y trabajo en curso.	 El tablero debe representar el flujo real y sus bloqueos.
 DevOps	Mejorar colaboración, automatización y retroalimentación operativa.	 La automatización exige prácticas previas de calidad y seguridad.

Nota: elaboración propia con base en Anderson (2010), Kim et al. (2013), Ries (2011), Schwaber y Sutherland (2020) y Ward (2007).

La revisión de la literatura muestra que la implementación de Lean Startup, Lean Engineering y las metodologías ágiles debe responder a las necesidades particulares de cada microempresa de servicios tecnológicos. Se observó que la selección de estas prácticas depende del problema que se pretende resolver y no de la adopción simultánea de todas las metodologías disponibles. Cuando las principales dificultades se relacionan con la validación del mercado y la propuesta de valor, Lean Startup puede contribuir mediante la formulación de hipótesis y la realización de experimentos. Por otra parte, cuando los problemas se presentan en la gestión de proyectos, la acumulación de actividades o la coordinación del equipo, Scrum, Kanban y Lean Engineering pueden favorecer la organización del flujo de trabajo y la optimización de los procesos. Asimismo, cuando las limitaciones se encuentran en la entrega y operación de los servicios tecnológicos, DevOps puede fortalecer la colaboración entre desarrollo y operación, favoreciendo la calidad y la mejora continua.

Se observó que otro aspecto relevante corresponde a la capacidad de decisión dentro de las microempresas. La concentración de actividades y responsabilidades en un número reducido de personas puede facilitar la operación durante las primeras etapas de crecimiento; sin embargo, conforme aumentan los proyectos también puede generar retrasos, dependencia del conocimiento individual y dificultades para mantener la continuidad de los procesos. En este sentido, Lean

Engineering puede contribuir a documentar procesos, establecer criterios de trabajo y favorecer la gestión del conocimiento, reduciendo la dependencia de prácticas informales.

Asimismo, la literatura revisada permitió identificar que la adopción de metodologías ágiles requiere fortalecer la comunicación, la colaboración y la participación de los equipos de trabajo. La implementación de estas prácticas no depende únicamente del uso de herramientas o reuniones periódicas, sino también de la existencia de acuerdos que permitan coordinar actividades, gestionar prioridades y promover el aprendizaje continuo dentro de la organización.

Por otra parte, se observó que el seguimiento de indicadores puede favorecer la toma de decisiones cuando las métricas utilizadas responden a las necesidades de la organización. Indicadores relacionados con los tiempos de ciclo, retrabajos, cumplimiento de compromisos o validación de hipótesis permiten evaluar el comportamiento de los procesos y orientar acciones de mejora continua, evitando utilizar las métricas únicamente como instrumentos de control.

De igual forma, Hernández Bonilla et al. (2018) destacan la importancia del compromiso organizacional y de las condiciones que favorecen la participación de las personas dentro de las organizaciones. En las microempresas de servicios tecnológicos, estos elementos complementan la implementación de Lean Startup, Lean Engineering y las metodologías ágiles, debido a que la sostenibilidad de estas prácticas depende también de la comunicación, la confianza y la colaboración entre los integrantes del equipo.

Finalmente, la revisión permitió identificar que la adopción gradual de estos enfoques representa una alternativa más adecuada para las microempresas de servicios tecnológicos. La implementación progresiva de prácticas relacionadas con la gestión del flujo de trabajo, la validación de propuestas, la documentación de procesos y la mejora continua puede favorecer el aprendizaje organizacional y reducir los riesgos asociados con la incorporación de metodologías que fueron desarrolladas para contextos organizacionales de mayor tamaño.

La revisión de la literatura muestra que la competitividad organizacional debe entenderse como la capacidad de generar valor y mantener dicha capacidad frente a los cambios del entorno. Porter (2015) señala que la ventaja competitiva depende de la diferenciación y de la capacidad de las organizaciones para desarrollar actividades que generen valor de manera sostenida. Desde esta perspectiva, Lean Startup, Lean Engineering y las metodologías ágiles no constituyen una ventaja competitiva por sí mismas, sino que representan herramientas que pueden contribuir al fortalecimiento de la propuesta de valor, la eficiencia operativa y la capacidad de aprendizaje de las organizaciones.

En las microempresas de servicios tecnológicos, la competitividad puede fortalecerse mediante la especialización, el conocimiento del cliente, la calidad de los servicios y la capacidad de responder oportunamente a las necesidades del mercado. Sin embargo, la revisión permitió identificar que la

implementación de estas metodologías no elimina por sí sola las limitaciones relacionadas con el financiamiento, la infraestructura o la disponibilidad de talento especializado. Su principal aportación consiste en proporcionar prácticas que favorezcan la organización de los procesos, la toma de decisiones, el aprendizaje continuo y la mejora de la competitividad organizacional dentro de las condiciones particulares de las microempresas de servicios tecnológicos del Estado de México.

Figura 7

Competitividad organizacional y sus características.



Nota: elaboración propia basado en Porter(2015).

Como aporte de la revisión, se propone una ruta gradual de adopción para las microempresas de servicios tecnológicos: diagnóstico de necesidades y flujo de trabajo; organización de actividades y prioridades; validación de propuestas con clientes; incorporación de prácticas de calidad y continuidad operativa; y seguimiento de indicadores para orientar la mejora. La ruta no pretende aplicar las mismas herramientas a todas las empresas, sino facilitar una selección gradual de prácticas de acuerdo con sus necesidades.

Asimismo, se observó que una de las primeras acciones consiste en organizar el flujo de trabajo mediante la clasificación de las actividades desarrolladas por la organización, diferenciando tareas de soporte, mantenimiento, desarrollo, ventas o implementación de nuevos servicios. Anderson (2010) señala que Kanban contribuye a visualizar el flujo de trabajo, establecer prioridades y controlar la cantidad de actividades en proceso, favoreciendo una mejor distribución de los recursos y reduciendo la acumulación de tareas que afectan la eficiencia operativa.

Por otra parte, la literatura revisada permitió identificar que Lean Startup contribuye a fortalecer la validación de las propuestas antes de destinar recursos significativos a su desarrollo. La formulación de hipótesis relacionadas con las necesidades del cliente y la obtención de evidencia

mediante procesos de validación permiten disminuir la incertidumbre y reducir el riesgo de desarrollar soluciones que no respondan a las necesidades reales del mercado. Este proceso complementa el análisis técnico y favorece una mejor toma de decisiones dentro de las microempresas de servicios tecnológicos.

De igual forma, se identificó que la implementación de ciclos periódicos de revisión favorece el aprendizaje continuo y la mejora de los procesos. Scrum puede contribuir mediante la planificación de iteraciones, la revisión de los avances y la adaptación de las actividades conforme evolucionan las necesidades del proyecto. Sin embargo, la aplicación de este marco de trabajo debe responder a las características y capacidades de cada organización, procurando que las reuniones y actividades desarrolladas contribuyan a la toma de decisiones y a la mejora continua de los procesos.

Finalmente, la literatura permitió identificar que la calidad de los servicios tecnológicos y la continuidad operativa representan elementos fundamentales para fortalecer la competitividad organizacional. En este sentido, Lean Engineering favorece la incorporación de prácticas orientadas a prevenir errores desde etapas tempranas del desarrollo, mientras que DevOps fortalece la colaboración entre las actividades de desarrollo y operación, promoviendo la retroalimentación continua, la documentación de los procesos y la mejora permanente de los servicios tecnológicos. La integración gradual de estos enfoques puede contribuir a optimizar los procesos, fortalecer la confiabilidad de los servicios y favorecer el crecimiento sostenible de las microempresas de servicios tecnológicos.

Asimismo, la revisión de la literatura permitió identificar que la evaluación de los resultados debe considerar indicadores relacionados con el desempeño de los procesos y no únicamente con la velocidad de ejecución de las actividades. En las microempresas de servicios tecnológicos, aspectos como la reducción de los tiempos de ciclo, la disminución de interrupciones, el cumplimiento de las entregas y la validación de las propuestas con los clientes pueden aportar información para la toma de decisiones y la mejora continua. En este sentido, las métricas adquieren mayor relevancia cuando se encuentran vinculadas con los objetivos de la organización y con la generación de valor para los clientes, evitando que indicadores aislados representen por sí mismos el nivel de competitividad organizacional.

Se observó que la implementación de Lean Startup, Lean Engineering y las metodologías ágiles debe entenderse como un proceso de mejora continua y adaptación permanente. Conforme cambian las necesidades de los clientes, las capacidades de la organización o las condiciones del entorno, resulta necesario revisar nuevamente los procesos y realizar los ajustes que favorezcan la generación de valor. Desde esta perspectiva, el enfoque Lean fue interpretado como una estrategia orientada al aprendizaje organizacional y a la optimización continua de los procesos, más que como un conjunto de prácticas estandarizadas aplicables de la misma forma en todas las organizaciones.

CONCLUSIONES

La revisión documental muestra que Lean Startup y Lean Engineering representan enfoques complementarios para fortalecer la competitividad de las microempresas de servicios tecnológicos. Se observó que Lean Startup favorece el aprendizaje validado mediante la reducción de la incertidumbre relacionada con las necesidades de los clientes y la propuesta de valor, mientras que Lean Engineering contribuye a la optimización de los procesos, la reducción de desperdicios y el aprovechamiento del conocimiento generado dentro de la organización. Asimismo, Scrum, Kanban y DevOps fueron identificados como metodologías que complementan estos enfoques al favorecer la gestión del flujo de trabajo, la colaboración entre los equipos y la mejora continua de los procesos tecnológicos.

Asimismo, la revisión permitió identificar que la implementación de estos enfoques debe responder a las necesidades y características particulares de cada organización, evitando considerar su adopción como una solución aplicable de manera uniforme a todas las microempresas de servicios tecnológicos. Se observó que factores como el liderazgo, la capacidad para la toma de decisiones, la cultura organizacional y el aprendizaje continuo pueden influir en los resultados obtenidos durante su implementación. En este sentido, la adopción gradual de Lean Startup, Lean Engineering y las metodologías ágiles puede contribuir a fortalecer la gestión de los procesos, la calidad de los servicios tecnológicos y la competitividad organizacional.

Como parte de las limitaciones del presente estudio, se identificó la ausencia de evidencia empírica obtenida directamente de microempresas de servicios tecnológicos del Estado de México, por lo que los resultados presentados corresponden al análisis e interpretación de la literatura revisada. En este sentido, futuras investigaciones podrán complementar estos hallazgos mediante estudios de campo que permitan analizar el nivel de adopción de Lean Startup, Lean Engineering y las metodologías ágiles, así como su relación con indicadores de innovación, eficiencia operativa y competitividad organizacional. De esta manera, será posible fortalecer el conocimiento sobre la aplicación de estos enfoques dentro del contexto de las microempresas de servicios tecnológicos del Estado de México.

REFERENCIAS

- Anderson, D. J. (2010). Kanban: Successful evolutionary change for your technology business. Blue Hole Press.
- Blank, S. (2013). Why the Lean Start-Up changes everything. *Harvard Business Review*, 91(5), 63-72.
- Hernández Bonilla, B. E., Ruiz Reynoso, A. M., Ramírez Cortés, V., Sandoval Trujillo, S. J., & Méndez-Guevara, L. C. (2018). Motivos y factores que intervienen en el compromiso organizacional.

- RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 8(16), 820-846.
<https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.370>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). Micro, pequeña, mediana y gran empresa: Estratificación de los establecimientos. <https://www.inegi.org.mx/>
- Kim, G., Behr, K., & Spafford, G. (2013). *The Phoenix Project: A novel about IT, DevOps, and helping your business win*. IT Revolution Press.
- Llamas Fernández, F. J., & Fernández Rodríguez, J. C. (2018). La metodología Lean Startup: Desarrollo y aplicación para el emprendimiento. *Revista de Ciencias Sociales*, 24(3), 79-95.
- Moreno Padilla, E., Silva Olvera, M. de los Á., Castillo Corral, D., & Cosme-Castorena, J. E. (2023). El método Lean Startup y la innovación en las empresas startup de México. *Conciencia Tecnológica*, (66).
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2020). *OECD digital economy outlook 2020*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/bb167041-en>
- Porter, M. E. (2015). *Ventaja competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior*. Grupo Patria Cultural.
- Ries, E. (2011). *The Lean Startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*. Crown Business.
- Sánchez Mateo, D. (2022, 15 de octubre). Qué es Lean Engineering. Parte 1: La parametrización. Ingeniería Samat. <https://ingenieriasamat.es/blog/que-es-lean-engineering/>
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *La guía Scrum: La guía definitiva de Scrum, las reglas del juego*. Scrum Guides. <https://scrumguides.org/>
- Ward, A. C. (2007). *Lean product and process development*. Lean Enterprise Institute.

Seguridad logística en México: robo al transporte y condiciones laborales del operador

Logistics Security in Mexico: Cargo Theft and Driver Working Conditions

C. Yael Brenda Mondragon Becerril

Universidad Autónoma del Estado de México

brendamonb@outlook.com

M. en Ed. Elba Valdez Márquez

Universidad Autónoma del Estado de México

<https://orcid.org/0009-0009-2203-941X>

evaldez@uaemex.mx

RESUMEN

En México, el transporte de carga representa un elemento fundamental dentro de la cadena de suministro; sin embargo, enfrenta diversas problemáticas que afectan su eficiencia y seguridad, siendo una de las más relevantes el incremento del robo al autotransporte de mercancías, lo que genera pérdidas económicas, interrupciones en la distribución y riesgos constantes para los operadores. El presente estudio tiene como objetivo analizar el impacto del robo al transporte de carga en las operaciones y en la condición de trabajo de los operadores. Para ello, se empleó un enfoque mixto con alcance descriptivo, utilizando la metodología DMAIC, la cual incluyó herramientas como la definición del problema mediante análisis documental, la medición a través de encuestas aplicadas a 35 operadores, el análisis de causas mediante diagramas de causa-efecto y revisión de datos, la mejora basada en propuestas de optimización de rutas y uso de tecnología de monitoreo, y el control mediante indicadores de seguimiento. Los resultados permitieron identificar como principales causas la deficiente planeación de rutas, la falta de tecnología de monitoreo, las jornadas laborales extensas y la escasa capacitación en seguridad, factores que incrementan la vulnerabilidad ante el robo. Se concluye que es necesario implementar estrategias integrales que fortalezcan la seguridad en el transporte, mejoren las condiciones laborales y promuevan el uso de herramientas tecnológicas, con el fin de reducir riesgos y aumentar la eficiencia del sector logístico en México.

Palabras clave: Transporte, Seguridad, Robo, Condición de trabajo, Logística.

ABSTRACT

In Mexico, freight transport represents a fundamental element within the supply chain; however, it faces several challenges that affect its efficiency and security, with cargo theft being one of the most significant issues, generating economic losses, distribution disruptions, and constant risks for operators. The objective of this study is to analyze the impact of cargo theft on transport operations and on operators' Working conditions. A mixed-method approach with a descriptive scope was applied, using the DMAIC methodology, which included tools such as problem definition through document analysis, measurement through surveys applied to 35 operators, cause analysis using cause-and-effect diagrams and data review, improvement based on route optimization proposals and monitoring technology, and control through performance indicators. The results identified as main causes poor route planning, lack of monitoring technology, long working hours, and limited training in Security, factors that increase vulnerability to Theft. It is concluded that it is necessary to implement comprehensive strategies to strengthen Transport Security, improve working conditions, and promote the use of technological tools in order to reduce risks and increase efficiency in Mexico's logistics sector.

Keywords: Transport, Security, Theft, Working conditions, Logistics.

INTRODUCCIÓN

En México, el transporte de carga es un componente esencial para el funcionamiento de la cadena de suministro, ya que permite la distribución eficiente de bienes a nivel nacional. No obstante, en los últimos años, el incremento del robo al autotransporte se ha convertido en una problemática crítica que impacta tanto la operación logística como la rentabilidad de las empresas y la seguridad en las carreteras.

Desde el enfoque de la logística de distribución, la eficiencia del sistema depende de una adecuada planeación, control y ejecución de los procesos (Ballou, 2004). Sin embargo, factores externos como la inseguridad generan interrupciones que afectan directamente los niveles de servicio y el cumplimiento de tiempos de entrega.

De igual forma, esta situación impacta de manera directa a los operadores de transporte, quienes enfrentan largas jornadas laborales, presión por cumplir con los tiempos establecidos y una constante exposición a situaciones de riesgo. Estas condiciones no solo afectan su desempeño, sino también su bienestar físico y emocional.

En este sentido, la presente investigación se justifica en la necesidad de analizar el robo al transporte de carga desde una perspectiva integral, considerando tanto su impacto en la cadena de suministro como en las condiciones laborales de los operadores.

Por ello, el objetivo del estudio es analizar esta problemática mediante la metodología Six Sigma (DMAIC), con la finalidad de identificar sus causas principales y proponer estrategias que contribuyan a mejorar la seguridad logística y el bienestar de los operadores.

METODOLOGÍA

TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo) con alcance descriptivo, utilizando un diseño transversal no experimental, ya que la información se recopiló en un solo momento sin intervenir en las variables analizadas. La investigación se apoyó en la metodología Six Sigma mediante el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), empleando herramientas como el Diagrama de Causa-Efecto, el Diagrama de Pareto y el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) para analizar la problemática del robo al transporte de carga y su impacto en las condiciones laborales de los operadores.

ALCANCE

La presente investigación tiene como finalidad identificar los factores que favorecen el robo al transporte de carga y analizar cómo esta problemática afecta la seguridad logística y las condiciones laborales de los operadores. A partir de los resultados obtenidos, se busca proponer acciones de mejora que contribuyan a disminuir los riesgos durante el traslado de mercancías y fortalecer la eficiencia operativa dentro de las empresas de transporte.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es no experimental porque las variables fueron observadas sin manipulación alguna. Es transversal debido a que la información fue recopilada en un único periodo de tiempo mediante encuestas aplicadas a operadores de transporte. Asimismo, es de campo porque los datos se obtuvieron directamente de los participantes involucrados en las actividades logísticas.

OBJETIVO GENERAL

Analizar el impacto del robo al transporte de carga mediante la metodología DMAIC para identificar sus principales causas y proponer acciones de mejora que fortalezcan la seguridad logística y las condiciones laborales de los operadores.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar los factores que favorecen al robo al transporte de carga.

- Analizar las condiciones laborales de los operadores y su relación con la seguridad durante sus rutas.
- Determinar las principales causas del problema mediante las herramientas DMAIC.
- Proponer estrategias de mejora que contribuyan a reducir los riesgos y fortalecer la seguridad logística.

Para dar respuesta a los objetivos planteados, la investigación se desarrolló mediante la metodología Six Sigma utilizando el ciclo DMAIC, integrado por las etapas Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Esta metodología permitió identificar las causas principales del problema, analizar la información obtenida a través de las encuestas y proponer estrategias de mejora orientadas a fortalecer la seguridad logística y las condiciones laborales de los operadores de transporte.

Fase 1. Definir el problema con las interrogantes más representativas son:

Tabla 1

Los 7 ¿por qué?

1	¿Con qué frecuencia transita por zonas consideradas de alto riesgo?
2	¿Ha experimentado alguna situación relacionada con robo o intento de robo?
3	¿Qué tan seguro se siente durante sus recorridos?
4	¿Cuántas horas trabaja diariamente?
5	¿Ha recibido capacitación en temas de seguridad?
6	¿Su unidad cuenta con sistemas de monitoreo o protección?
7	¿Considera que la empresa prioriza la seguridad de los operadores?

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta de la empresa de transporte 3PL.

Posteriormente, se elaboró un Diagrama de Causa-Efecto (Ishikawa) para identificar las causas que favorecen el robo al transporte de carga.

Figura 1

Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia con información basada en encuesta de la empresa de transporte 3PL.

El diagrama permitió identificar que las principales causas del problema se relacionan con la exposición constante a zonas de riesgo, las jornadas laborales extensas, la limitada capacitación en seguridad y la insuficiente implementación de sistemas tecnológicos de monitoreo. Estos factores incrementan significativamente la vulnerabilidad de los operadores durante el traslado de mercancías.

En la fase 2. Medir, se diseñó y aplicó una encuesta estructurada a 35 operadores de transporte. Las variables consideradas incluyeron la frecuencia de exposición a zonas de riesgo, la percepción de seguridad, la capacitación recibida, las horas de trabajo diarias y las experiencias relacionadas con intentos de robo. Además, se realizó una revisión documental de reportes oficiales sobre seguridad logística en México.

Para evaluar el desempeño del proceso se realizó una estimación del nivel Sigma considerando los eventos de riesgo reportados por los operadores.

Cálculo del nivel Sigma

Total de operadores (N):	35
Defectos observados (D):	27
Oportunidades por unidad (O):	1

DPU

Fórmula:

$$DPU = (D) / (U)$$

Donde:

D= Defectos

U=Unidades

Sustitución:

$$DPU = (27) / (35)$$

Resultado:

$$DPU = 0.7714$$

Esto significa que, en promedio, el 77.14 % de los operadores presentó un defecto, entendido como haber sufrido un robo o un intento de robo durante sus actividades laborales.

DPMO

Fórmula:

$$DPO = (D) / (U)(O)$$

Sustitución:

$$DPO = (27) / (35)(1)$$

Resultado:

$$DPO = 0.7714$$

El resultado indica que existe una probabilidad del 77.14 % de que ocurra un evento relacionado con robo por cada oportunidad evaluada.

DPMO

Fórmula:

$$DPMO = (DPO) (1,000,000)$$

Sustitución:

$$(0.7714) (1,000,000)$$

Resultado:

$$(771,400) \text{ DPMO}$$

Este valor refleja una cantidad muy elevada de defectos por millón de oportunidades, lo que evidencia que el proceso presenta un alto nivel de riesgo y requiere acciones de mejora inmediatas.

Nivel sigma:

$$NORMSINV = 1 - DPO + 1.5$$

Sustitución:

$$NORMSINV = 1 - 0.7714$$

NORMSINV = 0.2286

Aplicando el desplazamiento de 1.5 Sigma:

$$\text{Nivel Sigma} = Z + 1.5$$

$$\text{Nivel Sigma} = -0.74 + 1.5$$

Resultado:

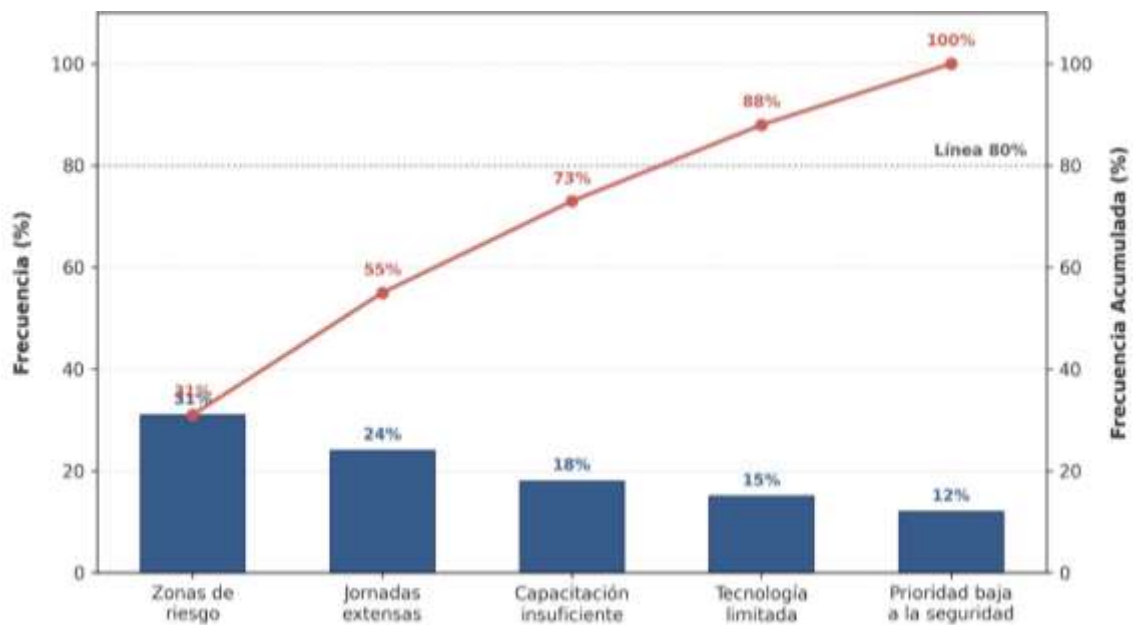
=0.76 SIGMA

Un nivel de 0.76 Sigma representa un desempeño muy bajo del proceso, indicando que la incidencia de robos o intentos de robo es considerablemente alta. Este resultado confirma la necesidad de implementar estrategias de mejora enfocadas en la seguridad logística, el monitoreo de las unidades y la protección de los operadores.

En la fase 3. En la fase Analizar se examinaron los resultados obtenidos para determinar las causas principales del problema. Los hallazgos mostraron que la exposición a zonas de riesgo, las jornadas laborales prolongadas, la limitada capacitación y la insuficiente implementación de sistemas tecnológicos son los factores con mayor impacto.

Gráfica 1

Diagrama de Pareto: Análisis de causas identificadas.



Fuente: Elaboración propia con información basada en encuesta de la empresa de transporte 3PL.

El análisis de Pareto permitió identificar que el 88% de incidencias en la exposición a zonas de riesgo, las jornadas laborales extensas, la capacitación insuficiente y tecnología limitada concentran la mayor parte de las causas, estas son asociadas al problema que es el impacto del robo al transporte de carga que representa el 12%. Por lo tanto, estas variables representan las áreas prioritarias de intervención para reducir significativamente el riesgo.

Con la finalidad de priorizar los riesgos identificados, se desarrolló un AMFE que permitió evaluar la severidad, ocurrencia y capacidad de detección de cada posible falla dentro del proceso.

Tabla 3

AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos)

Modo de falla	Efecto potencial	Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	NPR
Transitar por zonas de alto riesgo	Robo de mercancía	10	9	4	360
Falta de GPS y monitoreo	Pérdida de control de la unidad	9	7	5	315
Capacitación insuficiente	Mala reacción ante incidentes	8	8	5	320
Jornadas extensas	Fatiga y disminución de atención	8	8	4	256
Falta de protocolos de seguridad	Respuesta tardía ante emergencias	7	7	5	245

Fuente: Elaboración propia con información basada en encuesta de la empresa de transporte 3PL.

Los resultados del AMFE indican que los riesgos más críticos se encuentran en la circulación por zonas de alto riesgo, la insuficiente capacitación de los operadores y la falta de sistemas de monitoreo. Estas fallas presentan los valores NPR más elevados, por lo que deben considerarse prioritarias dentro de las estrategias de mejora propuestas.

En la fase 4. Se propusieron estrategias orientadas a la mejora continua, como la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real, la capacitación en gestión de riesgos, el rediseño de rutas logísticas y el desarrollo de programas enfocados en el bienestar del operador.

Finalmente, en la fase Controlar, se establecieron indicadores clave de desempeño (KPIs), tales como la reducción de incidentes de robo, el nivel de estrés del operador, el cumplimiento de los tiempos de entrega y los índices de seguridad en rutas, con el objetivo de evaluar la efectividad de las estrategias implementadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para la presente investigación se consideró una población de 40 operadores de transporte pertenecientes a la empresa objeto de estudio. Debido a que se trata de una población finita y conocida, se utilizó la fórmula para poblaciones finitas con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 %.

Tamaño de la muestra

Variable	Descripción	Valor
n	Tamaño de muestra	?
N	Población total	40
Z	Nivel de confianza (95%)	1.96
p	Probabilidad de éxito	0.50
q	Probabilidad de fracaso	0.50
e	Error permitido	0.05

Fórmula:

$$n = \frac{(N)(Z)^2(p)(q)}{(e)^2(N-1) + (Z)^2(p)(q)}$$

Sustitución:

$$n = \frac{40(1.96)^2(0.5)(0.5)}{(0.05)^2(40-1) + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

Resultado:

$$n=36$$

Fuente: Elaboración propia con información basada en encuesta en la empresa de transporte 3PL

Por cuestiones de disponibilidad y acceso al personal durante el periodo de recolección de información, se obtuvieron 35 cuestionarios válidos, representando el 97.2 % de la muestra calculada, porcentaje que se considera suficiente para garantizar la representatividad de los resultados.

A partir de la aplicación de encuestas a 35 operadores de transporte, se obtuvieron resultados que permiten analizar de manera objetiva la problemática del robo al autotransporte y sus efectos en las condiciones laborales.

Grafica 2

Frecuencia transita por zonas que considera de alto riesgo.

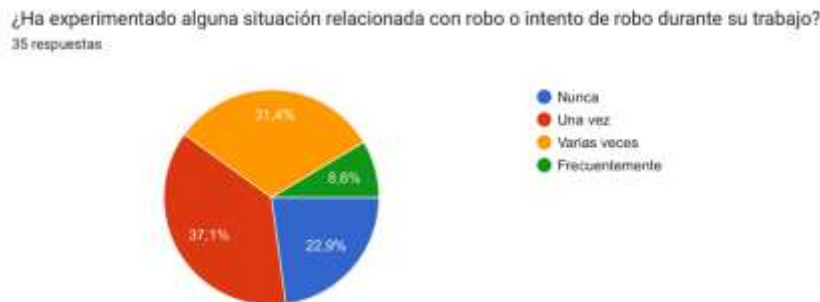


Fuente: Elaboración propia la frecuencia transita por zonas que considera de alto riesgo con información basada en encuesta en la empresa de transporte 3PL

En cuanto a la exposición al riesgo, el 48.6% de los operadores indicó que “a veces” transita por zonas de alto riesgo, mientras que un 31.4% lo hace frecuentemente, lo que refleja que más del 80% de los encuestados se enfrenta de manera constante a condiciones de inseguridad en sus rutas.

Gráfica 3

Situaciones de robo o intento de robo durante el trabajo.

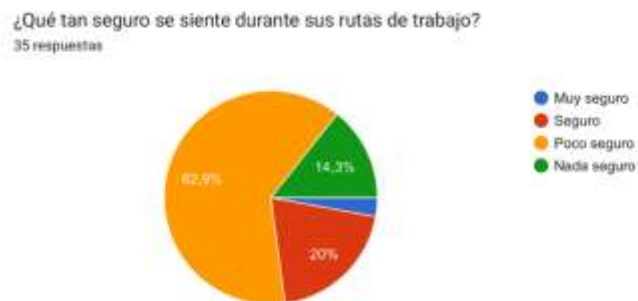


Fuente: Elaboración propia las situaciones de robo o intento de robo durante el trabajo con información basada en encuesta en la empresa de transporte 3PL.

Respecto a experiencias relacionadas con robo, el 37.1% de los operadores ha vivido al menos una situación de intento de robo, y un 31.4% reportó haberlo experimentado varias veces, lo que evidencia la alta incidencia de este delito en el sector.

Gráfica 4

Percepción de seguridad.



Fuente: Elaboración propia la percepción de seguridad en rutas con información basada en encuestas en la empresa de transporte 3PL.

En relación con la percepción de seguridad, el 62.9% de los encuestados señaló sentirse poco seguro durante sus rutas, mientras que un 14.3% indicó no sentirse nada seguro, confirmando un entorno laboral altamente vulnerable.

Gráfica 5

Jornadas laborales extensas



Fuente: Elaboración propia las jornadas laborales extensas con información basada en encuestas en la empresa de transporte 3PL.

Sobre las condiciones laborales, se identificó que el 42.9% de los operadores trabaja entre 10 y 12 horas diarias, y un 37.1% más de 12 horas, lo que implica que cerca del 80% enfrenta jornadas laborales extensas, aumentando la fatiga y el riesgo operativo.

Gráfica 6

Capacitación en situaciones de riesgo.



Fuente: Elaboración propia capacitación en situaciones de riesgo con información basada en encuestas en la empresa de transporte 3PL

En cuanto a la capacitación, el 45.7% de los operadores indicó haber recibido muy poca capacitación en temas de seguridad, y un 17.1% nunca ha sido capacitado, lo que limita su capacidad de respuesta ante situaciones de riesgo.

Gráfica 7

Uso de la tecnología en sistemas de seguridad.



Fuente: Elaboración propia el uso de la tecnología en sistemas de seguridad con información basada en encuestas en la empresa de transporte 3PL.

Respecto al uso de tecnología, el 51.4% señaló que su unidad cuenta parcialmente con sistemas de seguridad, mientras que solo el 20% cuenta con sistemas completos, lo que evidencia una brecha en la implementación de herramientas de protección.

Gráfica 8

Percepción organizacional de la seguridad



Fuente: Elaboración propia la percepción organizacional de la seguridad con información basada en encuestas en la empresa de transporte 3PL.

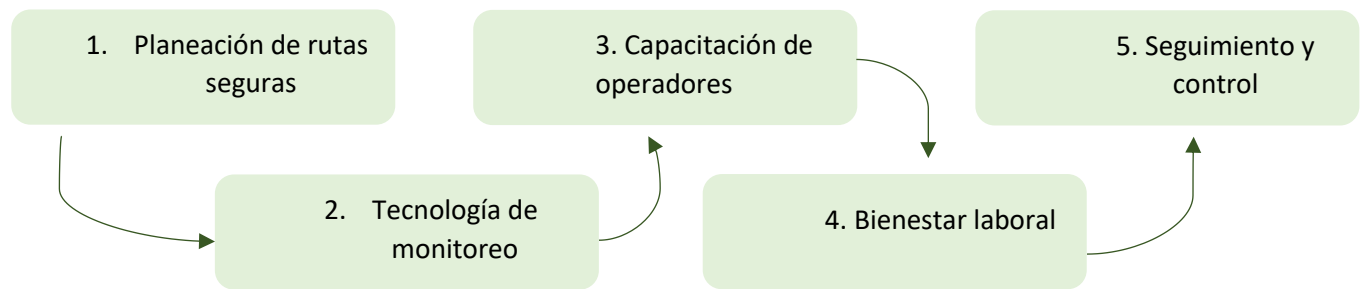
Finalmente, en la percepción organizacional, el 37.1% considera que su empresa solo algunas veces prioriza su seguridad, y un 34.3% rara vez, lo que refleja una falta de enfoque en el bienestar del operador.

Los resultados obtenidos mediante la metodología DMAIC permitieron identificar que el robo al transporte de carga está asociado principalmente a la exposición frecuente a zonas de alto riesgo, las jornadas laborales extensas, la limitada capacitación en seguridad y la insuficiente implementación de tecnologías de monitoreo. Asimismo, se detectó una percepción negativa respecto a la prioridad que las empresas otorgan a la seguridad de los operadores.

A partir de estos hallazgos se diseñó una propuesta de mejora enfocada en fortalecer la seguridad logística y reducir la vulnerabilidad de los operadores mediante acciones preventivas y correctivas

Figura 2

Modelo de mejora para la reducción del riesgo de robo en una empresa 3PL.



Fuente: Elaboración propia con información basada en encuesta en la empresa de transporte 3PL

La propuesta integra acciones enfocadas en la prevención, monitoreo y control de riesgos dentro del proceso de transporte. Su aplicación permite fortalecer la seguridad de las operaciones, mejorar las condiciones laborales de los operadores y disminuir la probabilidad de incidentes relacionados con robo al transporte de carga.

Proceso en el robo al transporte y condiciones laborales de operador.

Etapa 1. Planeación de rutas seguras

- Identificar rutas con mayor incidencia delictiva.
- Actualizar periódicamente mapas de riesgo.
- Diseñar rutas alternas.
- Establecer horarios de tránsito más seguros.
- Coordinar información con áreas de tráfico y monitoreo.

Etapa 2. Implementación de tecnología de monitoreo

- Instalar sistemas GPS en todas las unidades.
- Implementar botones de pánico.
- Monitorear recorridos en tiempo real.
- Configurar alertas por desviaciones de ruta.
- Generar reportes automáticos de incidencias.

Etapa 3. Capacitación de operadores

- Capacitación en protocolos de seguridad.
- Simulacros de actuación ante intentos de robo.
- Difusión de procedimientos de emergencia.
- Capacitación en uso de herramientas tecnológicas.

- Evaluaciones periódicas de conocimientos.

Etapa 4. Bienestar laboral del operador

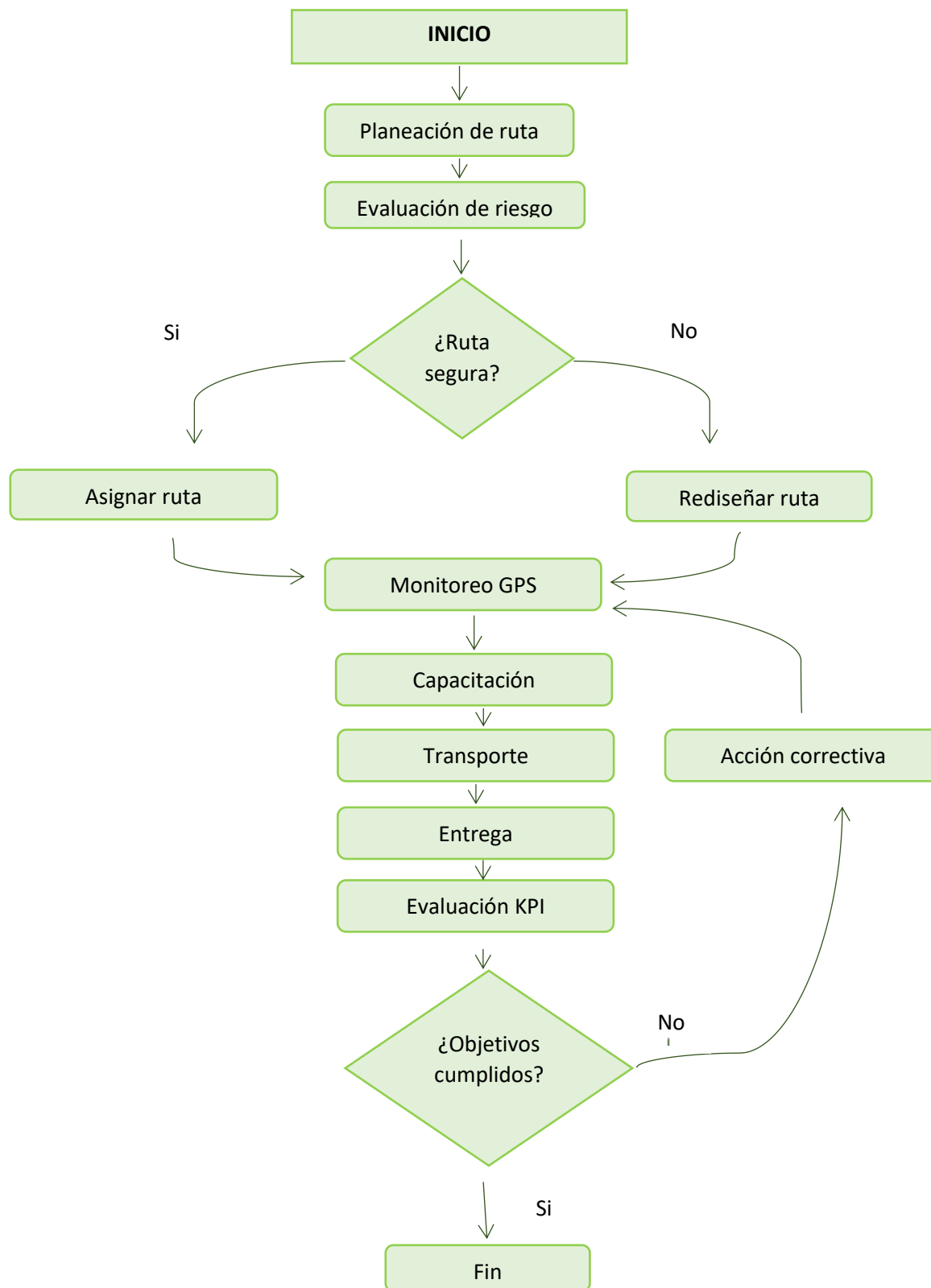
- Control de jornadas laborales.
- Programación de descansos.
- Seguimiento de niveles de estrés.
- Evaluación de cargas de trabajo.
- Programas de apoyo y bienestar laboral.

Etapa 5. Seguimiento y control

- Medición de incidentes de robo.
- Seguimiento de cumplimiento de rutas.
- Monitoreo de indicadores de seguridad.
- Evaluación del desempeño de operadores.
- Implementación de acciones correctivas

Figura 3

Diagrama de flujo del proceso propuesto para la seguridad logística



Fuente: Elaboración propia con información basada en encuesta en la empresa de transporte 3PL

El flujo propuesto incorpora actividades de prevención, monitoreo y control que permiten reducir la exposición a riesgos durante el transporte de mercancías. Además, contempla mecanismos de retroalimentación mediante indicadores de desempeño que facilitan la mejora continua del proceso logístico.

CONCLUSIONES

La investigación permitió identificar que los principales factores asociados al robo al transporte de carga son la exposición frecuente a zonas de alto riesgo, la incidencia de intentos de robo durante los recorridos y la limitada implementación de medidas de seguridad. Los resultados mostraron que una gran parte de los operadores enfrenta condiciones de inseguridad de manera constante, lo que incrementa la probabilidad de incidentes durante el traslado de mercancías.

Se determinó que las condiciones laborales tienen una influencia importante en la seguridad de las operaciones. Las jornadas extensas de trabajo, la percepción de inseguridad durante los recorridos y los bajos niveles de capacitación afectan el desempeño de los operadores y aumentan su vulnerabilidad ante situaciones de riesgo. Esto demuestra que la seguridad logística no depende únicamente de factores externos, sino también de las condiciones bajo las cuales se desarrolla la actividad laboral.

La aplicación de la metodología DMAIC permitió identificar y analizar las causas raíz de la problemática. Mediante el diagrama de Ishikawa, el Diagrama de Pareto y el AMFE se concluyó que las áreas de mayor impacto corresponden a la planeación de rutas, la capacitación de operadores, el monitoreo de unidades y la gestión de riesgos. Estas herramientas facilitaron la priorización de los factores que requieren atención inmediata para reducir la incidencia del problema.

Con base en los hallazgos obtenidos, se diseñó una propuesta de mejora enfocada en la planeación de rutas seguras, la implementación de tecnologías de monitoreo, la capacitación continua de los operadores, el fortalecimiento del bienestar laboral y el seguimiento mediante indicadores de desempeño como se menciona a continuación

Indicador: Porcentaje de operadores que reportan robo o intento de robo

Objetivo

Medir la disminución de incidentes relacionados con robo o intento de robo después de implementar las estrategias de mejora propuestas. La aplicación de estas estrategias puede contribuir a disminuir los riesgos asociados al robo al transporte de carga, mejorar la protección de los operadores y fortalecer la eficiencia de las operaciones logísticas.

Fórmula:

Robo o intento de robo (%) = [(operadores que reportan robo) / (Total de operadores encuestados) • (100)]

Sustitución (situación actual)

Robo o intento de robo (%) = [(27) / (35) • (100)]

Resultado:

Robo o intento de robo (%) = 77.14%

Actualmente, el 77.14 % de los operadores manifestó haber experimentado un robo o intento de robo, lo que refleja un nivel elevado de riesgo en las operaciones de transporte.

Meta propuesta por la empresa en 3 meses: Reducir el indicador a 60 %.

Resultado esperado.

Si las estrategias de mejora son implementadas correctamente (capacitación, monitoreo GPS, planeación de rutas y protocolos de seguridad), se espera disminuir el porcentaje de operadores afectados.

Indicadores

Periodo	Resultado
Situación actual	77.14 %
Meta a 3 meses	60.00 %
Mejora esperada	17.14 puntos porcentuales

La reducción del indicador de 77.14 % a 60 % representaría una mejora significativa en las condiciones de seguridad de los operadores. Aunque el problema no desaparecería por completo, evidenciaría que las estrategias implementadas están contribuyendo a disminuir la exposición al riesgo y fortaleciendo la seguridad logística de la empresa.

Gráfica 9

Comparación del indicador actual y la meta propuesta a tres meses.



Fuente: Elaboración propia con información basada en la encuesta de la empresa de transporte 3PL.

Se observa una disminución esperada del porcentaje de operadores afectados por robo o intento de robo, pasando de 77.14 % a una meta del 60 % después de implementar las estrategias de mejora propuestas.

RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda que las empresas del sector logístico implementen sistemas de monitoreo en tiempo real, como GPS y botones de pánico, con el fin de reducir los riesgos asociados al robo al transporte de carga.

Asimismo, es fundamental fortalecer los programas de capacitación en seguridad para los operadores, permitiéndoles actuar de manera adecuada ante situaciones de riesgo.

Se sugiere también optimizar la planeación de rutas considerando zonas de alta incidencia delictiva, así como establecer jornadas laborales más equilibradas que disminuyan la fatiga y mejoren el desempeño.

De igual manera, es necesario incrementar la inversión en tecnologías de seguridad y fomentar una cultura organizacional enfocada en la protección y bienestar del operador.

Finalmente, se recomienda la implementación de indicadores de control bajo el enfoque de Six Sigma, que permitan evaluar de manera continua la efectividad de las estrategias aplicadas y asegurar la mejora continua en los procesos logísticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anaya Tejero, J. J. (2015). Innovación y mejora de procesos logísticos. ESIC Editorial.
- Ballou, R. H. (2004). Logística: administración de la cadena de suministro (5ª ed.). Pearson Educación.
- Cámara Nacional del Autotransporte de Carga (CANACAR). (2024). Reporte de seguridad en carreteras. <https://www.canacar.com.mx>
- Christopher, M. (2016). Logistics & supply chain management (5th ed.). Pearson.
- Instituto Mexicano del Transporte. (2023). Seguridad en el autotransporte de carga en México. <https://www.imt.mx>
- Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública. (2024). Incidencia delictiva del fuero común. <https://www.gob.mx/sesnsp>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2017). NOM-087-SCT-2-2017, tiempos de conducción y pausas de descanso. Diario Oficial de la Federación.
- Velázquez Velázquez, E. (2012). Canales de distribución y logística. Red Tercer Milenio.

Distribución de enfermedades profesionales según el puesto de trabajo: comparación en dos periodos consecutivos

Distribution of occupational diseases by job position: comparison across two consecutive periods

Carolina Alvarez Chaparro

Instituto Mexicano del Seguro Social

0009-0002-1827-6243

Carolinaalvarezch98@gmail.com

Ariadna Alejandra López Ramos

Instituto Mexicano del Seguro Social

ariadna.lr13@hotmail.com

Candelario Hernández Hernández

Instituto Mexicano del Seguro Social

candehhdez@hotmail.com

RESUMEN

Introducción. Las enfermedades profesionales representan un importante problema de salud pública debido a su impacto sobre la capacidad laboral, la productividad y los sistemas de seguridad social. Su distribución varía de acuerdo con los factores de riesgo presentes en cada puesto de trabajo, por lo que su análisis permite fortalecer las estrategias de prevención y vigilancia epidemiológica en salud ocupacional. **Objetivo.** Comparar la distribución de las enfermedades profesionales según el puesto de trabajo en trabajadores atendidos en una Unidad de Medicina Familiar durante dos periodos consecutivos (enero-julio de 2025 y enero-julio de 2026). **Material y métodos.** Se realizó un estudio observacional, analítico, retrospectivo y comparativo mediante la revisión de registros con dictamen de enfermedad profesional confirmado mediante formato ST-9. Se incluyeron 33 casos correspondientes a los periodos enero-julio de 2025 ($n = 20$) y enero-julio de 2026 ($n = 13$). Se analizaron las variables periodo de estudio, grupo ocupacional y diagnóstico de enfermedad profesional mediante estadística descriptiva y prueba de chi cuadrada de Pearson, considerando un nivel de significancia de $p < 0.05$. **Resultados.** El grupo ocupacional de Producción concentró la mayor proporción de casos (57.6 %), observándose un incremento durante 2026 (92.3 %). El síndrome del túnel carpiano fue el diagnóstico más frecuente (24.2 %), seguido por los trastornos de disco vertebral y el síndrome del manguito rotador (21.2 % cada uno). La región anatómica más afectada

correspondió a mano y muñeca (48.5 %). El análisis inferencial mostró diferencias estadísticamente significativas en la distribución de las enfermedades profesionales entre ambos periodos ($\chi^2 = 12.39$; $gl = 5$; $p = 0.030$). **Conclusiones.** Las enfermedades musculoesqueléticas representaron la principal causa de enfermedad profesional en la población estudiada, con una mayor concentración de casos en trabajadores del área de Producción durante el segundo periodo analizado. Estos hallazgos resaltan la importancia de fortalecer las estrategias de vigilancia epidemiológica, evaluación ergonómica e implementación de programas preventivos dirigidos a los grupos ocupacionales con mayor riesgo.

Palabras claves: Enfermedades profesionales, Salud ocupacional, Medicina del trabajo, Ergonomía, Trastornos musculoesqueléticos.

ABSTRACT

Introduction. Occupational diseases represent a significant public health issue due to their impact on work capacity, productivity, and social security systems. Their distribution varies according to the risk factors present in each job role; therefore, analyzing them helps strengthen prevention and epidemiological surveillance strategies in occupational health. **Objective.** To compare the distribution of occupational diseases by job role among workers treated at a Family Medicine Unit during two consecutive periods (January–July 2025 and January–July 2026). **Material and methods.** An observational, analytical, retrospective, and comparative study was conducted by reviewing records of occupational disease cases confirmed via the ST-9 form. A total of 33 cases were included, covering the periods of January–July 2025 ($n = 20$) and January–July 2026 ($n = 13$). Variables such as study period, occupational group, and occupational disease diagnosis were analyzed using descriptive statistics and Pearson's chi-square test, with a significance level of $p < 0.05$. **Results.** The Production occupational group accounted for the highest proportion of cases (57.6%), with an increase observed in 2026 (92.3%). Carpal tunnel syndrome was the most frequent diagnosis (24.2%), followed by vertebral disc disorders and rotator cuff syndrome (21.2% each). The most affected anatomical region was the hand and wrist (48.5%). Inferential analysis revealed statistically significant differences in the distribution of occupational diseases between the two periods ($\chi^2 = 12.39$; $df = 5$; $p = 0.030$). **Conclusions.** Musculoskeletal disorders were the leading cause of occupational disease in the studied population, with a higher concentration of cases among workers in the Production area during the second period analyzed. These findings highlight the importance of strengthening strategies for epidemiological surveillance, ergonomic assessment, and the implementation of preventive programs targeting high-risk occupational groups.

Keywords: Occupational diseases, Occupational health, Occupational medicine, Ergonomics, Musculoskeletal disorders.

INTRODUCCION

Las enfermedades profesionales representan uno de los principales desafíos para la salud ocupacional debido a las repercusiones que generan sobre la salud de los trabajadores, la productividad de las organizaciones y la sostenibilidad de los sistemas de seguridad social. Su desarrollo está estrechamente relacionado con la exposición continua a factores de riesgo presentes en el ambiente laboral, incluyendo agentes físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales, cuya interacción depende de las características propias de cada actividad y puesto de trabajo. Estas enfermedades pueden ocasionar incapacidad temporal o permanente, deterioro de la capacidad funcional e importantes pérdidas económicas derivadas de la atención médica, las prestaciones laborales y la disminución de la productividad. En este contexto, organismos internacionales han señalado la necesidad de fortalecer las estrategias de prevención y vigilancia epidemiológica para reducir la carga de enfermedad asociada al trabajo y mejorar las condiciones laborales de la población económicamente activa (Hulshof et al., 2021; Gregg et al., 2024).

La vigilancia epidemiológica de las enfermedades profesionales constituye una herramienta esencial para identificar la frecuencia, distribución y comportamiento de los padecimientos relacionados con el trabajo, así como para reconocer los grupos ocupacionales con mayor riesgo y orientar la implementación de estrategias preventivas. En México, esta vigilancia se realiza principalmente mediante los sistemas institucionales de notificación y registro de riesgos de trabajo, los cuales generan información útil para evaluar la magnitud de estos eventos y establecer acciones dirigidas a disminuir su impacto sobre la población trabajadora. No obstante, diversos estudios nacionales han señalado que los trastornos musculoesqueléticos continúan siendo las enfermedades profesionales más frecuentes, particularmente en trabajadores expuestos a movimientos repetitivos, manipulación manual de cargas y posturas forzadas, lo que representa un importante desafío para los servicios de salud ocupacional y para las instituciones de seguridad social (Velázquez-Narváez et al., 2024; *Ergonomía y salud musculoesquelética en médicos con funciones administrativas de un hospital en México*, 2026; Mendoza-Pinto et al., 2024).

El puesto de trabajo constituye uno de los principales determinantes en la aparición de enfermedades profesionales, ya que define el tipo, la intensidad y la duración de la exposición a los diferentes factores de riesgo ocupacional. Las actividades que implican movimientos repetitivos, manipulación manual de cargas, posturas forzadas, exposición a vibraciones, ruido o agentes físicos específicos incrementan la probabilidad de desarrollar padecimientos particulares, cuyo comportamiento epidemiológico varía entre los distintos grupos ocupacionales. En este sentido, la identificación de las enfermedades profesionales según el puesto de trabajo permite reconocer poblaciones vulnerables, establecer programas de vigilancia médica dirigidos y diseñar estrategias preventivas enfocadas en la reducción de los riesgos laborales. Diversos estudios han demostrado que las

intervenciones preventivas basadas en la identificación de factores de riesgo específicos para cada actividad laboral favorecen la disminución de la incidencia de enfermedades profesionales y contribuyen a mejorar la salud de la población trabajadora (Bezzina et al., 2023; Crizol et al., 2024; Gregg et al., 2024).

Aunque los sistemas de vigilancia en salud ocupacional generan información continua sobre las enfermedades profesionales, el análisis comparativo entre periodos consecutivos constituye una herramienta fundamental para identificar cambios en la distribución de los padecimientos según el puesto de trabajo y evaluar el comportamiento epidemiológico de los riesgos laborales a lo largo del tiempo. Este tipo de análisis permite reconocer modificaciones en los patrones de ocurrencia de las enfermedades, detectar grupos ocupacionales con mayor vulnerabilidad y orientar la implementación de estrategias preventivas dirigidas a las necesidades específicas de cada población trabajadora.

En consecuencia, la comparación temporal de los registros de enfermedades profesionales representa un elemento clave para fortalecer la toma de decisiones en materia de prevención, vigilancia epidemiológica y salud ocupacional, favoreciendo el diseño de intervenciones basadas en evidencia (Velázquez-Narváez et al., 2024; Hulshof et al., 2021).

En México, la evidencia disponible sobre enfermedades profesionales se ha centrado principalmente en la descripción de diagnósticos específicos, factores de riesgo ocupacionales o poblaciones laborales particulares. Sin embargo, son limitados los estudios que analizan la distribución de las enfermedades profesionales según el puesto de trabajo mediante la comparación de periodos consecutivos dentro de los servicios de salud ocupacional. Este enfoque permite identificar variaciones en el comportamiento epidemiológico de los padecimientos relacionados con el trabajo, reconocer posibles cambios en los grupos ocupacionales de mayor riesgo y generar evidencia útil para fortalecer las estrategias institucionales de vigilancia epidemiológica, prevención y control de las enfermedades profesionales.

Bajo este contexto, resulta pertinente realizar estudios que permitan comparar el comportamiento de las enfermedades profesionales en distintos periodos, con el propósito de identificar cambios en su distribución y contribuir al fortalecimiento de las estrategias de prevención y vigilancia en salud ocupacional. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue comparar la distribución de las enfermedades profesionales según el puesto de trabajo en trabajadores atendidos en una Unidad de Medicina Familiar durante dos periodos consecutivos (enero-julio de 2025 y enero-julio de 2026).

METODOLOGIA

Diseño Del Estudio

Se realizó un estudio observacional, analítico, retrospectivo y comparativo, con enfoque cuantitativo, mediante la revisión de los registros de enfermedades profesionales de trabajadores atendidos en una Unidad de Medicina Familiar durante dos periodos consecutivos: enero a julio de 2025 y enero a julio de 2026. El estudio tuvo como finalidad comparar la distribución de las enfermedades profesionales según el puesto de trabajo entre ambos periodos para identificar posibles cambios en su comportamiento epidemiológico.

Objetivo Del Estudio

Comparar la distribución de las enfermedades profesionales según el puesto de trabajo en trabajadores atendidos en una Unidad de Medicina Familiar durante dos periodos consecutivos (enero-julio de 2025 y enero-julio de 2026).

Pregunta De Investigación

¿Existen diferencias en la distribución de las enfermedades profesionales según el puesto de trabajo entre los trabajadores atendidos en una Unidad de Medicina Familiar durante los periodos enero-julio de 2025 y enero-julio de 2026?

Población De Estudio

La población de estudio estuvo conformada por la totalidad de los trabajadores con dictamen de enfermedad profesional atendidos en una Unidad de Medicina Familiar durante los periodos comprendidos de enero a julio de 2025 y de enero a julio de 2026. Se incluyeron todos los casos registrados mediante formato ST-9 con calificación de enfermedad profesional confirmada, integrando un total de 33 registros para el análisis comparativo, correspondientes a 20 casos del primer periodo y 13 del segundo. Debido a que se incluyó el universo de casos disponibles durante ambos periodos, no fue necesario realizar un procedimiento de muestreo.

Criterios De Inclusión

Se incluyeron todos los trabajadores con formato ST-9 calificado como enfermedad profesional y atendidos en la Unidad de Medicina Familiar durante los periodos de enero a julio de 2025 y enero a julio de 2026.

Criterios De Exclusión

No se establecieron criterios de exclusión debido a que la totalidad de los registros disponibles cumplió con los criterios de inclusión establecidos para el estudio.

Criterios De Eliminación

No se presentaron criterios de eliminación, ya que todos los registros incluidos contaban con la información necesaria para el análisis estadístico.

Tabla 1**Operacionalización De Las Variables Incluidas En El Estudio**

Variable	Tipo de variable	de Escala de medición	Definición operacional	Categorías
Periodo de estudio	Independiente	Nominal dicotómica	Periodo en el que se registró el caso de enfermedad profesional en la Unidad de Medicina Familiar.	Enero-julio 2025 / Enero-julio 2026
Puesto de trabajo	Independiente	Nominal politómica	Actividad laboral desempeñada por el trabajador al momento del diagnóstico de enfermedad profesional, registrada en el formato ST-9.	Según el puesto registrado en el formato ST-9
Enfermedad profesional	Dependiente	Nominal politómica	Diagnóstico de enfermedad profesional consignado en el formato ST-9 y calificado como de origen laboral conforme a la normatividad institucional vigente.	Según el diagnóstico registrado en el formato ST-9

Nota. Elaboración propia con base en las variables analizadas en los registros de enfermedades profesionales correspondientes a los periodos de estudio.

Descripción

Las variables incluidas en el estudio fueron seleccionadas de acuerdo con el objetivo de la investigación y permitieron comparar la distribución de las enfermedades profesionales según el puesto de trabajo entre dos periodos consecutivos. El periodo de estudio se consideró la principal variable independiente para el análisis comparativo, mientras que el puesto de trabajo se incluyó como variable independiente de clasificación, al representar el principal factor de exposición ocupacional. La enfermedad profesional constituyó la variable dependiente, definida con base en el diagnóstico consignado en el formato ST-9 con calificación de origen laboral.

Interpretación Metodológica

La operacionalización de las variables permitió establecer una relación entre el periodo de estudio, el puesto de trabajo y la enfermedad profesional, facilitando el análisis comparativo del comportamiento de los padecimientos de origen laboral entre ambos periodos. Esta estructura metodológica favoreció la identificación de posibles cambios en la distribución de las enfermedades

profesionales según la actividad laboral desempeñada y proporcionó la base para la aplicación de la prueba de chi-cuadrada como método de análisis inferencial.

Análisis Estadístico

Los datos fueron capturados y organizados en una base de datos elaborada en Microsoft Excel® y posteriormente analizados mediante el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión XX (IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.). Se realizó estadística descriptiva mediante frecuencias absolutas y porcentajes para describir la distribución de las enfermedades profesionales y de los puestos de trabajo en cada uno de los periodos analizados. Posteriormente, se comparó la distribución de las enfermedades profesionales según el puesto de trabajo entre enero-julio de 2025 y enero-julio de 2026 mediante la prueba de chi-cuadrada de Pearson. Cuando no se cumplieron los supuestos de esta prueba, se recurrió a la prueba exacta de Fisher. En todos los análisis se consideró un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$.

Estos resultados pueden servir como base para el diseño de programas institucionales de vigilancia epidemiológica dirigidos a los grupos ocupacionales con mayor riesgo.

Consideraciones Éticas

El presente estudio se realizó de conformidad con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y la normatividad nacional aplicable para la investigación en seres humanos. Debido a que se trató de un estudio observacional, retrospectivo, basado en la revisión de registros documentales previamente dictaminados como enfermedad profesional mediante formato ST-9, no existió contacto directo con los trabajadores ni se realizaron intervenciones sobre su atención médica. La información fue tratada de manera confidencial y anonimizada, utilizándose exclusivamente con fines de investigación y difusión científica.

RESULTADOS

Durante los periodos comprendidos entre enero y julio de 2025 y enero y julio de 2026 se analizaron 33 casos con dictamen de enfermedad profesional confirmado mediante formato ST-9, correspondientes a trabajadores atendidos en una Unidad de Medicina Familiar. Del total de registros incluidos, 20 casos (60.6 %) correspondieron al periodo de enero a julio de 2025 y 13 casos (39.4 %) al mismo periodo de 2026. Todos los registros contaron con información completa para su análisis y fueron incluidos en el estudio (Tabla 2).

Tabla 2

Distribución General De Los Casos De Enfermedades Profesionales Según El Periodo De Estudio

Periodo de estudio	n	%
Enero-julio 2025	20	60.6
Enero-julio 2026	13	39.4
Total	33	100.0

Nota. Elaboración propia con base en los registros de enfermedades profesionales analizados durante los periodos de estudio.

Posteriormente, los puestos de trabajo fueron agrupados de acuerdo con la similitud de las actividades desempeñadas y de los factores de riesgo ocupacionales, con el propósito de facilitar el análisis comparativo entre ambos periodos de estudio. En conjunto, el grupo ocupacional de **Producción** concentró el mayor número de casos de enfermedad profesional, con **19 trabajadores (57.6 %)**, seguido por los grupos de **Soldadura** y **Servicios**, con **4 casos (12.1 %)** cada uno. Los grupos de **Supervisión**, **Mantenimiento** y **Calidad** presentaron una menor frecuencia, con **2 casos (6.1 %)** respectivamente.

Durante el periodo comprendido entre enero y julio de 2025 se observó una distribución relativamente heterogénea de los casos entre los distintos grupos ocupacionales; sin embargo, el área de **Producción** representó la mayor proporción de trabajadores afectados (**35.0 %**).

En contraste, durante el mismo periodo de 2026 se identificó una marcada concentración de casos en dicho grupo, que representó **92.3 %** del total de enfermedades profesionales registradas, mientras que únicamente se documentó un caso correspondiente al grupo de **Calidad (7.7 %)**.

Estos hallazgos evidencian una modificación en la distribución ocupacional de las enfermedades profesionales entre ambos periodos, con una mayor concentración de casos en trabajadores dedicados a actividades productivas durante 2026 (Tabla 3).

Tabla 3.

Distribución de los grupos ocupacionales según el periodo de estudio

Con la depuración inicial de los 33 casos, la distribución quedó de la siguiente manera:

Grupo ocupacional	2025 n (%)	2026 n (%)	Total n (%)
Producción	7 (35.0)	12 (92.3)	19 (57.6)
Soldadura	4 (20.0)	0 (0.0)	4 (12.1)
Servicios	4 (20.0)	0 (0.0)	4 (12.1)
Supervisión	2 (10.0)	0 (0.0)	2 (6.1)
Mantenimiento	2 (10.0)	0 (0.0)	2 (6.1)
Calidad	1 (5.0)	1 (7.7)	2 (6.1)
Total	20 (100)	13 (100)	33 (100)

Nota. Los puestos de trabajo se agruparon de acuerdo con la similitud de las actividades desempeñadas para facilitar el análisis comparativo entre ambos periodos.

Al clasificar los casos de enfermedad profesional de acuerdo con el grupo ocupacional, se observó un predominio de trabajadores pertenecientes al área de **Producción**, que concentró 19 de los 33 casos analizados (57.6 %). Durante el periodo enero-julio de 2025, los casos se distribuyeron entre seis grupos ocupacionales, destacando Producción (35.0 %), Soldadura (20.0 %) y Servicios (20.0 %). En contraste, durante enero-julio de 2026 se observó una mayor concentración de casos en el grupo de Producción, que representó el 92.3 % de los registros, mientras que únicamente se documentó un caso correspondiente al área de Calidad (7.7 %). Estos hallazgos evidencian una modificación en la distribución ocupacional de los casos registrados entre ambos periodos, con una mayor concentración de enfermedades profesionales en trabajadores dedicados a actividades productivas. Respecto a los diagnósticos específicos de enfermedad profesional, el **síndrome del túnel carpiano** fue el diagnóstico más frecuente durante los dos periodos analizados, con **8 casos (24.2 %)** del total de los registros. Le siguieron los **trastornos de disco vertebral** y el **síndrome del manguito rotador**, ambos con **7 casos (21.2 %)**. Asimismo, se identificaron **4 casos (12.1 %)** de **dedo en gatillo** y **4 casos (12.1 %)** de **tenosinovitis de De Quervain**. En menor proporción se registraron casos de **hipoacusia neurosensorial bilateral**, **gonartrosis** y **epicondilitis lateral**, con un caso cada uno (3.0 %). La distribución completa de los diagnósticos específicos se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4.

Distribución de los diagnósticos de enfermedad profesional.

Diagnóstico	Total n	%
Síndrome del túnel carpiano	8	24.2
Trastornos de disco vertebral	7	21.2
Síndrome del manguito rotador	7	21.2
Dedo en gatillo	4	12.1
Tenosinovitis de De Quervain	4	12.1
Hipoacusia neurosensorial bilateral	1	3.0
Gonartrosis	1	3.0
Epicondilitis lateral	1	3.0
Total	33	100

Nota: Desarrollo del autor

Respecto a los diagnósticos específicos, el síndrome del túnel carpiano fue la enfermedad profesional más frecuente, al representar el 24.2 % del total de los casos analizados. Le siguieron los trastornos de disco vertebral y el síndrome del manguito rotador, ambos con una frecuencia del 21.2 %. En menor proporción se identificaron casos de dedo en gatillo y tenosinovitis de De Quervain, que representaron el 12.1 % cada uno. Finalmente, la hipoacusia neurosensorial bilateral, la gonartrosis y la epicondilitis lateral se presentaron únicamente en un caso cada una (3.0 %), lo que refleja una menor frecuencia dentro de la población estudiada.

Al agrupar los diagnósticos según la región anatómica afectada, se observó que las enfermedades de mano y muñeca representaron el grupo más frecuente durante ambos periodos. En ambos periodos predominó el grupo correspondiente a **mano y muñeca**, con **16 casos (48.5 %)** del total de enfermedades profesionales registradas. Durante 2025, los **trastornos de columna** representaron el segundo grupo diagnóstico más frecuente (**35.0 %**), mientras que en 2026 se observó un incremento de las enfermedades relacionadas con el **hombro**, que alcanzaron el **38.5 %** de los casos registrados durante ese periodo. La distribución completa de los grupos diagnósticos se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5

Distribución De Las Enfermedades Profesionales Por Region Anatomica Afectada Según El Periodo De Estudio

Grupo diagnóstico	2025 n (%)	2026 n (%)	Total n (%)
Mano y muñeca	9 (45.0)	7 (53.8)	16 (48.5)
Columna	7 (35.0)	0 (0.0)	7 (21.2)
Hombro	1 (5.0)	5 (38.5)	6 (18.2)
Codo	1 (5.0)	0 (0.0)	1 (3.0)
Rodilla	1 (5.0)	0 (0.0)	1 (3.0)
Auditivas	1 (5.0)	0 (0.0)	1 (3.0)
Otros	0 (0.0)	1 (7.7)	1 (3.0)
Total	20 (100)	13 (100)	33 (100)

Nota. Los diagnósticos fueron agrupados de acuerdo con la región anatómica afectada para facilitar el análisis comparativo.

Con el propósito de comparar la distribución de las enfermedades profesionales según el grupo ocupacional entre ambos periodos de estudio, se realizó un análisis inferencial de las frecuencias observadas en cada categoría ocupacional. Los resultados evidenciaron una modificación en la distribución de los casos entre los periodos analizados, con una mayor concentración de enfermedades profesionales en trabajadores del grupo ocupacional de **Producción** durante enero-julio de 2026, en comparación con la distribución observada durante el mismo periodo de 2025. El

análisis mediante la prueba de chi cuadrada de Pearson mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos periodos (Tabla 6).

Tabla 6

Análisis comparativo de la distribución de las enfermedades profesionales según el grupo ocupacional entre los periodos de estudio

Variable	χ^2	gl	Valor de p
Grupo ocupacional	12.39	5	0.030

Nota. Se aplicó la prueba de chi cuadrada de Pearson para comparar la distribución de los grupos ocupacionales entre los periodos enero-julio de 2025 y enero-julio de 2026.

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas en la distribución de las enfermedades profesionales entre los grupos ocupacionales de los dos periodos evaluados ($\chi^2 = 12.39$; $gl = 5$; $p = 0.030$). En particular, durante enero-julio de 2026 se observó una mayor proporción de casos en trabajadores del área de **Producción**, mientras que en enero-julio de 2025 la distribución fue más heterogénea entre los diferentes grupos ocupacionales. Estos resultados sugieren una modificación en el patrón de presentación de las enfermedades profesionales según el grupo ocupacional durante los periodos analizados.

DISCUSIÓN

El presente estudio comparó la distribución de las enfermedades profesionales diagnosticadas mediante formato ST-9 durante los periodos enero-julio de 2025 y enero-julio de 2026 en trabajadores atendidos en una Unidad de Medicina Familiar. Los resultados evidenciaron una modificación en la distribución de los casos según el grupo ocupacional, observándose una mayor concentración de enfermedades profesionales en trabajadores del área de Producción durante 2026. Asimismo, el síndrome del túnel carpiano constituyó el diagnóstico más frecuente en ambos periodos, seguido por los trastornos de disco vertebral y el síndrome del manguito rotador. En conjunto, estos hallazgos reflejan el predominio de enfermedades musculoesqueléticas relacionadas con la exposición a factores de riesgo ergonómicos presentes en diversos entornos laborales.

El predominio de los trastornos musculoesqueléticos observado en este estudio coincide con la evidencia internacional, que reconoce a estas patologías como la principal causa de enfermedad profesional en trabajadores expuestos a movimientos repetitivos, manipulación manual de cargas, posturas forzadas y esfuerzos físicos sostenidos. Gregg et al. (2024), en una revisión sistemática con metaanálisis, concluyeron que las lesiones de mano, muñeca, hombro y columna representan la mayor carga de enfermedad ocupacional a nivel mundial. De manera similar, Hulshof et al. (2021),

como parte de las estimaciones conjuntas de la Organización Mundial de la Salud y la Organización Internacional del Trabajo, identificaron que la exposición a factores de riesgo ergonómicos constituye uno de los principales determinantes de los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo, especialmente en actividades industriales y manufactureras.

En nuestro estudio, el síndrome del túnel carpiano fue el diagnóstico más frecuente, seguido por los trastornos de disco vertebral y el síndrome del manguito rotador. Estos resultados son congruentes con los reportados por Crizol et al. (2024), quienes documentaron una elevada prevalencia de trastornos musculoesqueléticos en trabajadores portuarios expuestos a actividades de manipulación manual de cargas y movimientos repetitivos. Asimismo, Mendoza-Pinto et al. (2024) señalaron que la repetitividad de las tareas, las posturas inadecuadas y la sobrecarga biomecánica constituyen los principales factores ergonómicos asociados con el desarrollo de estas enfermedades, independientemente del sector productivo.

Otro hallazgo relevante fue la mayor concentración de casos en trabajadores del grupo ocupacional de Producción durante el periodo 2026. Este comportamiento puede estar relacionado con las características propias de las actividades desarrolladas en este tipo de puestos, donde la repetición de movimientos, el uso continuo de miembros superiores, la manipulación manual de materiales y las exigencias físicas favorecen la aparición de trastornos musculoesqueléticos. En este sentido, el estudio de López Alvarado y Martínez Santiago (2026) demostró que la exposición prolongada a factores ergonómicos inadecuados incrementa significativamente la frecuencia de síntomas musculoesqueléticos incluso en trabajadores con funciones predominantemente administrativas, lo que pone de manifiesto que estos factores de riesgo no son exclusivos de actividades industriales, aunque su impacto suele ser mayor en puestos con alta demanda física.

Además de los factores ergonómicos, diversos autores han señalado que los factores psicosociales relacionados con el trabajo también influyen en el desarrollo y la persistencia de los trastornos musculoesqueléticos. Bezzina et al. (2023), en una revisión sistemática de estudios longitudinales, encontraron una asociación consistente entre elevadas demandas laborales, bajo control sobre el trabajo, escaso apoyo organizacional y un mayor riesgo de desarrollar este tipo de enfermedades.

Aunque el presente estudio no evaluó estas variables, su posible participación debe considerarse al interpretar los resultados, ya que la aparición de enfermedades profesionales suele responder a una interacción compleja entre factores biomecánicos, organizacionales y psicosociales.

Los hallazgos obtenidos tienen implicaciones relevantes para la práctica de la medicina del trabajo y la vigilancia epidemiológica. La mayor frecuencia de enfermedades musculoesqueléticas en trabajadores del área de Producción pone de manifiesto la necesidad de fortalecer las estrategias preventivas dirigidas a la identificación temprana de factores de riesgo ergonómicos, el rediseño de los puestos de trabajo, la implementación de programas de ergonomía participativa y la capacitación

continua de los trabajadores. La evidencia disponible indica que este tipo de intervenciones contribuye a disminuir la incidencia de trastornos musculoesqueléticos y a mejorar la capacidad funcional de los trabajadores expuestos (Santos et al. (2025).

Fortalezas y limitaciones

Entre las fortalezas del presente estudio destaca el análisis de casos con dictamen de enfermedad profesional confirmado mediante formato ST-9, lo que permitió trabajar con diagnósticos formalmente reconocidos y reducir el riesgo de errores de clasificación. Asimismo, la comparación de dos periodos consecutivos permitió identificar cambios en la distribución de las enfermedades profesionales según el grupo ocupacional.

Como limitaciones, el estudio incluyó un número reducido de casos provenientes de una sola Unidad de Medicina Familiar, lo que limita la generalización de los resultados a otras poblaciones trabajadoras. Además, no fue posible evaluar variables relacionadas con la intensidad de la exposición ergonómica, los factores psicosociales, la antigüedad laboral ni las características específicas de cada puesto de trabajo, las cuales podrían influir en la aparición de enfermedades profesionales. Finalmente, algunas categorías ocupacionales presentaron frecuencias bajas, por lo que los resultados del análisis inferencial deben interpretarse con cautela.

CONCLUSIÓN

El presente estudio evidenció que las enfermedades musculoesqueléticas constituyeron la principal causa de enfermedad profesional en los trabajadores analizados durante los periodos enero-julio de 2025 y enero-julio de 2026, siendo el síndrome del túnel carpiano, los trastornos de disco vertebral y el síndrome del manguito rotador los diagnósticos más frecuentes. Asimismo, se observó una mayor concentración de casos en trabajadores del área de Producción durante el segundo periodo de estudio, lo que pone de manifiesto la influencia de los factores de riesgo ergonómicos asociados a las características de estos puestos de trabajo. Estos resultados aportan evidencia útil para orientar la vigilancia epidemiológica y fortalecer las estrategias preventivas en los centros de trabajo, contribuyendo a la protección de la salud de la población trabajadora y al desarrollo de programas de intervención basados en evidencia.

REFERENCIAS

- Bezzina, A., Austin, E., Nguyen, H., & James, C. (2023). Workplace psychosocial factors and their association with musculoskeletal disorders: A systematic review of longitudinal studies. *Workplace Health & Safety*, 71(12), 578–588. <https://doi.org/10.1177/21650799231193578>
- Crizol, G. R., Sá, K. M. M., et al. (2024). Work-related musculoskeletal disorders in dockworkers: Systematic review and meta-analysis. *Work*, 79(2). <https://doi.org/10.3233/WOR-2306>

- Greggi, C., Visconti, V. V., Albanese, M., Gasperini, B., Chiavoghilefu, A., Prezioso, C., Persechino, B., Iavicoli, S., Gasbarra, E., Iundusi, R., & Tarantino, U. (2024). Work-related musculoskeletal disorders: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 13(13), 3964. <https://doi.org/10.3390/jcm13133964>
- Hulshof, C. T. J., Pega, F., Neupane, S., van der Molen, H. F., Colosio, C., Daams, J. G., Descatha, A., Kc, P., Kuijer, P. P. F. M., Mandic-Rajcevic, S., Masci, F., Morgan, R. L., Nygård, C. H., Oakman, J., Proper, K. I., Solovieva, S., & Frings-Dresen, M. H. W. (2021). The prevalence of occupational exposure to ergonomic risk factors: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *Environment International*, 146, 106157. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106157>
- López Alvarado, C., & Martínez Santiago, G. (2026). Ergonomía y salud musculoesquelética en médicos con funciones administrativas de un hospital en México. *Revista Red de Investigación en Salud en el Trabajo*, 9(16).
- Mendoza-Pinto, M., Hernández-Corona, D., Colunga-Rodríguez, C., & Preciado-Serrano, M. (2024). Relación entre factores de riesgo ergonómicos y trastornos musculoesqueléticos en el personal operativo: Revisión sistemática. *Revista Red de Investigación en Salud en el Trabajo*, 7(13), 61-67.
- Santos, W., Rojas, C., Isidoro, R., Lorente, A., Dias, A., Mariscal, G., Benlloch, M., & Lorente, R. (2025). Efficacy of ergonomic interventions on work-related musculoskeletal pain: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 14(9), 3034. <https://doi.org/10.3390/jcm14093034>
- Velázquez-Narváez, Y., Ruiz-Ramos, L., Martínez-Treviño, M. G., & Monreal-Aranda, O. (2024). Caracterización de los riesgos laborales en trabajadores afiliados al Instituto Mexicano del Seguro Social. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*.

Rentabilidad en la era sintética: Modelo de Sinergia Híbrida como catalizador del ecosistema comercial, GEO y ventaja competitiva

Profitability in the Synthetic Era: The Hybrid Sinergia Model as a Catalyst for the Commercial Ecosystem, GEO, and Competitive Advantage

Dr. Er Navas Maldonado

Docente de Asignatura A, Universidad Autónoma del Estado de México

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4590-4187>

ernavas@gmail.com

Dr. Filiberto Enrique Valdés Medina

PTC, Universidad Autónoma del Estado de México

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1424-1465>

fevaldesm@uaemex.mx

Dra. Midiam Mariana Maldonado Martínez

PTC, Universidad Autónoma del Estado de México

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5742-6681>

mmmaldonadom@uaemex.mx

RESUMEN

¿A quién debe convencer hoy una pieza de contenido? ¿Al público humano, o al modelo de lenguaje que decide si el humano llega a verla? ¿Qué distingue a una marca que sobrevive la saturación de contenido sintético de una que se disuelve en ella? Las preguntas no son retóricas; Cada tecnología que abarató la producción de contenido -impresión, radio, internet- desencadenó la misma secuencia: Abundancia, Saturación y una nueva escasez, esta vez de Confianza; La inteligencia artificial generativa repite el patrón a escala sin precedentes. Pophal (2026) lo llama "AI Slop"; La competitividad en marketing digital se desplaza así de la producción al reconocimiento; Ya no es suficiente con generar contenido; se debe poseer autoridad epistémica ante los sistemas de IA generativa, no solo ante el consumidor humano. Este artículo propone el *Modelo de Sinergia Híbrida* (HSM), un marco tridimensional -Humano, Analítico y Ético-contextual- derivado de una síntesis integrativa sistemática de 16 estudios empíricos (2025-2026), con codificación inter-jueces validada (κ de Cohen=0.87); Los resultados muestran que la interacción sistematizada de las tres dimensiones

genera efectos multiplicativos sobre la rentabilidad, distintos de los que produce la IA independientemente; La tecnología de IA es ya un *commodity* de infraestructura; la ventaja competitiva sostenible reside hoy en la gobernanza deliberada de su integración con el criterio humano; El HSM posiciona la *Generative Engine Optimization* (GEO) como su dimensión estratégica de frontera, en línea con la *Service-Dominant Logic* (Vargo & Lusch, 2004, 2008) y con la teoría de Capacidades Dinámicas (Teece et al., 1997).

Palabras clave: Inteligencia artificial; Marketing; Ética de la tecnología; Medios sociales; Comercio electrónico; Consumidor.

ABSTRACT

Who should a piece of content convince today? The human audience, or the language model that decides whether humans even see it? What separates a brand that survives the saturation of synthetic content from one that dissolves into it? The questions are not rhetorical. Every technology that cheapened content production -the printing press, radio, the internet- triggered the same sequence: abundance, saturation, and a new scarcity, this time of trust. Generative artificial intelligence repeats the pattern at unprecedented scale. Pophal (2026) calls the result "*AI Slop*," and in doing so names a deeper shift; The axis of competitiveness in digital marketing is moving from production to recognition. Producing content is no longer enough; organizations must hold epistemic authority before generative AI systems, not only before the human consumer. This article proposes the *Hybrid SynergIA Model* (HSM), a three-dimensional framework -human, AI-analytical, and ethical-contextual- derived from a systematic integrative synthesis of 16 empirical studies (2025-2026), with validated inter-rater coding (Cohen's $\kappa = 0.87$). The results show that coordinated interaction among the HSM's three dimensions generates multiplicative effects on organizational profitability, distinct from those produced by AI operating alone: there, short-term gains in volume coexist with eroding trust and rising brand abandonment. AI technology is already an infrastructure commodity; sustainable competitive advantage now resides in the deliberate governance of its integration with human judgment. The HSM positions Generative Engine Optimization (GEO) as its strategic frontier dimension, in line with Service-Dominant Logic (Vargo & Lusch, 2004, 2008) and Dynamic Capabilities theory (Teece et al., 1997).

Keywords: Artificial intelligence; Marketing; Ethics of technology; social media; Electronic commerce; Consumer.

INTRODUCCIÓN

El Problema: De la Abundancia Sintética a la Escasez Epistémica

La historia de la tecnología y los mercados se repite con una incómoda regularidad; La imprenta abarató la palabra impresa y trajo consigo, en la misma medida, tanto la Ilustración como el panfleto difamatorio; La radio y la televisión democratizaron después el alcance publicitario, y con él la propaganda a las masas. Hacia mediados de la década de 2020 le tocó el turno a la inteligencia artificial, que repitió el patrón en el marketing digital democratizando la producción de contenido hasta el punto de erosionar la misma ventaja competitiva que antes confería; cualquier empresa, sin importar su tamaño, pudo generar en segundos lo que antes exigía semanas y equipos especializados, las consecuencias no tardaron en manifestarse, ni fueron, por cierto, las que la retórica optimista de la industria había anticipado (Venith Vijay et al., 2025; Wang & Yu, 2025; Sahut & Laroche, 2025).

Pophal (2026) bautizó ese colapso con precisión: "*AI Slop*". El término designa la saturación masiva de contenido sintético de baja densidad epistémica, y su utilidad está en que explica un mecanismo que de otro modo parecería paradójico; Cuando todos producen con las mismas herramientas y a la misma escala, el resultado no es una elevación general del nivel, sino una erosión colectiva del valor; Tres consecuencias de ese mecanismo aparecen de forma consistente en el corpus revisado: 1. *Fatiga cognitiva ante mensajes indiferenciados*, esto de acuerdo a lo expuesto por Mehmood et al. (2026), 2. *Deterioro de la confianza en marcas percibidas como productoras de contenido genérico* (Kumar et al., 2025; Beyari & Hashem, 2025), y 3. *Señal de valor auténtico cada vez más difícil de distinguir bajo el ruido sintético*.

El problema central de este trabajo puede enunciarse así: *La rentabilidad organizacional ya no se explica por el volumen ni la velocidad de producción. El diferenciador emergente es otro -la autoridad epistémica-*, es decir, la capacidad de una organización para ser reconocida, ponderada y recuperada por los grandes modelos de lenguaje generativos como fuente confiable, pertinente y de alta densidad informativa, lo anterior en línea con Pophal (2026) la consecuencia es inmediata y medible; Con una fracción creciente de las consultas de información resolviéndose hoy en interfaces conversacionales de IA en lugar de motores de búsqueda clásicos, ser "*Epistémicamente Citable*" se ha convertido en el activo intangible que separa el crecimiento sostenible de la irrelevancia progresiva; El volumen no dejó de importar pero dejó de ser, por sí mismo la fuente de diferenciación principal.

Marco Teórico

El HSM se construye sobre tres tradiciones teóricas, tomadas en conjunto, describen la misma realidad desde ángulos que no siempre resultan cómodos entre sí; Esa incomodidad, más que un defecto a resolver, es el punto de partida del modelo.

La *Service-Dominant Logic* (SDL) formulada por Vargo y Lusch (2004, 2008) aporta el anclaje central; Su tesis original sostiene que el valor emerge de la co-creación entre actores, no de los productos o servicios en sí mismos, y encuentra en el marketing intervenido por IA su laboratorio más exigente;

Los sistemas algorítmicos intervienen ahora como agentes co-creadores que amplifican o atenúan la densidad de valor según cómo se integren con las capacidades humanas (Oleksiuk, 2025; Sahut & Laroche, 2025; Kapoor et al., 2026). Aquí aparece el primer estresor, la SDL explica bien qué es el valor co-creado, pero dice poco sobre los mecanismos que sostienen esa co-creación cuando el entorno cambia a la velocidad que impone la IA generativa; La teoría no se equivoca; simplemente fue formulada antes de que el problema realmente existiera.

La teoría de Capacidades Dinámicas, propuesta por Teece et al. (1997) llena exactamente ese vacío que dejó la SDL; Su argumento central es que la ventaja competitiva duradera no reside en recursos estáticos, sino en la capacidad organizacional para detectar oportunidades, capturar valor y reconfiguración de sus activos; Lo que resulta directamente aplicable en la era sintética; Gobernar la integración entre agentes humanos y algorítmicos es, en este marco y esencialmente, la capacidad dinámica por excelencia del ecosistema digital contemporáneo (Venith Vijay et al., 2025; Wang & Yu, 2025); El estresante queda así acotado, pero no disuelto; La SDL define el objetivo: co-creación de valor; Las Capacidades Dinámicas explican el mecanismo de gobernanza adaptativa.

Las finanzas conductuales y la psicología cognitiva del consumidor explican algo que ni la SDL ni las Capacidades Dinámicas explican por sí mismas; Por qué las implementaciones técnicamente impecables fracasan comercialmente; El *AI Slop* sobrecarga el sistema de procesamiento rápido del consumidor y genera, a cambio, respuestas de evitación que se traducen rápidamente en caídas del *engagement* y conversión (Mehmood et al., 2026; Kumar et al., 2025); La confianza -que es una variable mediadora central en este campo- no emerge espontáneamente de la adecuación o personalización, es una construcción activa que depende de la percepción de autenticidad y de la consistencia ética percibida (Nunes et al., 2025; Beyari & Hashem, 2025).

La teoría prospectiva edificada por Kahneman y Tversky (1979) estableció que las pérdidas percibidas pesan sistemáticamente más que las ganancias equivalentes, y aplicada aquí esa asimetría predice algo contraintuitivo, el *AI Slop* debería erosionar la confianza más rápido de lo que cualquier campaña de personalización exitosa logra restituirla en el mismo plazo temporal, sencillamente porque perder confianza se siente -y se pondera- distinto de ganarla; Kahneman (2011) precisó además el mecanismo cognitivo relacionado un *Sistema 1* rápido y heurístico cohabita con un *Sistema 2* lento y deliberativo, y es este último el que la saturación de contenido sintético agota con sobresaturación, forzando evaluaciones basadas en atajos que la desconfianza acumulada explota en su contra; De ahí surge la Dimensión Ético-Contextual del HSM: No es una concesión normativa que suena bien en un informe de sostenibilidad es por el contrario un requisito conductual con consecuencias directas sobre la cuenta de resultados financieros.

De lo anterior la GEO emerge importantemente, proveniente de la confluencia como campo estratégico de frontera, esto alineado con la literatura sobre simbiosis humano-IA (Harun et al., 2025;

Pilelienė & Bogoyavlenska, 2025), netnografía (Calanchez Urribarril et al., 2025) y gamificación en marketing (Kapoor et al., 2026; Oliveira & Lima, 2025).

Este trabajo busca un doble propósito; **1.** Ofrecer el HSM como herramienta predictiva y prescriptiva que convierte la gestión de la sinergia humano-IA en una capacidad dinámica mensurable; y **2.** Contribuir al desarrollo teórico de la GEO como disciplina emergente con implicaciones prácticas directas para la rentabilidad organizacional.

METODOLOGÍA

Tipo de Estudio

La investigación adoptó el diseño de síntesis integrativa sistemática de convergencia (*Systematic Integrative Convergence Synthesis -SICS-*), un enfoque muy apropiado cuando el objetivo es construir conocimiento teórico de mayor orden, sobre la base de un corpus homogéneo y temporalmente delimitado, sin exigir la homogeneidad estadística que impone el meta-análisis como lo definieron Lincoln y Guba (1985); La lógica del diseño es inductivo-abductiva, pues parte de hallazgos empíricos parciales para derivar proposiciones de alcance mayor que den coherencia a los patrones observados; esto es, no buscamos promediar resultados dispares, sino la estructura común que los explica.

Alcance y Diseño

El corpus de origen comprende 16 documentos, citados en la sección de Referencias, los cuales reportan hallazgos empíricos sobre IA y marketing, publicados entre 2025 y 2026, y centrados en la aplicación de IA al marketing digital y en la rentabilidad organizacional; A ellos se sumaron siete bases teórico-metodológicas de alcance atemporal -Davis (1989); Kahneman y Tversky (1979); Kahneman (2011); Lincoln y Guba (1985); Teece et al. (1997); Vargo y Lusch (2004, 2008); incorporadas únicamente, para anclar conceptualmente la discusión y el diseño, no para ampliar el corpus empírico analizado- No se incorporó literatura empírica adicional a la delimitada y referenciada, decisión que confiere al análisis unidad epistemológica e implica una limitación de generalización discutida en las Conclusiones. El corpus fue delimitado por cuatro criterios de elegibilidad aplicados de manera análoga: **(a)** publicación entre 2025 y 2026; **(b)** abordaje explícito de la intersección entre inteligencia artificial y alguna dimensión del marketing digital o la rentabilidad organizacional; **(c)** carácter empírico, conceptual o de revisión bibliométrica con respaldo editorial verificable, y **(d)** disponibilidad de referencia bibliográfica completa; para dar paso al diseño en 4 fases: *Fase 1.* Extracción estructurada; Se construyó una matriz estandarizada de análisis para los 16 artículos -tipo de estudio, objetivos, variables, metodología, hallazgos, limitaciones y agenda futura-, registrada en una hoja de cálculo estructurada, herramienta suficiente para un corpus de este tamaño (n = 16); *Fase 2.* Codificación temática; Codificación abierta y axial en dos rondas, más de un tercio del corpus

(37.5%; n = 6) fue codificado independientemente por dos codificadores; κ de Cohen = 0.87, acuerdo casi perfecto ($\kappa > 0.80$; Lincoln & Guba, 1985). Las divergencias se resolvieron por consenso; *Fase 3*. Análisis de convergencia; Las categorías emergentes se organizaron en una matriz cruzada; Solo se reconocieron como ejes sólidos los respaldados por evidencia de al menos cuatro fuentes independientes; y *Fase 4*. Construcción del modelo; Las proposiciones se derivaron por razonamiento inductivo-abductivo, trianguladas con al menos tres estudios cada una y refinadas en tres rondas, bajo los criterios de *trustworthiness* de Lincoln y Guba (1985) credibilidad, transferibilidad, dependabilidad y confirmabilidad.

Objetivos

Objetivo General: Constituir el HSM como marco predictivo y prescriptivo que explique la rentabilidad organizacional mediante la sinergia estratégica entre capacidades humanas, algorítmicas y de gobernanza ética en el ecosistema del marketing.

Los Objetivos Específicos son:

- (a) Identificar los ejes de convergencia temática en la literatura 2025-2026 sobre IA en marketing digital.
- (b) Especificar las dimensiones del HSM y sus relaciones sinérgicas.
- (c) Derivar proposiciones teóricas verificables sobre la relación entre sinergia humano-IA y rentabilidad.
- (d) Posicionar la GEO como dimensión estratégica del HSM con implicaciones prácticas para la gestión de la autoridad epistémica.

Preguntas de Investigación:

P1: ¿Cuáles son los ejes de convergencia más consistentes en la literatura reciente (2025-2026) sobre IA en marketing digital?

P2: ¿De qué manera la interacción de las tres dimensiones del HSM produce efectos multiplicativos -cualitativamente distintos de los aditivos- sobre la rentabilidad organizacional?

P3: ¿Cómo puede el HSM operacionalizar la GEO como mecanismo de ventaja competitiva sostenible en el ecosistema de la era sintética?

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ejes de Convergencia

El análisis sistemático identificó cinco ejes que cumplen el umbral de convergencia (≥ 4 fuentes independientes), presentados aquí en el orden de su respaldo evidencial, y no en el de su importancia jerárquica.

Eje 1: *Sinergia humano-IA como condición de éxito, no como variable auxiliar, algo en lo que siete estudios convergen con una claridad que pocos aspectos del corpus igualan* (Oleksiuk, 2025; Sahut &

Laroche, 2025; Kapoor et al., 2026; Wang & Yu, 2025; Harun et al., 2025; Venith Vijay et al., 2025; Ash Shiddieqy & Widarmanti, 2025); La conclusión no es que la IA ayude, es que, sin contrapeso humano, produce rendimientos decrecientes y deterioro de la confianza a medio plazo; Como lo expuso Oleksiuk(2025) con nueve casos trans-industriales, lo muestra con transparencia, las campañas de automatización total presentan errores sistemáticos de contextualización cultural; Alineado a ello Sahut y Laroche(2025), en *Computers in Human Behavior*, formalizan el mismo resultado desde otro ángulo, donde las ganancias sostenidas en experiencia del cliente se asocian a integración equilibrada, no a sustitución del criterio humano.

Eje 2: *Personalización como conductor del engagement*, con una advertencia metodológica que conviene anticipar, porque seis estudios documentan el vínculo entre personalización impulsada por IA y resultados comerciales positivos(Wang & Yu, 2025; Venith Vijay et al., 2025; Ash Shiddieqy & Widarmanti, 2025; Beyari & Hashem, 2025; Mehmood et al., 2026; Loza & Romaní, 2026); +35% en desempeño de mercado, +25% en retención, -40% en tiempo de procesamiento y +30% en precisión de datos, esto según Venith Vijay et al.(2025). La muestra, sin embargo, es de apenas cinco empresas en el contexto indio, lo que limita su extrapolabilidad y obliga a leer esas cifras con mucha cautela;En la misma directriz Wang y Yu (2025)y Beyari y Hashem(2025) -con 893 consumidores y diseño experimental- abordaron la misma dirección, lo que ayuda a consolidar el patrón, aunque no lo resuelve por completo; Con claridad Mehmood et al.(2026) y Loza y Romaní (2026)ajustan, además, que el efecto está condicionado por la confianza previa del consumidor; Eso conecta directamente con el eje 3.

Eje 3: *Riesgos éticos y de confianza* -el eje más representado y, paradójicamente, el menos teorizado de todos-. Cinco estudios abordan explícitamente los desafíos éticos de la adopción de IA en marketing(Pophal, 2026; Kumar et al., 2025; Beyari & Hashem, 2025; Nunes et al., 2025; Calanchez Urribarril et al., 2025); *AI Slop* como inductor de fatiga epistémica, vulneraciones de privacidad en la hiperpersonalización, y erosión de la autenticidad percibida; Primordialmente se trata a la ética como sección de advertencia, no como variable central; Lo explorado por Nunes et al. (2025)aluzan la excepción, su modelización por ecuaciones estructurales demuestra que el *engagement* opera simultáneamente como mediador y moderador entre calidad relacional y lealtad, con una implicación inmediata -gestionar el engagement exige dos palancas distintas, no una sola-;Lo estudiado por Kumar et al. (2025) aun va más lejos, identifican la fisura ética como el riesgo más subestimado en la adopción empresarial de IA e invocan a marcos de gobernanza que la eleven a variable estratégica real, llamado que el HSM acopia en su Dimensión Ético-Contextual.

Eje 4: *Redes sociales e influencers como ecosistema de aplicación preponderante*, con seis de los dieciséis estudios del corpus situando a la sinergia humano-IA en su expresión más intensa(Pileliené & Bogoyavlenska, 2025; Kapoor et al., 2026; Beyari & Hashem, 2025; Kumar et al., 2025; Mehmood et

al., 2026; Loza & Romaní, 2026), Kapoor et al. (2026); Los mensajes *gamificados* generan mayor *engagement* que los de texto tradicional, con la experiencia de flujo como mecanismo mediador, Pilelienė y Bogoyavlenska (2025) confirman, desde una revisión bibliométrica y con una reflexión distinta, que el campo transita de un rol operativo de la IA hacia uno estratégico; Es exactamente el tipo de marco que el HSM busca proporcionar.

Eje 5: *Modelos híbridos y herramientas emergentes como requisito de adaptación*; Cuatro estudios sostienen que las organizaciones con mayor resiliencia competitiva incorporan metodologías cualitativas emergentes junto a sus capacidades analíticas (Sahut & Laroche, 2025; Venith Vijay et al., 2025; Oliveira & Lima, 2025; Calanchez Urribarril et al., 2025); La netnografía digital destaca entre ellas, emerge como técnica complementaria competente de capturar señales de valor en comunidades virtuales que escapan a los modelos cuantitativos convencionales, allí donde la encuesta y el experimento llegan tarde o no llegan nunca; Los estudios de Oliveira y Lima (2025), validan además, una herramienta gamificada para la formación en marketing con IA cuya lógica es transmisible a la gestión del cambio organizacional.

Tabla 1

Matriz de Convergencia de los Cinco Ejes del HSM

Eje de Convergencia	N.º Estudios	Evidencia Representativa	Impacto en Rentabilidad
Sinergia humano-IA	7	Mejora operativa + preservación de autenticidad (Oleksiuk, 2025; Sahut & Laroche, 2025)	ROI sostenido y margen operativo
Personalización - Engagement	6	+35% desempeño de mercado; +25% retención; mejora de CTR y CLV (Venith Vijay et al., 2025)*	Incremento de ingresos y <i>Lifetime Value</i>
Desafíos éticos y confianza	5	AI Slop, privacidad, erosión de autenticidad (Kumar et al., 2025; Nunes et al., 2025)	Reducción de <i>churn</i> y costos de adquisición
Social media e influencers	6	Gamificación y analítica estratégica (Kapoor et al., 2026; Pilelienė & Bogoyavlenska, 2025)	Viralidad, conversión y co-creación

Modelos híbridos y herramientas emergentes	4	Netnografía + gamificación + enfoques mixtos (Calanchez Urribarril et al., 2025)	Eficiencia operativa + diferenciación
---	---	--	---------------------------------------

Nota 1: * n = 5 empresas; alcance exploratorio, no generalizable sin replicación. Nota 2: Tabla de elaboración propia.

Arquitectura del Modelo de Sinergia Híbrida (HSM)

El HSM emerge de la síntesis de los cinco ejes descritos con antelación; El modelo articula tres dimensiones interdependientes cuya interacción produce lo que denominamos *sinergia multiplicativa* ($DA \times DH \times DEC > DA + DH + DEC$), es decir, un rendimiento de la integración coordinada que tiene efecto cualitativamente superior a la suma de los aportes dimensionales individuales.

Dimensión Analítica (DA): Capacidades algorítmicas de análisis predictivo, personalización automática, segmentación dinámica y optimización en tiempo real; No sustituye el criterio humano, lo escala -para bien o para mal- según la acompañen o no las otras dos dimensiones planteadas.

Dimensión Humana (DH): Intuición estratégica, sensibilidad cultural, creatividad narrativa, empatía relacional y juicio ético; Subvalorada hoy en los marcos de adopción de IA, constituye el filtro de calidad epistémica sin el cual la DA produce, casi mecánicamente, el *AI Slop*.

Dimensión Ético-Contextual (DEC): Transparencia, privacidad responsable, equidad y rendición de cuentas; Es la dimensión que construye la confianza del consumidor y que sitúa a la organización como fuente epistémicamente legítima ante los sistemas de recuperación generativa.

Esta lógica multiplicativa encuentra respaldo empírico directo dentro del propio corpus base; Venith Vijay et al. (2025) reportan que las organizaciones que combinan analítica de IA con gobernanza de datos -DA articulada con DEC-; Logran una respuesta ante cambios de mercado un 20% más rápida; Los propios autores vinculan ese hallazgo con las capacidades dinámicas expuestas por Teece et al. (1997), y el vínculo no es casual, es la evidencia más directa disponible de que la integración, y no la operación aislada de cada dimensión; Lo que produce la capacidad dinámica cada vez más relevante en la era sintética.

Proposiciones Teóricas

Proposición 1. La DA ejerce un efecto positivo sobre el *engagement* y la rentabilidad, condicionado en su magnitud al grado de integración con la DH.

Proposición 2. La DEC modera positivamente la relación entre personalización algorítmica y confianza del consumidor; su ausencia reduce el retorno de la personalización con independencia de la calidad técnica de la DA.

Proposición 3. La interacción coordinada $DA \times DH \times DEC$ supera en satisfacción, lealtad y desempeño de mercado a cualquier configuración mono o bidimensional.

Proposición 4. Cuánto más pesa la DH en mercados de alta heterogeneidad cultural, la evidencia disponible sugiere que su peso relativo es mayor que en mercados homogéneos; Las organizaciones globales que no ajustan ese balance incurren en pérdidas de eficacia sistemáticas.

Proposición 5. En *influencer marketing* y *social commerce*, los modelos triples del HSM superan en conversión a las estrategias de automatización pura, con efecto mediador de la experiencia de flujo (cf. Kapoor et al., 2026).

Proposición 6. La netnografía digital y *gamificación*, como instrumentos, facilitan la calibración adaptativa de la sinergia entre dimensiones ante entornos de demanda altamente variable.

El HSM y la GEO: Una Implicación Estratégica de Frontera

¿A quién debe convencer hoy una pieza de contenido? , ¿Al lector humano, o al modelo de lenguaje que decide si ese lector llega a verla?; Esa pregunta, impensable hace apenas una década, es la implicación más novedosa del *Hybrid SynergIA Model* -HSM-; la *Generative Engine Optimization* -GEO-; A diferencia del SEO clásico, fundamentado en autoridad de dominio y señales técnicas, la GEO opera sobre la calidad epistémica del contenido; Su capacidad de ser recuperado por los grandes modelos de lenguaje como referencia confiable es la ventaja real, esto de acuerdo con lo propuesto por Pophal (2026). Una organización que gestiona bien sus tres dimensiones bajo el HSM produce ese tipo de contenido casi como efecto colateral y real; La DA garantiza precisión semántica; La DH aporta la autenticidad que distingue del *AI Slop*; y La DEC provee la consistencia ética que los sistemas de recuperación generativa leen como credibilidad auténtica; La GEO no es, entonces, una técnica adicional al HSM; Es su consecuencia natural (Venith Vijay et al., 2025; Sahut & Laroche, 2025).

Evidencia Cuantitativa y Discusión Integrativa

Tabla 2

Evidencia Cuantitativa

Estudio	Hallazgos Clave	Implicación en Rentabilidad
Venith Vijay et al. (2025)*	+35% desempeño de mercado; +25% retención; -40% tiempo de procesamiento; +30% precisión de datos; +20% velocidad de respuesta al mercado [n = 5 empresas, India]	Mejora en ingresos, eficiencia, CLV y agilidad
Wang & Yu (2025)	IA supera al marketing tradicional en CTR, tasa de recompra, monto de pedido y satisfacción del consumidor [experimento online + encuesta]	Incremento de conversión y lealtad
Mehmood et al. (2026)	Correlación positiva entre analítica de redes sociales y satisfacción en <i>e-commerce</i> ; engagement como variable mediadora	Reducción de CAC y mejora del NPS
Loza & Romaní (2026)	Efecto positivo del social media marketing sobre decisiones de compra y satisfacción en <i>millennials</i> peruanos	Extensión a mercados latinoamericanos
Beyari & Hashem (2025)	IA mejora la experiencia del cliente vía personalización e interacción en tiempo real [n = 893, MENA]	Mayor retención; reducción del <i>churn</i>

Nota 1: * Estadísticas de las fuentes primarias; muestra limitada (n = 5); Deben interpretarse como indicativas, no generalizables. Nota 2: Tabla de elaboración propia.

¿Por qué automatizar más produce, a veces, menos? Hay un patrón de segundo orden que la agregación de estos hallazgos aluza; La no linealidad del efecto de la IA sobre la rentabilidad; Cuando la DA opera de forma preponderante, los beneficios de corto plazo -mayor volumen, menor coste por contenido- coexisten con detrimento de medio plazo en la autenticidad percibida y con aumento del *churn* (Pophal, 2026; Kumar et al., 2025); La curva de retorno de la automatización pura sube rápido y baja igual a misma velocidad; El contraste con la integración tridimensional es notorio; Cuando las tres dimensiones operan de forma coordinada nace un comportamiento de evangelización de marca -recomendación activa, contenido generado por usuarios- que magnifica el alcance y reduce el costo de adquisición de manera autosostenida (Kapoor et al., 2026; Nunes et al., 2025; Loza & Romaní, 2026); Esto es, en esencia, lo que la SDL llamaría co-creación de valor de orden superior; El HSM simplemente le da un mecanismo y una métrica utilizable. La Dimensión Ético-

Contextual se exige en su gestión activa y en requisito de continuidad operativa, no solo de preferencia normativa; Las organizaciones que solo la tratan como costo de cumplimiento base, están descapitalizando, sin darse cuenta, su activo de confianza más potente, mientras que las que la incorporan como dimensión estratégica acumulan un capital relacional que la competencia difícilmente puede replicar en el corto plazo y esto es por demás de alto valor capitalizable.

El presupuesto de marketing revela, mejor que cualquier declaración de intenciones, en qué dimensión cree verdaderamente una organización; El HSM implica que el presupuesto, el diseño organizacional y los tableros de control deben, obligatoriamente, integrar las tres dimensiones, no solo la analítica, porque destinar recursos exclusivamente a licencias de IA sin inversión paralela en criterio humano y gobernanza reproduce el mismo patrón de rendimientos decrecientes; Las estructuras de equipo mixtas o de rotación cruzada ayudan (Sahut & Laroche, 2025; Oleksiuk, 2025); De acuerdo con Nunes et al. (2025) también lo hacen los indicadores de confianza y autenticidad que acompañen, sin remplazar a las métricas de conversión.

Conviene, por último, precisar en qué se distingue el HSM de los marcos afines de los que surge originalmente; El Modelo de Aceptación de Tecnología (Technology Acceptance Model, TAM; Davis, 1989) explica la adopción individual de una tecnología a partir de la utilidad y la facilidad de uso percibidas, el HSM asume esa adopción como dada y explícita -en la era sintética, ya lo está- y pregunta, en cambio, cómo gobernarla para producir rentabilidad financiera, opera un paso después del TAM en la secuencia de decisiones organizacionales; Frente a la SDL y las Capacidades Dinámicas aplicadas de manera aislada, el HSM evita dos riesgos simétricos; Tratar la co-creación de valor como un estado no gobernable, o reducir la reconfiguración de activos a un ejercicio puramente técnico, ajeno al cliente y a su confianza percibida.

CONCLUSIONES

El marketing en general y en específico el digital, no necesitan más argumentos para adoptar inteligencia artificial, necesitan marcos para gobernarla desde una gestión no solo operativa, también de diseño estratégico; En eso consiste, fundamentalmente, la propuesta central de este trabajo y del Modelo de Sinergia IA Híbrida - HSM-.

El análisis sistemático de 16 estudios empíricos publicados entre 2025 y 2026 no solo confirma que la IA mejora los indicadores comerciales cuando se integra adecuadamente; También demuestra que el mecanismo de esa mejora es específico y riguroso; La sinergia entre la Dimensión Analítica, la Humana y la Ético-Contextual no emerge espontáneamente de la adopción tecnológica, nunca lo hace, es el resultado de decisiones estratégicas deliberadas que el HSM articula y prescribe; Las tres preguntas de investigación reciben así una respuesta afirmativa; Los cinco ejes de convergencia son robustos y transversales; El efecto multiplicativo de la sinergia tridimensional supera al de las

configuraciones parciales; Y el HSM traduce ese efecto en autoridad epistémica gestionable a través de la GEO.

Las aportaciones del HSM se aprecian mejor en los problemas que resuelve que en un simple listado de contribuciones o ideales; Para quienes trabajan con la SDL (Vargo & Lusch, 2004, 2008), el HSM concretiza la co-creación de valor, en el contexto de los sistemas algorítmicos; Para quienes piensan en las Capacidades Dinámicas de Teece et al. (1997), identifica cuál es esa capacidad en el ecosistema sintético, gobernar la integración Interdimensional; Y para quienes operan desde las finanzas conductuales (Kahneman & Tversky, 1979; Kahneman, 2011), el HSM explica por qué implementaciones técnicamente impecables fracasan comercialmente, la confianza no es un efecto secundario de la personalización, sino una construcción activa que requiere a la DEC; Las implicaciones prácticas, son directas y accionables de inmediata aplicación; Invertir en la integración de dimensiones es más rentable que invertir en más automatización unidimensional.

Tres limitaciones de este estudio son necesarias de exponer: *Primera*, el corpus cerrado de 16 estudios empíricos ofrece coherencia epistemológica, y circunscribe la generalización únicamente al período analizado; la naturaleza de síntesis integrativa impide, además, calcular medidas formales de heterogeneidad entre estudios de diseño disímil. *Segunda*, el HSM es aún un modelo conceptual; Sus seis proposiciones esperan validación empírica mediante un modelo de ecuaciones estructurales que especifique la DA, la DH y la DEC como variables latentes -medidas, por ejemplo, con escalas ya validadas de personalización percibida, autenticidad de marca y gobernanza de datos-, con la rentabilidad operacionalizada mediante retención, valor de vida del cliente y margen operativo; Dicha validación es la primera tarea de la agenda que este trabajo inaugura. *Tercera*, la geográfica, los mercados de América Latina, África y Asia-Pacífico, dada su heterogeneidad cultural y según la Proposición P4, podrían mostrar los beneficios del modelo con mayor nitidez que los mercados anglosajones de referencia.

Como toda tecnología que antes abarató la palabra, facilitó el contenido y democratizó la distribución; La pregunta no es si el ascenso de contenido sintético seguirá subiendo, lo hará; La pregunta correcta es la relacionada a su optimización y rentabilidad en la era sintética.

Declaración de Datos

Este estudio no generó ni analizó datos primarios; es una síntesis teórica e integrativa de fuentes secundarias publicadas, todas ellas citadas en la lista de referencias.

REFERENCIAS

Ash Shiddieqy, A. Z., & Widarmanti, T. (2025). The influence of artificial intelligence in digital marketing on Generation Z consumer decision making. *Eduvest*, 5(9), 10701-10718. <https://doi.org/10.59188/eduvest.v5i9.51509>

- Beyari, H., & Hashem, T. (2025). The role of artificial intelligence in personalizing social media marketing strategies for enhanced customer experience. *Behavioral Sciences*, 15(5), Article 700. <https://doi.org/10.3390/bs15050700>
- Calanchez Urribarril, Á., Boscán Carroz, M., Chávez Vera, K. J., & Zambrano Verdesoto, G. J. (2025). Netnografía en el marketing digital: un análisis de aplicaciones, retos y técnicas emergentes. *Revista Lasallista de Investigación*, 22(2), 263-279.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Harun, M. F., Al Bakry, N. S., Tazilan, A., Abdullah, Y., & Hashim, M. E. A. H. (2025). Leveraging artificial intelligence in advertising: A systematic literature review. *paperASIA*, 41(5b), 410-424. <https://doi.org/10.59953/paperasia.v41i5b.763>
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Farrar, Straus and Giroux.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 263-291. <https://doi.org/10.2307/1914185>
- Kapoor, P., Balaji, M. S., & Maity, M. (2026). Game on: Enhancing customer engagement through influencers' gamified messages. *Journal of Travel Research*, 65(1), 37-56. <https://doi.org/10.1177/00472875241289565>
- Kumar, S., Malhotra, D., & Kathuria, G. (2025). Artificial intelligence research in social media marketing: A review, synthesis and research avenues. *Journal of Global Marketing*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/08911762.2025.2593340>
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE.
- Loza, R., & Romaní, G. (2026). Social media marketing, purchasing decisions, and consumer satisfaction in Peruvian millennials. *TEC Empresarial*, 20(1), 22-47. <https://doi.org/10.18845/te.v20i1.8393>
- Mehmood, K., Nisar, Q. A., Albishri, N., Agarwal, S., & Tamás, V. (2026). The psychology of online shopping success: Insights on social media analytics and customer feedback. *Acta Psychologica*, 264, Article 106329. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2026.106329>
- Nunes, D. C., Schmidt, S., Crespo, C. F., & Eberle, L. (2025). Moderation and/or mediation? The role of engagement in relationship quality and customer loyalty. *Journal of Relationship Marketing*, 24(2), 148-172. <https://doi.org/10.1080/15332667.2024.2405309>
- Oleksiuk, A. (2025). Artificial intelligence in global marketing campaigns: Between human creativity and algorithmic precision. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 56(12), 56-67. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2025.12.05>

- Oliveira, H. Z., & Lima, H. (2025). AI and marketing: Bridging the gap through a game-based tool among higher education students. *Comunicar*, 33(82), 138-151. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16123256>
- Pilelienė, L., & Bogoyavlenska, Y. (2025). Artificial intelligence in influencer marketing: Current researchscape, trends and insights from a bibliometric review. *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 20(2), 583-611. <https://doi.org/10.24136/eq.3783>
- Pophal, L. (2026). Marketing's age of AI has arrived, now comes the hard part. *Customer Relationship Management*, April, 20-23.
- Sahut, J.-M., & Laroche, M. (2025). Using artificial intelligence (AI) to enhance customer experience and to develop strategic marketing: An integrative synthesis. *Computers in Human Behavior*, 170, Article 108684. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2025.108684>
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z)
- Vargo, S. L., & Lusch, R. F. (2004). Evolving to a new dominant logic for marketing. *Journal of Marketing*, 68(1), 1-17. <https://doi.org/10.1509/jmkg.68.1.1.24036>
- Vargo, S. L., & Lusch, R. F. (2008). Service-dominant logic: Continuing the evolution. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 36(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11747-007-0069-6>
- Venith Vijay, M., Selvaraj, V., Muzhumathi, R., & Sundara BalaMurugan, P. (2025). Leveraging strategic marketing analytics to drive competitive advantage in data-driven markets. *Archives for Technical Sciences*, 17(34), 647-659. <https://doi.org/10.70102/afts.2025.1834.647>
- Wang, J., & Yu, L. (2025). Application and practice of artificial intelligence in marketing strategy. *Discover Artificial Intelligence*, 5(1), Article 103. <https://doi.org/10.1007/s44163-025-00346-1>

Prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en trabajadores del área de cuarto de máquinas del Instituto Mexicano del Seguro Social, Saltillo, Coahuila

Prevalence of noise-induced sensorineural hearing loss among workers in the engine room area of the Mexican Social Security Institute, Saltillo, Coahuila

Rebeca Edith Barajas García

Instituto Mexicano del Seguro Social

Rebeca_barajas@hotmail.com.

Luis Carlos Martínez Reyna

Instituto Mexicano del Seguro Social

Luis.Martinezre@imss.gob.mx

Candelario Hernández Hernández

Instituto Mexicano del Seguro Social

Candelario.hernandez@imss.gob.mx

RESUMEN

Introducción: La pérdida auditiva neurosensorial (SNHL) debido a trauma acústico crónico es la segunda causa principal de enfermedad ocupacional en México. La fuente principal es la exposición al ruido en el lugar de trabajo industrial. La exposición prolongada al ruido puede llevar a un daño auditivo irreversible, según varios estudios. La SNHL es una enfermedad ocupacional ya que muchos trabajadores están expuestos a mucho ruido, especialmente en las industrias manufactureras, en el lugar de trabajo. **Preguntas clave:** ¿Cuál es la prevalencia de la pérdida auditiva neurosensorial en los trabajadores de la sala de máquinas del IMSS Saltillo, Coahuila en 2026? **Materiales y métodos:** cuantitativa, descriptiva, transversal, no experimental y se incluyeron 49 trabajadores de la sala de máquinas en el censo como base para la inclusión en el estudio. **Resultados:** el 61.2% de los trabajadores de la sala de máquinas con más de 5 años de servicio en el puesto tienen daño auditivo relacionado con SNHL de etiología debido a trauma acústico crónico. El estudio demostró que la SNHL era prevalente en los trabajadores expuestos al ruido en el trabajo y hubo evidencia de que cuanto más larga era la exposición después de la exposición crónica, peor era el daño auditivo. Aunque no había audiometría tonal de referencia para comparación, los hallazgos indican que la

identificación temprana de la enfermedad es importante. Todos deberían tener audiometrías de entrada y seguimiento para los trabajadores expuestos al ruido.

Palabras clave: Trauma acústico crónico, pérdida auditiva neurosensorial, enfermedad ocupacional.

ABSTRACT

Introduction: Sensorineural hearing loss (SHL) due to chronic acoustic trauma is the second leading cause of occupational disease in Mexico. The main cause is exposure to industrial noise in the workplace. Several studies have shown that irreversible hearing damage begins after 5 years of exposure. SHL is a significant occupational disease due to the widespread presence of manufacturing industries in the country, with many workers continuously exposed to high levels of occupational noise. Objective: To determine the prevalence of sensorineural hearing loss due to chronic acoustic trauma among engine room workers, in Saltillo, Coahuila 2026. **Materials and methods:** This was a quantitative, descriptive, cross-sectional study with a non-experimental design. A census sample of 49 engine room workers met the established inclusion criteria. Results: 61.2% of engine room workers with five or more years of occupational exposure had hearing loss related to SHL caused by chronic acoustic trauma. **Conclusion:** This study revealed a high prevalence of sensorineural hearing loss (SNHL) in workers exposed to noise at work, suggesting a relationship between the length of time since chronic exposure and hearing damage. Although baseline pure-tone audiometry data were unavailable for comparison, the results highlight the importance of early detection of the condition. Pre-employment audiometry and periodic follow-up are recommended for all workers exposed to noise.

Keywords: Chronic acoustic trauma, sensorineural hearing loss, occupational disease.

INTRODUCCIÓN

La pérdida auditiva inducida por ruido (NIHL, por sus siglas en inglés) se encuentra entre las enfermedades ocupacionales más comunes en todo el mundo y es un riesgo importante para la salud pública debido a su naturaleza irreversible y al impacto que tiene en la comunicación, el rendimiento laboral y la calidad de vida de las personas que sufren algún tipo de pérdida auditiva. La exposición a altos niveles de ruido en el lugar de trabajo es uno de los principales factores de riesgo para desarrollar esta enfermedad (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021; Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional [NIOSH], 2024), especialmente en el sector industrial cuando se trabaja largas horas. La Organización Mundial de la Salud estima que para 2050 más de 2.5 mil millones de personas tendrán algún grado de pérdida auditiva y 700 millones necesitarán servicios de rehabilitación auditiva y coclear.

Esto es resultado del envejecimiento de la población, la exposición al ruido ocupacional y recreativo, así como de sistemas de atención auditiva mal financiados en todo el mundo (OMS, 2021). En México, la pérdida auditiva es una de las enfermedades ocupacionales más comunes reportadas en los registros del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y particularmente en el caso de trabajadores que están expuestos a agentes físicos como el ruido ocupacional (Instituto Mexicano del Seguro Social [IMSS], 2022). En Coahuila, donde hay una alta presencia de actividades industriales y manufactureras, existen trabajos en el campo del mantenimiento y reparación de maquinaria e instrumentos industriales, así como una exposición continua a altos niveles de ruido (Secretaría de Economía de Coahuila, 2025). Por ello, es importante mejorar la vigilancia epidemiológica de los pacientes, la audiometría y la prevención del daño auditivo en individuos expuestos ocupacionalmente.

La NIHL es una pérdida auditiva neurosensorial debido a la exposición crónica a ruido de suficiente intensidad para dañar las células ciliadas del órgano de Corti en la cóclea (Bielefeld, 2024; McGovern & Cox, 2025; Wang et al., 2025). Dado que estas células no son capaces de regenerarse, el daño permanece permanente. Al principio, los trabajadores pueden permanecer asintomáticos o solo tener un tinnitus temporal al final de la jornada laboral, pero con el tiempo la pérdida auditiva se vuelve cada vez más severa, afectando particularmente las frecuencias involucradas en la percepción del habla, entre 500 y 4000 Hz, causando dificultades de comunicación (Instituto Nacional de Sordera y Otros Trastornos de la Comunicación, 2025). Debido a que la NIHL generalmente ocurre en etapas sigilosas, la audiometría de tonos puros es una buena prueba para la evaluación de la función auditiva y la detección temprana de cambios relacionados con la exposición al ruido ocupacional (Instituto Nacional de Sordera y Otros Trastornos de la Comunicación, 2025). Esta prueba puede identificar umbrales auditivos que están siendo modificados antes de que el trabajador sienta que está experimentando una pérdida auditiva significativa, y por lo tanto, es necesaria la detección temprana de tales cambios en la audición para prevenirlos y hacerles seguimiento en el proceso. La característica audiométrica típica de la NIHL es la disminución de los umbrales auditivos en altas frecuencias, particularmente entre 3000-6000 Hz (Wang et al., 2025), lo cual es indicativo de una alta exposición al ruido (Priya & Hohman, 2023). El riesgo de desarrollar cambios auditivos está asociado con la intensidad y duración de la exposición al ruido (NIOSH, 2024).

En trabajadores con larga exposición (años de experiencia laboral), los cambios audiométricos en el daño coclear que pueden estar asociados con ello pueden observarse desde el inicio de los síntomas (NIOSH, 2024). Por lo tanto, la vigilancia audiométrica periódica es una herramienta importante para detectar cambios en la función auditiva y tomar acciones correctivas para minimizar el daño auditivo (Makaruse et al., 2025). En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001 (Secretaría del Trabajo y Previsión Social [STPS], 2001) estipula la seguridad e higiene en los lugares de trabajo

donde hay exposición al ruido con límites máximos permisibles de exposición y medidas de control. Además, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, 2024) sugiere la implementación de programas de conservación auditiva que incluyen monitoreo de la exposición al ruido, educación de los trabajadores, protección auditiva y monitoreo audiométrico en trabajadores expuestos. Sin embargo, la pérdida auditiva debido a la exposición al ruido ocupacional continúa ocurriendo y necesita ser monitoreada regularmente.

Los trabajadores en la sala de máquinas del Instituto Mexicano del Seguro Social en Saltillo Coahuila son especialmente vulnerables debido a la exposición a equipos industriales que producen altos niveles de ruido durante la jornada laboral. Aunque se adoptan medidas preventivas para reducir la exposición en estas áreas, es necesario evaluar la frecuencia de los cambios auditivos e investigar su relación con el tiempo de exposición ocupacional en trabajadores con cinco o más años de experiencia laboral con exposición al ruido ocupacional. Por ello, el objetivo de este estudio fue estimar la prevalencia de la pérdida auditiva neurosensorial inducida por ruido en trabajadores de la sala de máquinas a partir de la audiometría de tonos puros y evaluar la frecuencia de los cambios audiométricos en trabajadores con cinco o más años de exposición al ruido ocupacional para proporcionar evidencia para la vigilancia epidemiológica, la prevención y las medidas de conservación de la salud auditiva en este grupo.

METODOLOGÍA

Diseño de estudio

Realizamos un estudio cuantitativo, observacional, descriptivo y transversal en un entorno no experimental. El objetivo fue determinar la prevalencia de la pérdida auditiva neurosensorial inducida por ruido en trabajadores del área de sala de máquinas del Instituto Mexicano del Seguro Social en Saltillo, Coahuila, utilizando audiometría de tonos puros y las variables relacionadas con el trabajo asociadas a la exposición al ruido ocupacional, como el tiempo en el puesto y la duración de la exposición.

Objetivo del estudio

Determinar la prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en trabajadores del cuarto de máquinas del Instituto Mexicano del Seguro Social en Saltillo, Coahuila.

Pregunta de investigación

¿Cuál es la prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en trabajadores del cuarto de máquinas del Instituto Mexicano del Seguro Social en Saltillo, Coahuila?

Población y muestra

La población del estudio consistió en 49 trabajadores activos del Instituto Mexicano del Seguro Social en Saltillo, Coahuila, que trabajaban en el área de la sala de máquinas, con edades que oscilaban entre

los 23 y los 59 años. Se realizó un muestreo censal, incluyendo a todos los trabajadores que cumplían con los criterios. Dentro de la Medicina del Trabajo, se realizó la audiometría tonal pura, y se identificaron 30 trabajadores que presentaban pérdida auditiva neurosensorial asociada con la exposición al ruido ocupacional según los criterios de clasificación audiométrica (Bureau International d'Audiophonologie [BIAP], 1997). La muestra consistió en trabajadores que habían dado su consentimiento antes de comenzar el estudio. Se les preguntó a los participantes sobre antecedentes patológicos y no patológicos personales, exposición a fuentes de ruido no ocupacionales, antecedentes otológicos, trauma acústico, medicamentos potencialmente ototóxicos y otros factores que podrían causar pérdida auditiva a través de una historia médica ocupacional y audiológica dirigida para identificar otras posibles causas de pérdida auditiva y minimizar la influencia de variables de confusión en la interpretación de los resultados

Criterios de selección

Se incluyeron trabajadores que trabajaron dentro de la sala de máquinas durante todo el turno de trabajo, con edades entre 23 y 59 años, de cualquier género, con al menos cinco años de experiencia en el puesto. Se excluyeron trabajadores si: no dieron su consentimiento informado para participar en el estudio, vivían en áreas con exposición ambiental significativa al ruido ferroviario dentro de un radio aproximado de 1 km, tenían antecedentes de uso de medicamentos potencialmente ototóxicos, no cumplían con el requisito de haber trabajado durante 5 años, no permanecían en la sala de máquinas durante la mayor parte del turno, o tenían otitis recurrente.

Intervención

Se incluyeron trabajadores que trabajaron dentro de la sala de máquinas durante todo el turno de trabajo, con edades entre 23 y 59 años, de cualquier género, con al menos cinco años de experiencia en el puesto. Se excluyeron trabajadores si: no dieron su consentimiento informado para participar en el estudio, vivían en áreas con exposición ambiental significativa al ruido ferroviario dentro de un radio aproximado de 1 km, tenían antecedentes de uso de medicamentos potencialmente ototóxicos, no cumplían con el requisito de haber trabajado durante 5 años, no permanecían en la sala de máquinas durante la mayor parte del turno, o tenían otitis recurrente.

Variables

La variable dependiente fue la pérdida auditiva neurosensorial inducida por ruido. La variable independiente fue la duración de la exposición ocupacional al ruido. La edad de los participantes, la antigüedad y el uso de protección personal fueron variables descriptivas.

Análisis estadístico

Los datos fueron tratados utilizando estadísticas descriptivas. Las variables sociodemográficas y ocupacionales fueron analizadas usando frecuencias absolutas, porcentajes, medidas de tendencia central y dispersión. Encontramos que la pérdida auditiva neurosensorial inducida por ruido fue

confirmada por audiometría de tonos puros, ya que el umbral de audición disminuye en altas frecuencias, principalmente de 3000 a 6000 Hz, y la recuperación es lenta a distancia, lo cual concuerda con los resultados audiométricos de trauma acústico crónico. Estimamos el porcentaje de trabajadores con hallazgos audiométricos compatibles en comparación con el número total de trabajadores. De 49 trabajadores, 30 eran compatibles con pérdida auditiva neurosensorial inducida por ruido, con una prevalencia del 61.2%.

RESULTADOS

Nuestros resultados muestran que 49 trabajadores activos en el área de la sala de máquinas del Instituto Mexicano del Seguro Social en Saltillo, Coahuila, fueron auditados utilizando audiometría de tonos puros. Las edades de los participantes oscilaron entre 23 y 59 años. Nos centramos en los cambios audiométricos de los umbrales auditivos de alta frecuencia, especialmente aquellos entre 3000 y 6000 Hz, que muestran el aumento o disminución del umbral con o sin la posibilidad de recuperación, como una tendencia que es consistente con la discapacidad auditiva debido a la exposición al ruido. De los 49 trabajadores que analizamos, 30 muestran cambios audiométricos consistentes con pérdida auditiva neurosensorial inducida por ruido, correspondiente al 61.2% (IC 95%: 47.3-73.9). Los 19 trabajadores restantes (38.8%) no mostraron cambios audiométricos compatibles con pérdida auditiva neurosensorial inducida por ruido en el momento de la evaluación. El grado de pérdida auditiva se determinó en base a la clasificación audiométrica (Bureau International d'Audiophonologie [BIAP], 1997). Entre los trabajadores con diferencias auditivas, se encontraron diferentes grados de deterioro neurosensorial según el umbral medido en audiometría de tonos puros, siendo los casos de pérdida auditiva leve y moderada los más destacados.

El patrón audiométrico se caracterizó principalmente por umbrales auditivos que disminuyen en altas frecuencias (3000-6000 Hz) y con recuperación variable en frecuencias más altas, lo cual es consistente con la muesca audiométrica descrita en trabajadores expuestos a ruido ocupacional. Sin audiometrías de referencia, no pudimos diagnosticar el momento de la pérdida auditiva ni realizar una comparación individual de la pérdida auditiva antes y después de la exposición. Encontramos que los trabajadores expuestos a ruido ocupacional en la sala de máquinas experimentaron alteraciones auditivas a alta frecuencia.

Distribución del grado de hipoacusia según clasificación audiométrica

Grado de audición	N	Porcentaje (%)
Sin pérdida auditiva	19	38.8
Hipoacusia leve	12	24.5
Hipoacusia Moderada	12	24.5

Hipoacusia Severa	6	12.2
Total	49	100

Nota. Elaboración propia con los datos obtenidos en la audiometría según la clasificación de BIAP.

Características de la población

Variable	Resultado
Trabajadores evaluados	49
Edad	23-59
Trabajadores con hallazgos compatibles con HIR	30 (61.2%)
Trabajadores sin alteraciones auditivas	19 (38.8%)

Nota. Elaboración propia con los datos de las características generales de la población estudiada.

Alteraciones audiométricas por frecuencia elevada

Frecuencia evaluada	Trabajadores con disminución del umbral auditivo n (%)
3000 Hz	12 (24.5%)
4000 Hz	12 (24.5%)
6000 Hz	0
8000 Hz	6 (12.2%)

Nota. Elaboración propia con los datos obtenidos por frecuencias.

Patrones de recuperación

Patrón audiométrico	n (%)
Caída en 3000-6000 con recuperación	24 (49%)
Caída sin recuperación posterior	6 (12.2%)
Sin caída en frecuencias altas	0

Nota. Elaboración propia con los datos obtenidos por patrones de caídas.

Relación entre antigüedad laboral y presencia de alteración auditiva

Antigüedad laboral	Con alteración en audiometría n
5-10 años	3
11-20	6
>20 años	21

Prevalencia

El porcentaje de hallazgos audiométricos compatibles con pérdida auditiva neurosensorial inducida por ruido es del 61.2%. IC del 95%: 47.3-73.9. Patrón Audiométrico: El hallazgo predominante fue que los umbrales auditivos eran más bajos en las frecuencias altas (entre 3000 y 6000 Hz), pero se recuperaban parcialmente en frecuencias más altas. Limitación: Debido a la falta de audiometrías de referencia, no pudimos determinar la progresión del deterioro auditivo.

DISCUSIÓN

Pudimos identificar una alta frecuencia de cambios audiométricos con pérdida auditiva neurosensorial asociada a la exposición ocupacional al ruido encontrada en trabajadores del área de sala de máquinas del Instituto Mexicano del Seguro Social en Saltillo, Coahuila. De 49 trabajadores que evaluamos mediante audiometría tonal, 30 presentaron los mismos síntomas de deterioro auditivo, con un 61.2%. Este hallazgo demuestra que la exposición continua al ruido ocupacional es un factor de riesgo importante para la salud auditiva de los trabajadores en el entorno industrial.

Los hallazgos audiométricos de este estudio se debieron principalmente a la disminución de los umbrales auditivos en las frecuencias altas, especialmente en el rango de 3000 a 6000 Hz, y también a una heterogeneidad en la respuesta del sonido en frecuencias altas. Este patrón coincide con la alteración audiométrica clásicamente descrita en trabajadores expuestos al ruido, conocida como la muesca audiométrica. Este patrón indica daño temprano en áreas particulares de la cóclea en las que se percibe la percepción de frecuencias altas, en particular las células ciliadas externas del oído. En trabajadores expuestos por largos períodos, este patrón es nuevamente importante para el monitoreo audiométrico para identificar cambios tempranos en la función auditiva.

La prevalencia fue mayor que en otros estudios ocupacionales, lo que podría deberse a las características del grupo en cuestión (como la exposición constante a equipos generadores de ruido, permanencia en el área de sala de máquinas y antigüedad laboral de los participantes). Según muchos autores que han descrito el impacto de la exposición prolongada al ruido así como el tiempo de exposición acumulado, los trabajadores que pueden permanecer en ambientes ruidosos son la población más importante para la conservación auditiva. Basándonos en la clasificación audiométrica para los trabajadores en el estudio, pudimos identificar diferentes niveles de pérdida auditiva en la misma población expuesta.

En nuestro estudio, la pérdida auditiva leve y moderada fue la más común, lo cual es un hallazgo relevante ya que los cambios en la audición pueden pasar desapercibidos por los trabajadores al principio y gradualmente impactar la comunicación, especialmente en entornos con ruido de fondo. Aunque los hallazgos indican una asociación entre la exposición ocupacional al ruido y los cambios auditivos, el diseño transversal del estudio no permite establecer una conexión causal definitiva ni

determinar la evolución temporal del cambio auditivo. Además, no hubo audiometrías de referencia antes de la exposición al entorno ocupacional, por lo que los umbrales auditivos iniciales no se compararon durante la evaluación actual. Sin embargo, se realizó una historia clínica ocupacional para identificar los factores que podrían estar asociados con la pérdida auditiva, como antecedentes otológicos, exposición a fuentes de ruido no ocupacionales, trauma acústico y medicamentos ototóxicos para evitar confusiones.

Los hallazgos de este estudio subrayan la necesidad de mejorar los programas de conservación auditiva en trabajadores expuestos al ruido ocupacional. Estos programas deben tener en cuenta el monitoreo frecuente de los niveles de exposición, la capacitación continua sobre los efectos del ruido, el uso correcto del equipo de protección auditiva y el monitoreo audiométrico regular y la evaluación del entorno. El reconocimiento temprano de los cambios en los umbrales auditivos permite tomar medidas preventivas antes de que ocurra una pérdida funcional severa.

Los estudios futuros deberían incluir audiometrías de entrada y evaluaciones periódicas del daño auditivo y la relación entre la exposición al ruido y la pérdida auditiva neurosensorial que se acumulan a partir de años anteriores se examinarían en el estudio longitudinal de datos clínicos y de atención médica y ayudarían a guiar la prevención.

CONCLUSIÓN

En el presente estudio, estimamos la frecuencia de hallazgos audiométricos compatibles con pérdida auditiva neurosensorial debido a la exposición al ruido ocupacional de los trabajadores en el área de la sala de máquinas del Instituto Mexicano del Seguro Social en Saltillo, Coahuila.

De 49 trabajadores que fueron sometidos a audiometría tonal, 30 reportaron cambios auditivos asociados con daño neurosensorial (61.2%). Los principales hallazgos audiométricos fueron umbrales auditivos más bajos en frecuencias altas (3000 - 6000 Hz) con recuperación variable en frecuencias más altas y, por lo tanto, consistentes con los cambios auditivos asociados con la exposición crónica al ruido ocupacional.

La presencia de pérdida auditiva para diferentes niveles de exposición ocupacional indica que es necesaria una observación audiométrica continua para todos los trabajadores expuestos a altos niveles de ruido. El deterioro auditivo de los trabajadores no fue evaluado antes de este estudio y no fue posible establecer la causa específica de la pérdida auditiva. Pero la evaluación audiométrica y la historia clínica ocupacional de los trabajadores permitieron el diagnóstico de una gran parte de trabajadores con cambios auditivos que requieren medidas de seguimiento y prevención.

Los resultados de este estudio apoyan la necesidad de promover la conservación auditiva mediante la capacitación continua para monitorear el uso de protección auditiva, monitorear el uso de

protección auditiva e implementar estrategias para controlar la exposición al ruido para la prevención del daño auditivo ocupacional y la protección de la salud auditiva de los trabajadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Organización Mundial de la Salud. (2021). World report on hearing. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/world-report-on-hearing>
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2024). Preventing occupational hearing loss: A practical guide. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/niosh/>
- National Institute on Deafness and Other Communication Disorders. (2025). Noise-induced hearing loss. National Institutes of Health. <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/perdida-de-audicion-inducida-por-el-ruido>
- Occupational Safety and Health Administration. (s. f.). Occupational noise exposure. U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/noise>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. Diario Oficial de la Federación
- Instituto Mexicano del Seguro Social. (2023, 4 de octubre). IMSS cuenta con mil 146 especialistas en Medicina del Trabajo para prevenir y reconocer daños a la salud en entorno laboral. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/imss/prensa/imss-cuenta-con-mil-146-especialistas-en-medicina-del-trabajo-para-prevenir-y-reconocer-danos-a-la-salud-en-entorno-laboral>
- Wang, Y., Yang, L., Wang, Y., et al. (2025). A review of occupational noise-induced hearing loss: Focus on mechanisms and preventive measures. *Frontiers in Public Health*, 13, 1632478. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1632478>
- McGovern, M. M., & Cox, B. C. (2025). Hearing restoration through hair cell regeneration: A review of recent advancements and current limitations. *Hearing Research*, 461, 109256. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2025.109256>
- Bielefeld, E. C. (2024). Speech audiometry. En StatPearls. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK613286/>
- Makaruse, N., Maslin, M. R. D., & Campbell, Z. S. (2025). Early identification of potential occupational noise-induced hearing loss: A systematic review. *International Journal of Audiology*, 64(5), 419–428. <https://doi.org/10.1080/14992027.2024.2418354>
- Bureau International d'Audiophonologie. (1997). Classification audiométrique des déficiences auditives (Recommandation BIAP 02/1 bis). Bureau International d'Audiophonologie. <https://www.biap.org/en/recommendations>

National Institute for Occupational Safety and Health. (1998). Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure (Revised criteria 1998). U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/>