

# REVISTA CIENTÍFICA **CONECTIVIDAD**

REVISTA DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO RUMIÑAHUI  
SANGOLQUÍ - ECUADOR

ISSN 2806-5875 / Publicación: 23-07-2024



Vol. 5 - No. 3  
**2024**  
julio-diciembre

**latindex**  
catálogo 2.0 



REVISTA CIENTÍFICA  
**CONECTIVIDAD**

### **REVISTA CONECTIVIDAD**

Conectividad, Volumen 5, Número 3, julio – diciembre 2024.

Revista Científica de Ciencias Sociales y Ciencias de la Ingeniería del Departamento de Investigación del Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui.

### ***Comité Editorial***

#### ***Director***

PhD. Marcelo Zambrano, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador

#### ***Editor Jefe***

MSc. César Minaya Andino, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador

#### ***Gestión Operativa***

Mg. Jenny Guerra Almeida, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador

Ing. Jorge Pérez, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador

#### ***Diseño, Diagramación y Maquetación***

Tnlgo. Saúl Fonseca, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador

### **Comité Científico Interno**

PhD. Marcelo Zambrano, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador.

PhD. Raisa Bernal, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador.

PhD. Aníbal Altamirano, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador.

PhD. Wladimir Paredes, Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior, Ecuador.

PhD. Juan Minango, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador.

MSc. César Minaya Andino, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador.

Mg. Jenny Guerra Almeida, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador.

MSc. Pablo Minango, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador.

## **Comité Científico Externo**

PhD. Ana Zambrano, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

PhD. Eliana Acurio, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

PhD. Henry Díaz, Universidad Técnica del Norte, Ecuador.

PhD. Santiago Vidal, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

PhD. Francisco Pérez, Universidad Politécnica de Valencia, España.

PhD. José Antonio Moreira, Universidad Carlos III de Madrid, España.

PhD. Ulrich Mücke, Universität Hamburg, Alemania.

PhD. Raúl Bueno, Dartmouth College, Estados Unidos.

PhD. Miguel Ángel Garrido Gallardo, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España.

PhD. Ambrosio Velasco Gómez, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

PhD. Yanna Hadatty Mora, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

PhD. Carlos García-Bedoya Maguiña, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

PhD. Jesús Flores Vivar, Universidad Complutense de Madrid, España.

PhD. Rómulo Monte Alto, Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil.

PhD. Elmer Levano Huamaccto, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

PhD. Gustavo Terra Bastos, Universidad Federal de Sao Joao del-Rei, Brasil.

PhD. Esdras Nicoletto da Cunha, Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Sao Paulo, Brasil.

PhD. Andrea Carolina Flores Rodríguez, Embraer Defensa y Seguridad, Brasil.

PhD. Diana Rojas, Universidad de La Sabana, Colombia.

PhD. Sergio Albano, Universidad Nacional del Rosario, Argentina.

PhD. María Teresa Kobila, Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

PhD. Jorge Álvarez Tello, Universidad Tecnológica Indoamérica, Ecuador.

PhD. Juan Carlos González, Universidad Estatal de Moscú Bahuman, Rusia.

MSc. Diego Paredes, Universidad de Zaragoza, España.

PhD. Víctor Garrido, Universidad de Valencia, España

PhD. Alberto García, Universidad de Valencia, España

PhD. Alex Santamaría, Universidad Laica Eloy Alfaro, Ecuador.

PhD. Ana Hilda Márquez de González, Universidad Metropolitana, Ecuador.

PhD. Neris Marina Ortega, Universidad Metropolitana, Ecuador.

MSc. Dewis Esqueila Brice Hernández, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador.

MSc. Paolina Figuera, Universidad Iberoamericana, Ecuador.

PhD. Roberto Enrique Alvarado Chacón, Universidad de Los Andes UNIANDES, Ecuador.

MSc. Juan Carlos House Vivanco, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador.

PhD. Mayiya Lisbeth González Illescas, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

PhD. Juanita del Carmen García Aguilar, Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador.

MSc. Henry Homero Pazmiño Arroyo, Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador.

MSc. Roberto Alex Taco Pizarro, Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador.

PhD. Luis Ernesto Huaraca Vera, Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador.

PhD. Galo Ramiro Moreno Bastidas, Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador.

PhD, Gabriel Gomes de Oliveira, Universidad Estatal de Campinas, Brasil.

MSc. Rosa Yessenia Vera Llor, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.

MSc. Willman Bravo Espinoza, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador.

MSc. Luis Carrera Toro, Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, Ecuador.

MSc. Jorge Álvarez Santana, Universidad San Francisco de Quito USFQ, Ecuador.

Ing. Luis Pazos Gómez, ADNOC Abu Dhabi National Oil Company, Emiratos Árabes Unidos.

**CONECTIVIDAD**  
**REVISTA CIENTÍFICA**

Volumen 5, Número 3

julio – diciembre 2024

ISSN electrónico 2806-5875

revista@ister.edu.ec

La gestión de Conectividad se lleva a cabo mediante los siguientes criterios:

La revista utiliza el sistema antiplagio académico



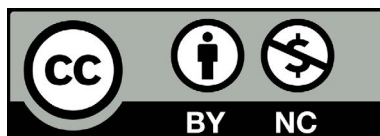
Los artículos cuentan con código de identificación (Digital Object Identifier)



El proceso editorial se gestiona a través del Open Journal System



Es una publicación de acceso abierto (Open Access) con licencia Creative Commons



Las políticas copyright y de uso postprint, se encuentran publicadas en el Repositorio de

Políticas de Autoarchivo Sherpa/Romeo



Los artículos de la presente edición pueden consultarse en

<https://revista.ister.edu.ec/ojs/index.php/ISTER/issue/view/12>

## **EDITORIAL**

Estimadas y estimados lectores:

En este número, se abordan diversos estudios que exploran áreas especializadas y cruciales para el desarrollo actual. Cada artículo presenta una oportunidad única para profundizar en el conocimiento y la innovación en campos específicos.

En el ámbito de la ingeniería eléctrica, se investiga la ubicación estratégica de Unidades de Medida Fasoriales (PMU) utilizando criterios avanzados de conmutación de líneas de transmisión. Este enfoque promete mejorar la eficiencia y la confiabilidad del sistema eléctrico mediante una mejor monitorización y control. Además, se examina cómo estimar la capacidad de alojamiento en consumidores-prosumidores de baja tensión sin depender de modelos predefinidos, utilizando datos en tiempo real para una gestión más eficaz y adaptativa de la red eléctrica distribuida. Por otro lado, se analiza la integración de la inteligencia artificial en la práctica docente de educación básica superior en Ecuador, explorando cómo esta tecnología puede mejorar los métodos de enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes. En el área de ingeniería de aplicación se evalúa el uso de software de simulación para analizar y optimizar estructuras metálicas en el sector automotriz, destacando su papel en mejorar la seguridad, eficiencia y rendimiento de los vehículos. También se examina técnicas innovadoras para mejorar la seguridad ocupacional en la producción de combustible alternativo a partir de la pirólisis de neumáticos reciclados, destacando prácticas seguras y sostenibles en este proceso industrial.

Cada uno de estos estudios contribuye significativamente al progreso y la comprensión en sus respectivos campos, reflejando el compromiso con la innovación y el avance en investigación.

César Minaya Andino, MSc.

EDITOR JEFE



# ÍNDICE

## **Ubicación de PMU's considerando el criterio de conmutación óptima de líneas de transmisión**\_\_\_\_\_1

Iván Cayo, Carlos Quinatoa, Josué Ortiz, Edison Panchi

## **Data-driven Model-free Hosting Capacity Estimation in a Low Voltage Node**\_\_\_\_\_17

Luis Daniel Andagoya-Alba, Johanna Jara, Pablo Catota, Rommel Valencia

## **Uso de la inteligencia artificial entre profesores de educación básica superior en Ecuador**\_\_\_\_\_30

Angélica Valeria Jiménez Banchón, Richard Ramírez Anormaliza

## **El software de simulación como herramienta para el análisis de estructuras metálicas automotrices**\_\_\_\_\_44

Victor Pachacama-Nasimba, Abrahan Jorque-Rea, Carlos Ulcuango-Moreno, Rodrigo Passo-Guamangate

## **Evaluación de modelos de optimización convexos para minimizar pérdidas en el sistema de distribución**\_\_\_\_\_62

Jimmy Vaca, Carlos Quinatoa, Josue Ortiz, Luis Camacho

## **Análisis documental de la competencia social ciudadana mediante la cartografía conceptual**\_\_\_\_\_79

Mélany Jazmín Yarad Jácome, Cristina Elizabeth Silva Arias, Verónica Alexandra Rondal Changoluisa

## **Necesidades formativas de los programas de enfermería sobre cuidados paliativos en la Universidad Iberoamericana del Ecuador**\_\_\_\_\_96

Paolina Antonieta Figuera Ávila, Ana Tirado Pabón, Juleiky García Beraciert, Verónica Giovanna Mayorga Núñez, Beatriz Rodríguez Paz

## **Seguridad ocupacional en producción de combustible alternativo mediante pirólisis de neumáticos reciclados: técnicas innovadoras**\_\_\_\_\_107

Jefferson Llumiquinga, Diego Pichoasamín

**Análisis de riesgos laborales en la industria metal-mecánica en el Cantón  
Quevedo - Provincia de Los Ríos\_\_\_\_\_122**

Kelvin Diego Moposita Ortega, Darwin Rolando Moposita Ortega, Miguel Angel Briones Espinoza,  
Manuel Ubaldo Leon Ganchozo, Jefferson Patricio Mawyin Véliz

**Memorias del Primer Simposio\_\_\_\_\_137**

## ***Ubicación de PMU's considerando el criterio de conmutación óptima de líneas de transmisión***

### ***Location of PMU's considering the optimal switching criteria for transmission lines***

Iván Cayo<sup>1</sup> , Carlos Quinatoa<sup>2</sup> , Josué Ortiz<sup>3</sup> , Edison Panchi<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, ivan.cayo0044@utc.edu.ec, Latacunga, Ecuador

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, carlos.quinatoa7864@utc.edu.ec, Latacunga, Ecuador

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, josue.ortiz7570@utc.edu.ec, Latacunga, Ecuador

<sup>4</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, edison.panchi7277@utc.edu.ec, Latacunga, Ecuador

Autor para correspondencia: ivan.cayo0044@utc.edu.ec

### **RESUMEN**

En el ámbito del funcionamiento del sistema eléctrico en tiempo real, el aspecto radica en garantizar la observabilidad necesaria para una estimación precisa del estado. Varios algoritmos de optimización que se encuentran en la literatura científica desempeñan un papel fundamental a la hora de colocar dispositivos de medición, como los medidores sincrofasores (PMU's), que miden la magnitud y el ángulo de la tensión o la corriente. No obstante, la instalación de PMU en cada bus o nodo puede generar elevados costos importantes. Por lo tanto, en la investigación introduce un marco de optimización que garantiza una redundancia mínima de  $n-1$  durante las contingencias, a la vez que mantiene los costos dentro de los límites razonables. Nuestra propuesta tiene en cuenta la conmutación óptima de las líneas de transmisión, manteniendo la observabilidad. Por lo que se propone tres formulaciones principales: una que se centra en la colocación de las PMU sin tener en cuenta los nodos de inyección cero (ZIB's), otra que las incorpora y una tercera que apunta a maximizar la observabilidad los resultados generales en términos de participación son 21,43% y el 28,57%, respectivamente.

**Palabras clave:** Distribución, Optimización, Unidad de medida fasorial, Óptimo local, Ángulo, Voltaje

### **ABSTRACT**

In real-time power system operation, the issue is to ensure the observability required for accurate state estimation. Several optimization algorithms found in the scientific literature play a key role in the placement of measurement devices, such as synchrophasor meters (PMU's), which measure the magnitude and angle of voltage or current. However, the installation of PMU's at each bus or node can generate significant high costs. Therefore, in the research, we introduce an optimization framework that guarantees a minimum redundancy of  $n-1$  during contingencies, while keeping costs within reasonable limits. Our proposal takes into account the optimal switching of transmission lines while maintaining observability. Therefore, three main formulations are proposed: one that focuses on the placement of PMUs without taking into account the zero injection nodes (ZIB's), another that incorporates them and a third one that

aims at maximizing the observability the overall results in terms of participation are 21.43% and 28.57%, respectively.

**Key words:** Distribution, Optimization, Phasor measurement unit, Local optimum, Angle, Voltage

## 1. INTRODUCCIÓN

El sistema eléctrico cada vez presenta desafíos para la planificación y operación debido al incremento de ingreso de generación renovable que tiene intermitencia en los recursos primarios. No obstante, en el ámbito de la operación en tiempo real es necesario contar con algoritmo que sea de convergencia única y rápido para predecir el estado del sistema, para cumplir con esto es necesario que dentro del sistema tenga mediadas reales en magnitud tales como: potencia activa y reactiva inyectada en los nodos, flujo de potencia activa y reactiva y algunas mediciones de corriente y voltaje magnitud y ángulo. Con la implementación de los PMU's en los nodos se logra monitoria el sistema de manera dinámica. Sin embargo, es necesario saber cuántos aparatos son necesarios para lograr monitorear el sistema de tal manera que sea completamente observable y controlable, tomando consideración las contingencias n-1 (Carrión & González, 2018).

Entonces para optimizar la ubicación de PMU en los sistemas de energía eléctrica es esencial para garantizar la observabilidad y la redundancia, especialmente durante las contingencias. Numerosos estudios presentan modelos y algoritmos para determinar las ubicaciones de las PMU más ventajosas, introducen un modelo destinado a minimizar la cantidad de PMU desplegadas y, al mismo tiempo, garantizar una observabilidad y redundancia completas (Carrión & González, 2018), profundizan en la identificación de las ubicaciones óptimas de las PMU para detectar interrupciones en la línea, centrándose en maximizar la distancia mínima entre el ángulo de fase y las señales de voltaje de las interrupciones (Valarezo et al., 2018). Se centran en mejorar la flexibilidad del sistema eléctrico mediante una conmutación de transmisión (OTS) óptima y en integrar un sistema de clasificación de las líneas de transmisión para mejorar la eficiencia computacional (Rezaei Jegarluei et al., 2015).

Los autores sugieren algoritmos para la localización de fallos mediante PMU, lo que garantiza el diagnóstico y la localización de fallos en todas las líneas de la red (Zhao et al., 2012). Los autores introducen un enfoque de localización de fallos que utiliza mediciones de tensión de las PMU y una estrategia eficiente de colocación de las PMU para redes de transmisión extensas, lo que permite localizar los fallos de forma rápida y precisa sin necesidad de clasificar el tipo de fallo (Jiang et al., 2012). Por consiguiente, dentro de la literatura científica se tiene algunos trabajos de investigación que proponen novedosas estructuras para alcanzar el mínimo de PMU's en la red entre ellas tenemos, una hoja de ruta para colocación óptima de la PMU propuesto por los autores (Madani et al., 2011, donde la perspectiva de la colocación óptima de la PMU implica un enfoque integral que tenga en cuenta diversos factores como las necesidades

de la aplicación, la fiabilidad y los retos de infraestructura para guiar el proceso de selección de manera efectiva. En (Huang et al., 2014) propone un modelo óptimo de colocación de PMU's considerando el aislamiento controlado para minimizar el número de PMU's y maximizar la redundancia de medidas para la observabilidad del sistema de potencia bajo varias condiciones.

Para abordar, el problema de la incertidumbre, los autores (Mandich et al., 2020) proponen la colocación óptima de PMU minimiza el número de PMU al tiempo que garantiza la plena observabilidad. Los métodos estocásticos, incluida la programación restringida al azar, mejoran la resiliencia al considerar la contingencia N-1 en los sistemas eléctricos. Por el contrario, al igual que en el modelo de optimización, los problemas no convexos son difíciles de resolver debido a la presencia de variables binarias. (Mazlumi & Vahedi, 2010) propone un algoritmo heurístico PSO mejorado combinado con algoritmo genético GA para la colocación óptima de PMU's en sistemas de potencia para lograr la observabilidad completa con el menor número de PMU's. Las técnicas de inteligencia artificial han ganado bastante campo dentro de los sistemas eléctricos por lo que en (Raj & Venkaiah, 2016) proponen el algoritmo de Optimización Basado en Enseñanza-Aprendizaje (TLBO) logra la colocación óptima de PMU's en sistemas de potencia para observabilidad completa, probado en redes estándar IEEE, superando al Algoritmo Genético y al PSO Binario.

Los autores (Mohammadi & Mehraeen, 2016) proponen la ubicación óptima de las PMU donde consigue mediante un análisis de sensibilidad para mejorar la precisión de la detección de fallos en los sistemas eléctricos, garantizando una cartografía. (Jin et al., 2022) introduce un método novedoso para la ubicación óptima de PMU's que asegura la observabilidad completa del sistema de potencia considerando las medidas de inyección y de inyección cero, mejorando la precisión y la viabilidad de la solución. Se propone la ubicación óptima de las PMU se consigue formulándola como un problema de programación no lineal, minimizando el número de PMU para la observabilidad del sistema eléctrico, con resultados comparables a la programación entera binaria. Por otro lado, la ubicación óptima de PMU ha sido ampliamente investigada en la literatura científica, empleando modelos de optimización, metaheurísticas y técnicas de aprendizaje automático.

Sin embargo, hasta el momento no se ha abordado de manera integral la ubicación de PMU junto con la conmutación óptima de líneas de transmisión. Por lo tanto, en este trabajo se propone una metodología que integra ambos aspectos, considerando el criterio de conmutación óptima de líneas de transmisión para la ubicación efectiva de PMU.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: en la tercera sección se abordan la metodología y los modelos de optimización empleados. En la cuarta sección se analiza detalladamente el sistema eléctrico, junto con sus características específicas. La quinta sección presenta los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los modelos propuestos. Finalmente, en la sexta sección se exponen las conclusiones derivadas del estudio realizado, acompañadas de recomendaciones pertinentes.

**Tabla 1.** Nomenclatura

	<i>Nomenclatura OTS - TEP</i>
$n$	Numero de generadores
$C_n$	Costo a invertir por la línea adicional entre los nodos $n-i$
$W_{ij}$	Número de nuevas líneas entre los nodos $n-i$
$F_i^{max}$	Máxima tasa de las líneas de transmisión
$Y_{ij}$	Susceptancia eléctrica de la línea de transmisión
$X_{ij}$	Reactancia eléctrica de la línea de transmisión
$P_g^{max}$	Generación máxima
$P_g^{min}$	Generación mínima
$\delta^{max}$	Ángulo máximo
$\delta_a$	Ángulo de origen de la barra
$\delta_b$	Ángulo de destino de la barra
$Z_{ij}^{max}$	Número máximo de líneas conmutadas
$W_{ij}^{max}$	Número máximo de líneas adicionales permitidas en el sistema
$n_{ij}$	Número de líneas existentes
$z_i$	Estado de la línea (0 fuera de servicio; 1 en servicio)
$P_g$	Potencia del generador
$P_{ij}$	Flujo de potencia transmitido por la línea
$M_{ij}$	Valor máximo de la potencia de las líneas
$L_i$	Demanda en el nodo $i$

Fuente: (Soroudi, 2017)

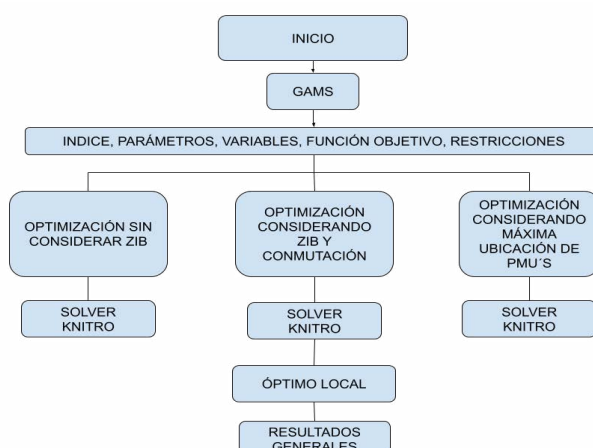
## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Metodología ubicación de PMU's considerando el criterio de conmutación optima de líneas de transmisión

La cuestión de determinar la ubicación óptima de los PMU's surge de la importancia de asegurar que los sistemas eléctricos puedan ser observados en su totalidad, lo que permite la monitorización en tiempo real y sincronizada desde diversas ubicaciones geográficas. En este estudio específico, se emplean modelos de optimización matemáticas como optimización sin considerar ZIB, con ZIB y máxima ubicación PMU's como método de resolución.

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo, el proceso a realizar para obtener los resultados en distintos escenarios.

**Figura. 1.** Diagrama de flujo del AG



*Fuente: (Soroudi, 2017)*

La ubicación óptima de PMU's es crucial para garantizar la observabilidad del sistema al menor costo posible, lo cual es esencial tanto para la operación en tiempo real como para la estimación dinámica de las variables de estado del sistema. Sin embargo, dado que el sistema está sujeto a posibles fallas, es necesario llevar a cabo un estudio de ubicación de estos PMU's utilizando el criterio N-1 para determinar si el sistema sigue siendo observable o no, en caso de que ocurra una contingencia. Para abordar este proceso, se presenta en la Figura 1 un procedimiento detallado: primero, se comienza declarando el sistema de 14 barras del IEEE, lo que implica obtener todos los parámetros eléctricos y topológicos de la red. Luego, se ingresan estos datos en el software **GAMS** junto con los índices, parámetros, variables, función objetivo y restricciones de acuerdo con cada modelo de optimización propuesto en la literatura y por los autores. Posteriormente, cada uno de estos modelos se resuelve utilizando el **Solver Knitro**, lo que permite obtener el óptimo local dado que los modelos de optimización son no lineales enteros mixtos. Finalmente, se obtienen los resultados finales, seguidos de las conclusiones y recomendaciones derivadas de este análisis.

### Formulación de la conmutación óptima de líneas de transmisión

La optimización de la conmutación de líneas de transmisión implica resolver problemas de optimización complejos para mejorar la eficiencia y seguridad de la red eléctrica. Estos problemas se expresan comúnmente como modelos de optimización metaheurísticas y técnicas de aprendizaje autónomo, donde las variables binarias representan el estado operativo de las líneas de transmisión. Para abordar desafíos como corrientes de cortocircuito excesivas y la seguridad del sistema, se tienen en cuenta factores como los limitadores de corriente de falla (FCLs) y los criterios de seguridad N-1. Estos métodos buscan identificar el estado operativo óptimo para las líneas de transmisión con el fin de mejorar la gestión de la red, considerando aspectos como las limitaciones de corriente de cortocircuito y la seguridad del sistema. La incorporación de

FCL y el criterio de seguridad N-1 añaden un desafío adicional a la optimización, necesitando formulaciones explícitas de las relaciones entre variables relacionadas con el cambio de línea y la activación de FCL.

### Formulación del problema para la ubicación óptima de PMU's

Hay dos enfoques empleados en el análisis de la observabilidad: uno es de naturaleza numérica y el otro es topológico. La técnica numérica implica cálculos matriciales y, por lo tanto, no se recomienda para el análisis de sistemas extensos debido a su complejidad computacional. En contraste, la topológica se logra cuando se puede observar todo el alimentador. A continuación, se detallan algunas reglas simplificadas y mejoradas para el análisis topológico de sistemas eléctricos, donde se propone una solución para mejorar la capacidad de observación del sistema eléctrico mediante la resolución del problema de asignación PMU's en GAMS. Las PMU's pueden medir el fasor de voltaje en el bus de conexión y también el fasor de corriente de cualquier rama conectada al bus que aloje una PMU (Nazari-Heris & Mohammadi-Ivatloo, 2015).

### Formulación matemática para la ubicación de PMU's sin considerar ZIB utilizando el criterio de conmutación

Los dispositivos PMU's permiten al operador del sistema acceder a un conjunto de mediciones de fasores sincronizadas en el sistema para asegurar su observabilidad. En este contexto, es esencial garantizar a cada bus existente, independientemente de si está activo o no en términos de generación o demanda. Además, no se tienen en cuenta las contingencias (Soroudi, 2017).

La formulación matemática del modelo ZIB se representa de la siguiente manera detallada a continuación:  $i$  y  $j$  representan índices de buses, mientras que  $X_i, X_j$  es una variable binaria que indica si un bus tiene instalado un PMU y se asigna con el número 1 o no tiene instalado un PMU y se le asigna con el número 0. El conjunto  $\Omega_B$  abarca todos los buses de la red,  $\alpha_i$  es un parámetro binario de observabilidad que se fija en 1 para asegurar que toda la red sea observable, y  $\Omega_{ij}$  es el conjunto de buses adyacentes (conectados) al bus  $i$ .

$$\min_{X_i, P_{gn}} OF \sum_n C_n P_{gn} + \sum_{i \in \Omega_B} X_i \quad (1)$$

$$\sum P_g + \sum P_{ij} - \sum P_{ji} = L_i \quad (2)$$

$$-(1 - z_{ij})M_k \leq f_{ij} - Y_{ij}(\theta a_i - \theta b_j) \leq (1 - z_{ij})M_{ij}, \quad ij \in \Omega_\ell \quad (3)$$

$$-P_{ij}^{max} Z_{ij} \leq P_{ij} \leq P_{ij}^{max} \quad ij \in \Omega_\ell \quad (4)$$

$$P_g^{min} \leq P_g \leq P_g^{max} \quad g \in \Omega_\ell^i \quad (5)$$

$$-\delta_i^{max} \leq \delta_{a_i} - \delta_{b_j} \leq \delta_i^{max}, \quad ij \in \Omega_\ell \quad (6)$$

$$\sum (1 - Z_{ij}) = Z_{ij}^{max} \quad (7)$$



$$X_i + \sum_{j \in \Omega_{ij}^{\ell}} X_j \geq \alpha_i \quad \forall i \in \Omega_B \quad (8)$$

$$\alpha_i = 1 \quad (9)$$

La ecuación (1) minimiza la ubicación de los PMU's y representa la función objetivo del modelo de optimización, seguido de la función de conmutación mostrada en (3) la cual mediante una variable binaria permite la operación de las líneas de transmisión del sistema acorde a los límites establecidos en el modelo, las ecuaciones (7,8,9) representan las restricciones para la ubicación de los PMU's en los distintos nodos del sistema.

### Formulación matemática para la ubicación de PMU's considerando ZIB utilizando el criterio de conmutación

Algunos de los buses en la red, llamados Buses de Inyección Cero (ZIB), no tienen demanda ni generación. Estos buses pueden recibir un tratamiento especial en términos de observabilidad, donde se garantiza que al menos N-1 ellos son observables (Dua et al., 2008).

Por lo tanto, los buses en la red  $\Omega_B$  se pueden clasificar en dos categorías de la siguiente manera:

- Buses de inyección cero  $\Omega_Z$  o adyacente a  $\Omega_{Za}$ .
- El resto de los buses (buses normales)  $\Omega_n$ .

La formulación matemática para este tipo de modelo se presenta a continuación:

$$\min_{X_i, P_g} OF \quad \sum_n C_n P_{gn} + \sum_{i \in \Omega_B} X_i \quad (10)$$

$$\sum P_g + \sum P_{ij} - \sum P_{ji} = L_i \quad (11)$$

$$-(1 - z_{ij})M_k \leq f_{ij} - Y_{ij}(\theta a_i - \theta b_j) \quad (12)$$

$$\leq (1 - z_{ij})M_{ij'} \quad ij \in \Omega_{\ell}$$

$$-P_{ij}^{max} Z_{ij} \leq P_{ij} \leq P_{ij}^{max} x_{k'} \quad ij \in \Omega_{\ell} \quad (13)$$

$$P_g^{min} \leq P_g \leq P_G^{max} \quad g \in \Omega_{\ell}^i \quad (14)$$

$$-\delta_i^{max} \leq \delta_{a_i} - \delta_{b_j} \leq \delta_i^{max}, \quad ij \in \Omega_{\ell} \quad (15)$$

$$\sum (1 - z_{ij}) = Z_{ij}^{max} \quad (16)$$

$$X_i + \sum_{j \in \Omega_{ij}^{\ell}} X_j \geq \alpha_i \quad \forall i \in \Omega_n \quad (17)$$

$$\sum_{a \in \Omega_{ia}^{\ell}} \langle X_a + \sum_{j \in \Omega_{aj}^{\ell}} X_j \rangle \geq |\Omega_{za}| - 1 \quad \forall i \in \Omega_{za} \quad (18)$$

$$\alpha_i = 1 \quad (19)$$

La función objetivo expresada en la ecuación (10) tiene como objetivo minimizar tanto los costos de generación como la ubicación de los PMU's. En la ecuación (11), se establece el balance de energía eléctrica en cada uno de los nodos del sistema. Por otro lado, la ecuación (12) modela el flujo de potencia a través de las líneas, teniendo en cuenta la conmutación. Las ecuaciones (13) y (14) representan, respectivamente, los límites máximo y mínimo de flujo de potencia en las líneas y los generadores. Las ecuaciones (15) y (16) establecen los ángulos máximos y mínimos del sistema y la conmutación máxima permitida en las líneas. Finalmente, la ecuación (17) determina el número de PMU's necesarios para lograr la observabilidad completa del sistema.

### Formulación matemática para la ubicación de PMU's maximizando la observabilidad utilizando el criterio de conmutación.

Otro interrogante relevante es cómo aumentar al máximo la capacidad de observación del sistema con un número limitado de dispositivos PMU's. ¿Cuál sería la mejor forma de distribuir estas unidades en un sistema determinado? Para abordar esta cuestión, se introduce una variable binaria  $z_i$  que indica si el bus  $i$  es observable 1 o no 0 [18], el modelo multi-objetivo que permite encontrar la ubicación óptima con el fin de maximizar la observabilidad del sistema se muestra a continuación:

$$\text{Min } P \sum_n C_n P_g \quad (20)$$

$$\max_{X_i, \alpha_i} OF = \sum_{i \in \Omega_B} \alpha_i \quad (21)$$

$$\sum P_g + \sum P_{ij} - \sum P_{ij} = L_i \quad (22)$$

$$\begin{aligned} -(1 - z_{ij})M_k &\leq f_{ij} - Y_{ij}(\theta a_i - \theta b_j) \quad (23) \\ &\leq (1 - z_{ij})M_{ij'} \quad ij \\ &\in \Omega_{\ell} \end{aligned}$$

$$-P_{ij}^{max} Z_{ij} \leq P_{ij} \leq P_{ij}^{max} x_{k'} \quad ij \quad (24)$$

$$\in \Omega_\ell$$

$$P_g^{min} \leq P_g \leq P_g^{max} \quad g \in \Omega_\ell^i \quad (25)$$

$$-\delta_i^{max} \leq \delta_{a_i} - \delta_{b_j} \leq \delta_i^{max}, \quad ij \quad (26)$$

$$\in \Omega_\ell$$

$$\sum (1 - z_{ij}) = z_{ij}^{max} \quad (27)$$

$$\sum_{i \in \Omega_B} X_i \leq N_{PMU} \quad (28)$$

$$(29)$$

$$X_i + \sum_{j \in \Omega_{ij}^\ell} X_j \geq \alpha_i \quad \forall i \in \Omega_B$$

$$1 \leq \alpha_i \quad (30)$$

La función multi-objetivo expresada en las ecuaciones (20-21) tiene como objetivo minimizar los costos de generación, mientras que el parámetro alfa se encarga de ubicar los PMU's de manera que se maximice la observabilidad del sistema. Por otro lado, la ecuación (28) establece el límite máximo de PMU's que pueden ser ubicados en los diferentes nodos del sistema. Además, la ecuación (30) representa la restricción que impone que al menos un PMU, o posiblemente varios, deben ser ubicados en los nodos seleccionados.

### Características del sistema

**Tabla 2.** Características de las unidades de generación

<i>Units</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>P<sub>max</sub></i>	<i>P<sub>min</sub></i>
<b>G1</b>	0	20	0	332.4	0
<b>G2</b>	0	20	0	140	0
<b>G3</b>	0	40	0	100	0
<b>G4</b>	0	40	0	90	0
<b>G5</b>	0	40	0	90	0

**Tabla 3.** Parámetros de las líneas de transmisión

<i>LÍNEAS</i>	<i>Reactancia (p.u)</i>	<i>Límite de transmisión[MW]</i>
1-2	0,0592	200
1-5	0,223	200
2-4	0,1763	200
2-3	0,0198	200
2-5	0,1739	200
3-4	0,171	200
4-5	0,0421	200
4-7	0,2091	200
4-9	0,5562	200
5-6	0,252	200
6-11	0,1989	200
6-12	0,2558	200
6-13	0,1303	200
7-8	0,1762	200
7-9	0,11	200
9-10	0,0845	200
9-14	0,2704	200
10-11	0,1921	200
12-13	0,1999	200
13-14	0,348	200

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

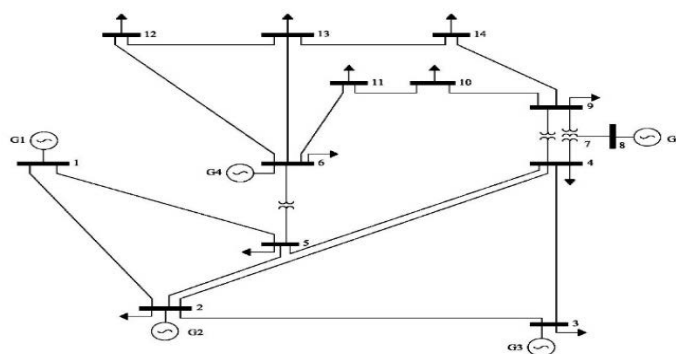
En la configuración del sistema eléctrico, nodos o barras específicos permanecen desconectados de los generadores, compensadores o instalaciones de almacenamiento, lo que reduce al mínimo el flujo de corriente. Estos puntos particulares se denominan buses de inyección cero (ZIB). En vista de sus características, es aconsejable restringir la ubicación de las PMU en estos lugares. Esta situación se aborda mediante la utilización de la técnica de optimización del algoritmo genético, que se aplica en el GAMS y se evalúa de acuerdo con las normas del IEEE en los sistemas estándar de 14 y 20 líneas. Los resultados se juxtaponen con las metodologías alternativas descritas en la literatura pertinente. Los resultados de las simulaciones realizadas en GAMS se describen a continuación. El enfoque propuesto se aplica en sistemas de 14 barras que funcionan en condiciones estándar, excluyendo específicamente la existencia de ZIB, así como en una situación en la que estén presentes, con el fin de evaluar la eficacia de la estrategia metodológica recomendada para abordar la cuestión de la asignación óptima de las PMU. El objetivo de esta propuesta es encontrar la menor cantidad de PMU que mantenga la observabilidad total y maximice la redundancia de las mediciones. Dado que el algoritmo genético es metaheurístico, se espera obtener múltiples configuraciones de PMU, lo que permitirá evaluar

la eficiencia de cada conjunto de ubicaciones de PMU. Una vez concluida la investigación utilizando los modelos planteados en los apartados anteriores, con la finalidad de obtener la ubicación óptima de PMU's se lograron los siguientes resultados:

### Modelo 14 barras sin considerar ZIB

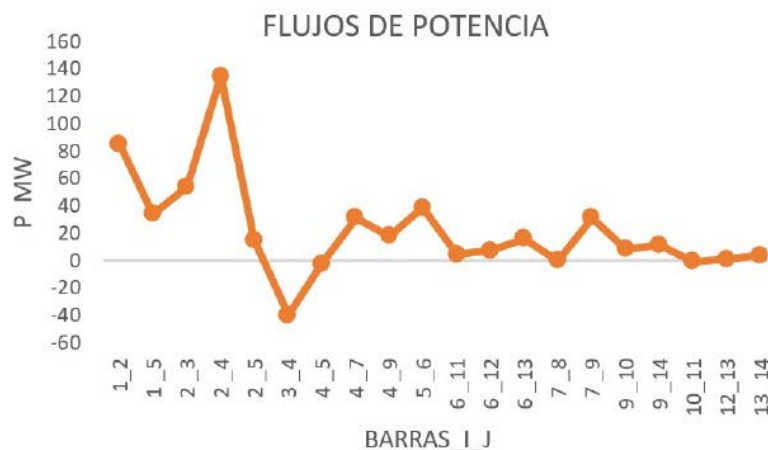
El modelo utilizado de 14 barras IEEE consta de 5 unidades de generación térmicas ubicadas en los nodos 1,2,3,6,8 respectivamente. La ubicación óptima de PMU's se la realizó para dos casos particulares. En primera instancia la Figura 2 muestra el sistema original de 14 barras IEEE. Realizando el flujo óptimo de potencia se obtiene un costo total de operación de \$5.180,00 respetando todas sus restricciones operativas.

**Figura. 2.** Sistema IEEE 14 barras



La Figura 3 muestra los flujos de potencia del nodo al nodo respectivamente. Con 20 líneas de transmisión se logra observar que el flujo máximo de potencia alcanza 134.5 MW en la línea 2-4.

**Figura. 3.** Grafica del flujo de potencia



Para el mismo sistema. La Figura 4 muestra los valores de ángulo para cada una de los nodos, teniendo un ángulo máximo de 0 y mínimo de -0.207 rads en los nodos 1 y 14 respectivamente.

**Figura. 4.** Ángulo de las barras



A continuación, se muestra los resultados para los 3 casos analizados. la Tabla 4 muestra la ubicación de los PMU en sus nodos respectivos. Los resultados muestran la ubicación para tres casos particulares. Considerando y no considerando nodos de inyección zero y la ubicación que permite maximizar la observabilidad utilizando la mínima cantidad de PMU.

**Tabla 4.** Ubicación de los PMU en modelo clásico

<i>Nodos</i>	<i>Classic PMU considerando zib</i>	<i>Classic PMU sin zib</i>	<i>Classic considerando max observabilidad</i>
2	1	1	1
6	1	1	0
7	0	1	1
9	1	1	0
10	0	0	1
13	0	0	1

Para el modelo clásico de 20 líneas de transmisión se muestra en la Tabla 5 el porcentaje de participación. Para la ubicación óptima de PMU considerando ZIB se tendrá que ubicar PMU en el 21.43% de las barras del sistema. Considerando ZIB el porcentaje aumento al 28.57% así mismo para maximizar la observabilidad.

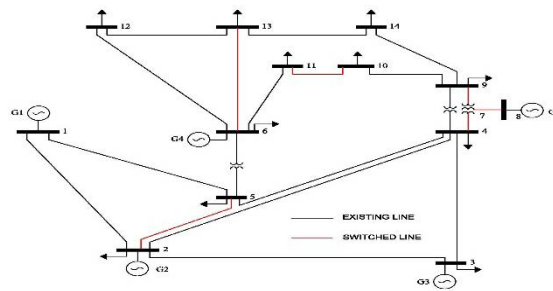
**Tabla 5.** Porcentaje de participación, modelo clásico

<i>Sistema</i>	<i>Sistema Clásico Considerando ZIB</i>	<i>Sistema Clasico Sin Considerar ZIB</i>	<i>Sistema Clásico Maximizando La Observabilidad</i>
% de Barras con PMU	21.43%	28.57%	28.57%

### Modelo 14 barras considerando ZIB

En segundo lugar, mediante OTS la cual nos permite abrir un conjunto de líneas para cambiar la topología y patrones de flujo de potencia, con el fin de aliviar la congestión y reducir los costos de operación se pondrán fuera de servicio las líneas de transmisión que no son esenciales para el flujo óptimo de potencia.

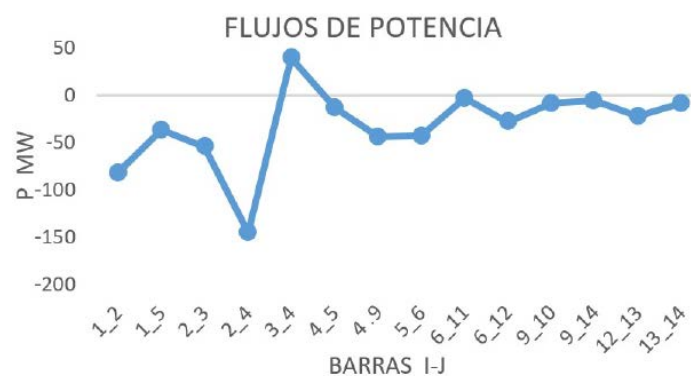
**Figura. 6.** Sistema IEEE 14 Barras utilizando el criterio de conmutación de líneas de transmisión (OTS)



La Figura 5 muestra las líneas de transmisión que fueron sacadas de servicio manteniendo la operatividad el sistema. En esta situación las líneas 2-5, 4-7, 6-13, 7-8, 7-9, 10-11 estarán inexistentes es decir el sistema trabajará con el 70% de sus líneas de transmisión. El OTS permite la conmutación de hasta 6 líneas de transmisión para este caso en específico. Dicho de otro modo, las 20 líneas existentes originalmente en el sistema de 14 barras se pueden poner fuera de servicio máximo 6 para seguir manteniendo un flujo de potencia Óptimo con un costo de \$5.180,00. Dado el caso de que una línea más estuviera inexistente el costo de despacho económico aumentaría considerablemente. Dicho o lo anterior, el número de flujos de potencia se reduce a 14, resultado de la conmutación de las líneas de transmisión.

La Figura 6 muestra los flujos de potencia del nodo i al nodo j respectivamente. Alcanzando un flujo de potencia máximo de 145.4 MW desde el nodo 4 al 2.

**Figura. 6.** Grafica de flujo de potencia en 14 barras



Para el modelo en conmutación la Figura 7 muestra los ángulos de cada uno de los nodos, teniendo un ángulo máximo de 0.332 y mínimo de -0.248 rads en los nodos 10 y 8 respectivamente.

**Figura. 7.** Grafica del ángulo en 14 barras



Para el modo OTS, de la misma forma se muestran los resultados para los 3 casos analizados. la Tabla 5 muestra la ubicación de los PMU en sus nodos respectivos.

**Tabla 5.** Ubicación de los PMU en modelo OTS

Nodos	OTS PMU considerando ZIB	OTS PMU Sin ZIB	OTS Considerando max Observabilidad
2	1	1	1
6	1	1	1
7	0	1	1
8	1	1	0
9	1	1	1
13	1	1	0

Finalmente, en el modelo OTS con 14 líneas de transmisión se muestra en la Tabla 7 el porcentaje de participación. Para la ubicación óptima de PMU considerando ZIB se tendrá que ubicar PMU en el 35.31% de las barras del sistema. Considerando ZIB el porcentaje aumento al 42.86%, sin embargo, el modelo que aumenta la observabilidad solo requerirá el 28.57% de las barras del sistema.

**Tabla 7.** Porcentaje de participación modelo OTS

Sistema	Sistema OTS Considerando ZIB	Sistema OTS Sin Considerar ZIB	Sistema OTS Maximizando La Observabilidad
% de Barras con PMU	35.71%	42.86%	28.57%

## 4. CONCLUSIONES

La investigación llevada a cabo se centra en el uso de las PMU en sistemas eléctricos, especialmente en distribución, donde se han identificado diversas aplicaciones según la literatura revisada. Los resultados de la investigación realizada, muestra la conmutación óptima del sistema de 14 barras con 20 líneas de transmisión, para este caso en particular el sistema puede operar con un 70% de sus líneas de transmisión, respetando todos los límites de generación y flujo de potencia impuestas, el modelo planteado ayuda a minimizar la implementación de líneas



de transmisión lo que representa una reducción de costo en la infraestructura al momento de construir los sistemas eléctricos y sus ramas. La ubicación de los PMU para los ambos casos, se concluye que, al perder información en los nodos, es decir al perder interconexiones en los mismos, el número de PMU's instalados deberán ser mayor. Para el sistema de 14 barras con 14 líneas de transmisión, La ubicación óptima de PMU's sin considerar ZIB tiene una tasa de crecimiento de 75.97%, de la misma forma, considerando ZIB una tasa de crecimiento de 50,02%, finalmente para maximar a observabilidad del sistema el modelo OTS este se mantiene con una tasa de crecimiento del 0% sin embargo las ubicaciones de los PMU'S serán diferentes para cada caso, si comparamos esto con el modelo clásico la cantidad de PMU's ubicados en el sistema es menor, por lo tanto la investigación se puede utilizar para evaluar la factibilidad de implementar el número mínimo de PMU's con menos cantidad de líneas de transmisión posible. La utilización de sistemas estandarizados, como el empleado en esta investigación, resulta beneficiosa para comparar y evaluar los resultados de la metodología en relación con otras consultas. El marco propuesto demuestra la eficiencia en la reducción de las líneas de transmisión para lograr el flujo de energía óptimo sin afectar los gastos operativos. Para futuras investigaciones, es aconsejable integrar los gastos relacionados con la infraestructura del sistema, lo que permitirá ampliar el modelo de optimización para abarcar no solo el costo por MW sino también el costo de construcción del sistema eléctrico. Esta recomendación de incorporar costos asociados a la infraestructura del sistema permitiría tener una visión más completa y realista de los costos involucrados en la implementación del modelo propuesto. Además, considerar el costo de la construcción del sistema eléctrico ayudaría a tener en cuenta factores como la inversión inicial y los gastos de mantenimiento a largo plazo. En fin, se determina que el modelo sugerido es efectivo para minimizar el uso de la línea de transmisión y lograr una distribución de energía óptima. Sin embargo, se recomienda ampliar el alcance para incluir los gastos relacionados con la infraestructura del sistema y los costos de construcción del sistema eléctrico en las próximas investigaciones.





## REFERENCIAS

- Carrión, D., & González, J. W. (2018). Optimal PMU Location in Electrical Power Systems Under N-1 Contingency. *2018 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS)*, 165–170. <https://doi.org/10.1109/INCISCOS.2018.00031>
- Dua, D., Damhare, S., Gajbhiye, R. K., & Soman, S. A. (2008). Optimal multistage scheduling of PMU placement: An ILP approach. In *IEEE Transactions on Power Delivery* (Vol. 23, Issue 4, pp. 1812–1820). <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2008.919046>
- Huang, L., Sun, Y., Xu, J., Gao, W., Zhang, J., & Wu, Z. (2014). Optimal PMU placement considering controlled islanding of power system. *IEEE Transactions on Power Systems*, 29(2), 742–755. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2013.2285578>
- Jiang, Q., Li, X., Wang, B., & Wang, H. (2012). PMU-Based Fault Location Using Voltage Measurements in Large Transmission Networks. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 27(3), 1644–1652. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2012.2199525>

- Jin, Z., Hou, Y., Yu, Y., & Ding, L. (2022). Optimal PMU Placement in the Presence of Conventional Measurements. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 2022, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2022/8078010>
- Madani, V., Parashar, M., Giri, J., Durbha, S., Rahmatian, F., Day, D., Adamiak, M., & Sheble, G. (2011). PMU placement considerations - A roadmap for optimal PMU placement. *2011 IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition, PSCE 2011*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/PSCE.2011.5772601>
- Mandich, M., Xia, T., & Sun, K. (2020). *Optimal PMU Placement Using Stochastic Methods*. 1–5. <https://doi.org/10.1109/pesgm40551.2019.8973553>
- Mazlumi, K., & Vahedi, H. (2010). Optimal placement of PMUs in power systems based on bacterial foraging algorithm. *Proceedings - 2010 18th Iranian Conference on Electrical Engineering, ICEE 2010*, 2, 885–888. <https://doi.org/10.1109/IRANIAN-CEE.2010.5506953>
- Mohammadi, P., & Mehraeen, S. (2016). PMU optimal placement using sensitivity analysis for power systems fault location. *2015 IEEE Electrical Power and Energy Conference: Smarter Resilient Power Systems, EPEC 2015*, 244–249. <https://doi.org/10.1109/EPEC.2015.7379957>
- Nazari-Heris, M., & Mohammadi-Ivatloo, B. (2015). Application of heuristic algorithms to optimal PMU placement in electric power systems: An updated review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 50, pp. 214–228). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.152>
- Raj, A., & Venkaiah, C. (2016). Optimal PMU placement by teaching-learning based optimization algorithm. *Proceedings of the 2015 39th National Systems Conference, NSC 2015*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/NATSYS.2015.7489080>
- Rezaei Jegarluei, M., Salehi Dobakhshari, A., Ranjbar, A. M., & Tayebi, A. (2015). A new algorithm for fault location on transmission lines by optimal PMU placement. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 25(10), 2071–2086. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/etep.1948>
- Soroudi, A. (2017). Power system optimization modeling in GAMS. In *Power System Optimization Modeling in GAMS*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-62350-4>
- Valarezo, O. M., Wang, M., & Memon, R. A. (2018). Incorporating Optimal Transmission Switching in Unit Commitment with a Probabilistic Spinning Reserve Criterion. *2018 2nd IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/EI2.2018.8582322>
- Zhao, Y., Goldsmith, A., & Poor, H. V. (2012). On PMU location selection for line outage detection in wide-area transmission networks. *2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/PESGM.2012.6344572>

## *Data-driven Model-free Hosting Capacity Estimation in a Low Voltage Node*

### *Estimación de Hosting Capacity en un nodo de bajo voltaje basada en datos sin modelo de red*

Luis Daniel Andagoya-Alba<sup>1</sup> , Johanna Jara<sup>2</sup> , Pablo Catota<sup>3</sup> , Rommel Valencia<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior Universitario Rumiñahui, luis.andagoya@ister.edu.ec, Quito, Ecuador

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico Superior Universitario Rumiñahui, johanna.jara@ister.edu.ec, Quito, Ecuador

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico Superior Universitario Rumiñahui, pablo.catota@ister.edu.ec, Quito, Ecuador

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico Superior Universitario Rumiñahui, rommel.valencia@ister.edu.ec, Quito, Ecuador

Corresponding author: luis.andagoya@ister.edu.ec, andagoyaalba@gmail.com

#### **ABSTRACT**

Currently, distributed generation systems have been proposed to increase the energy's potential in electrical grids, however, the insertion of this form of energy generation can cause negative effects, like overvoltages, that can exceed the allowed levels by the local operator. For this reason, it is necessary to set a limit for the injection of distributed generation into the network. This parameter is called Hosting Capacity, which is used to restrict the power coming from distributed sources, while maintaining the normal functioning of the network. Some studies have been developed to define and calculate the Hosting Capacity, mainly based on scenario simulations, however, these need detailed and accurate network models which at low voltage levels are very difficult to have. This work focuses on determining a Hosting Capacity value in a low voltage node, using values from a smart meter. The proposed methodology implements a lineal regression model considering voltage and power consumption parameters. The results were validated through a network model obtaining voltage values lower to the limit, therefore, concluding that the proposed model is useful for calculating Hosting Capacity without employing a network model.

**Keywords:** Hosting Capacity, Data-driven analyses, Linear regression model, Distributed energy resource

#### **RESUMEN**

En la actualidad, los sistemas de generación distribuida han sido desarrollados para incrementar el potencial energético en las redes eléctricas, sin embargo, la introducción de esta forma de generación de energía puede ocasionar efectos negativos, como sobrevoltajes, que exceden los niveles permitidos por el operador local. Por este motivo, es necesario establecer un límite para la inyección de generación distribuida en la red. Este parámetro, denominado Hosting Capacity, ha sido desarrollado para limitar la potencia de fuentes distribuidas manteniendo el funcionamiento apropiado de la red. Algunas investigaciones han definido y calculado el Hosting

Capacity mediante simulaciones de escenarios, esto implica definir modelos de red detallados y precisos que a niveles de bajo voltaje son difíciles obtener. El presente trabajo se enfoca en determinar el valor de Hosting Capacity en un nodo de bajo voltaje, utilizando datos obtenidos de un medidor inteligente. En la metodología propuesta se implementa un modelo de regresión lineal que considera parámetros de voltaje y potencia consumida. Los resultados se validaron mediante un modelo de red obteniendo valores inferiores al límite, lo que permite concluir que el modelo implementado es útil para el cálculo de Hosting Capacity sin utilizar modelo de red.

**Palabras clave:** Hosting Capacity, Análisis de datos, Modelo de regresión lineal, Recursos energéticos distribuidos

## 1. INTRODUCTION

In the coming years, distributed generation systems will increase the energy's potential of those countries that are taking appropriate measures to change the energy matrix and introducing renewable energies as an alternative, especially solar energy, as a global trend (Esau et al., 2023). To meet these challenges, the implementation of ways to monitor and manage distribution networks are required, which leads to the analysis of smart grids designed to take into account the increase of photovoltaic systems, as a contribution to distributed generation (Munikoti et al., 2022). Distributed Energy Resource (DER) can increase the voltage levels in distribution networks if their connection is not monitored. To provide a solution to this problem, regulating devices are used like load tap changers, helping to maintain the voltage level at the desired values (Huo et al., 2023).

Therefore, the need for a new network parameter, called Hosting Capacity (HC), has been evaluated to assess the ability of the system to manage the parameters of the distributed generation load without exceeding the permissible limits of the operational performance of the distribution networks (Castelo de Oliveira et al., 2020; Fatima et al., 2020; Qamar et al., 2023a); thus, methods for the analysis and real-time monitoring of the network parameters, which are factors to be analyzed for the optimization of the power distribution system, should be evaluated. These analyses allow the combination of DER with new systems, such as electric vehicle charging and grid-connected photovoltaic generation systems (Silva & Vieira, 2022; Ismael et al., 2019).

Network models are the most commonly employed techniques to determine the parameters of a network. HC calculations rely heavily on network models, which are often incorporated into their design using tools such as traditional power flows and optimal power flow optimization. These calculations face various challenges, particularly when it comes to application scalability. Errors or missing data make it logistically difficult to update network topologies and the demands associated with them, which intensifies the problem in distribution networks.

One possibility to solve this problem is to calculate voltages without having the corresponding electrical models. Currently in distribution networks, Advanced Metering Infrastructure (AMI) is becoming increasingly prevalent and can be used to achieve this goal. The physical

relationships of the circuit can be determined by using linear and nonlinear regressions, focusing on measuring the distribution of data in multiple domains. In literature reviews, there are references to analyzed network models and it is not common to find accurate network models having an adequate amount of existing elements and variables in their structure. Bassi et al. (2021a) as Rajabi et al. (2022a) propose calculations of voltages without network model through neural network models, with the validation of historical data performed by energy meters, and also using low voltage feeders are analyzed methodologies based on hyperparameters in the feeders. As a consequence, the obtained results can demonstrate approaches of calculations that establish limits for the photovoltaic capacity in a distribution system. The evaluation of photovoltaic (PV) systems penetration using smart meters helps to reduce the error rate by 10 % in the estimation (Cunha et al., 2020).

The work of Bassi et al. (2022b) laid the groundwork for a model-free calculation method for electrical voltage determination, proposed by the University of Melbourne. The report also analyzes data from distribution network service providers (DNSPs) in Victoria. A proposed approach is presented here, which aims to calculate data-driven loads without predefined network models. This method is based on the analysis of historical smart meter data and can be interpreted accurately without being affected by excessive noise or erroneous measurements. The report includes several analyses to understand the received data, such as the distribution of the data provided by each DNSP, the number of data points in the raw value set, and the direction of active and reactive power in each quadrant. Overall, this paper provides a detailed description of the proposed methodology and analysis of the data obtained, thus laying the groundwork for future work on model-free activity projects.

The paper written by Qamar et al. (2023b) the world has seen a great shift toward renewable energy resources from conventional ones. But the ever-increasing integration of distributed generation (DG) presents an analysis of a network-free model for controlling low-voltage solar-abundant distribution networks. The method uses a neural network (NN) trained with historical smart meter data to capture the nonlinear relationship between historical smart meter data ( $P$ ,  $Q$ ,  $V$ ). This paper presents a practical case study of an Australian low-voltage power supply with 31 single-phase solar customers. The results show that the calculated PV settings are comparable to traditional three-phase Optimal Power Flow (OPF) analysis. The proposed approach is a solution that does not require a detailed three-phase low-voltage network model, which makes it practical for distribution utilities to manage PV-rich low-voltage networks. In the same context, Bassi et al. (2022b) propose an HC analysis method by training a NN based on historical data obtained from smart meters assigned to each consumer of the analysis network. This model offers the use of DER for network analysis without the use of a network model, which is a great advantage since it is difficult to obtain an accurate network model at the low voltage distribution level. The model offers a preprocessing to eliminate abnormal data that can cause errors in the determination of the voltage parameters in the proposed scenario and then uses this



data to train a NN whose output variable will be the voltage at the node. Based on these results and the definition of the allowed voltage limits, the HC value of the analyzed network can be determined.

A new method for voltage calculation in low-voltage networks with a large number of residential PV systems is evaluated in Bassi et al. (2021b) voltage calculations can help determining specific settings (e.g., PV curtailment. The proposed method uses smart meter data and deep neural networks (DNNs) to calculate the voltage without requiring a full electrical model. The results show that this method can solve the problem of voltage spikes caused by domestic solar power generation systems and improve the quality of power supply. The work of Wu et al. (2023) tested a new distribution network HC analysis method called spatiotemporal deep learning, which uses deep learning techniques to calculate the (HC) in distribution systems. The paper proposes a deep learning model, called Long Short-Term Memory (LSTM), that is capable of “remembering” relevant data in a sequence and retaining it for several moments. Therefore, it can have as much short-term memory (as a basic recurrent network) as long-term memory. In Procopiou et al. (2020) voltage rise issues are expected to occur on the very infrastructure they are connected to: the low-voltage (LV) a method based on data obtained from smart meters is proposed, which allow a fast estimation of HC in low voltage networks and thus avoid complex studies based on network models. Using data collected from smart meters, a simple invariant regression model is developed to estimate the average active power of each customer, in particular the values that can cause the specified voltage limits to be exceeded. This calculation is used to determine the additional PV capacity that can be supported by the low-voltage grid. The proposed method is validated using real smart meter data obtained by simulating the gradual penetration of PV on Australian high-voltage feeders supplying 79 low-voltage grids. The results show that this analytical method can accurately estimate the HC and is a faster and simpler alternative to more complex methods based on network models greatly improved.

The present work focuses on determining a methodology for estimating an HC value in a low-voltage node using data from a smart meter that records the voltage and power demand values of a common consumer. The data is processed to determine a regression model that allows estimating future scenarios based on historical data of voltages and power demand. Finally, the proposed methodology is applied in a node of grid connection of the electrical load of the Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui. This work differs from other studies in the following points:

The methodology is developed only with the power and voltage values of a consumer, scenarios with photovoltaic systems are not considered as in some previously detailed developments.

- The data used is only from the smart meter, no scenarios based on network models are simulated to complete the data.

- The proposed methodology is developed for a specific user with the possibility of scaling to a network if there is enough data.

The proposed methodology is developed below.

## 2. MATERIALS AND METHODS

The proposed methodology is composed of four processes: Data Acquisition, Data Processing, Predictive Model Development, and HC Estimation. It involves an internal data extraction, transformation, and loading (ETL) process, which was developed in Python programming language.

**Figure 1.** Data-Driven Hosting Capacity Estimation Flow chart

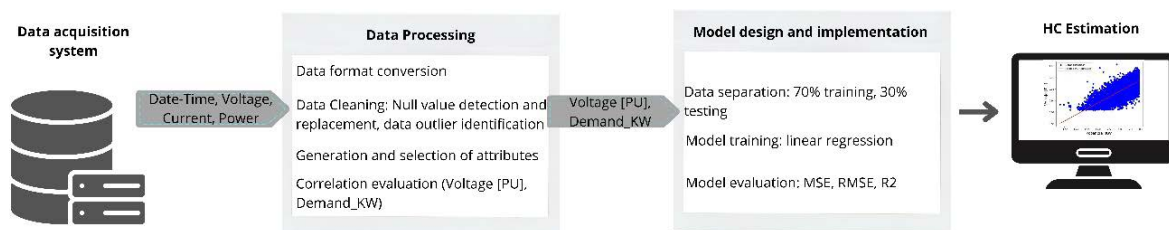


Figure 1 summarizes the proposed methodology for HC determination using PCC electrical parameter data. It is important to note that the proposed methodology involves an internal data extraction, transformation, and loading (ETL) process. Each one is detailed below.

1. **Data Acquisition.** A Data Acquisition (DAQ) located at a common connection point (PCC) of the network was used, the system stores measurements of electrical parameters (voltage, current, and consumed power) with the date and time at which it records each sample, during a period of time established as representative. The data is stored on a secure digital (SD) card in comma-separated value (CSV) format, which is referred to as the source file.
2. **Data Processing:** The source file format is verified and converted to facilitate its manipulation, and cleaning is performed to detect null and outliers that may alter the result of the project; this process culminates with the calculation or generation of the necessary attributes and evaluation of their correlation.
3. **Development of the Predictive Model.** To design the linear regression model () the selected attributes were loaded and separated into two data sets, where 70 % was used for training and 30 % for testing the model; where  $a$  and  $b$  are the coefficients that allow relating the dependent variable  $x$ , which corresponds to the power consumed in KW, with the independent variable  $y$ , which represents the voltage in per unit (p.u.) values. To evaluate the performance of the algorithm, the Mean Square Error (MSE), Root Mean Square Error (RMSE),  $R^2$ , and Mean Absolute Error (MAE) metrics were used.
4. **HC Estimation.** With the determination of the model that describes the behavior of voltage levels at the point of analysis, it is possible to estimate values of power injected to the low

voltage distribution system for a given voltage level. In the case of HC, an active power value is determined for an overvoltage level established by the regulations in force at the analysis location.

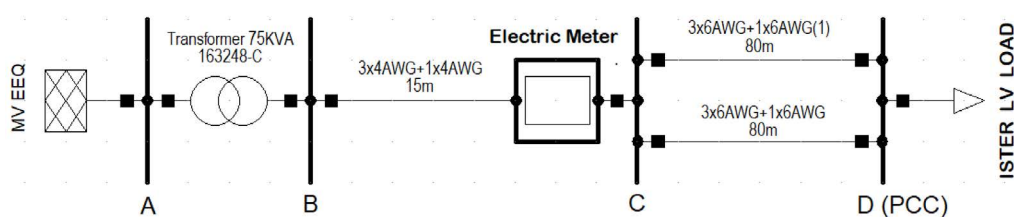
### 3. STUDY CASE

To validate the proposed methodology, the electrical load of the Instituto Universitario Rumiñahui (ISTER) was considered as case study. The data was acquired through a Data Acquisition System (DAQ) that records voltage, current, and power values. It was connected to the common connection point PCC, which in this case was the main distribution board of the ISTER. The system stores daily measurements in five-minute intervals, with electrical parameters (voltage, current, and power consumed), date and time at which each sample is recorded. This collection was performed for three months. The data is stored on a secure digital card (SD) in Comma Separated Value (CSV) format, which is called the source file.

#### MV–LV ISTER low voltage electrical system

The used ISTER electrical system starts from the 22.8 KV bus that feeds the primary of the 75 KVA; 22.8 KV/220 V three-phase distribution transformer; the low voltage bus is connected to the general meter, and this in turn connects to the Main Distribution Board of the ISTER, considered the PCC for this study. The transformer tap is at step 1 with +1.5 % (line voltage of 223.4 V and single voltage of 129 V). Therefore, the base single-phase voltage considered is 129 V, which corresponds to voltage 1.00 p.u. The network is shown in Figure 2.

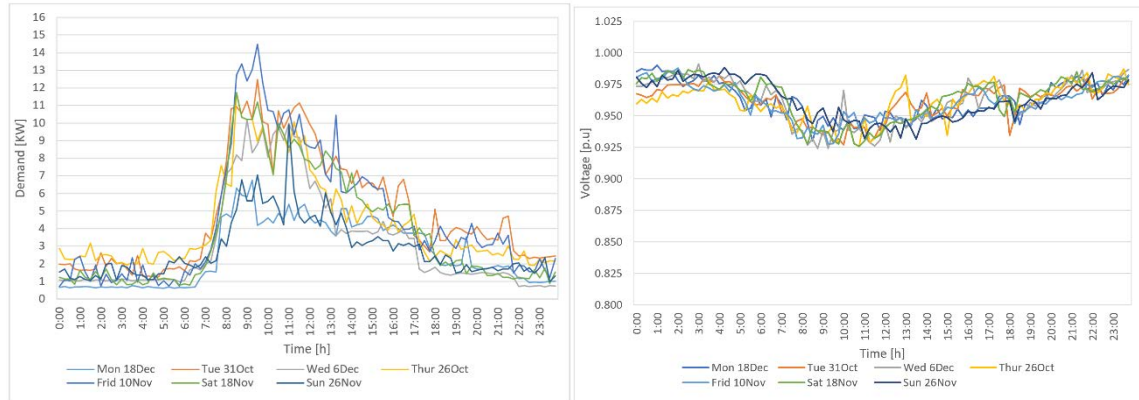
**Figure 2.** MV–LV ISTER low voltage electrical system



To validate the results obtained from the application of the methodology, a modeling of the ISTER network was carried out in the OpenDSS program, using the physical network data and the demand profiles obtained from the smart measurements. The measurements were performed from September 26 to December 23, 2023, with a period of 5 min. Figure 3 shows the demand profiles and voltages for each day of the week taken randomly within the analysis period.



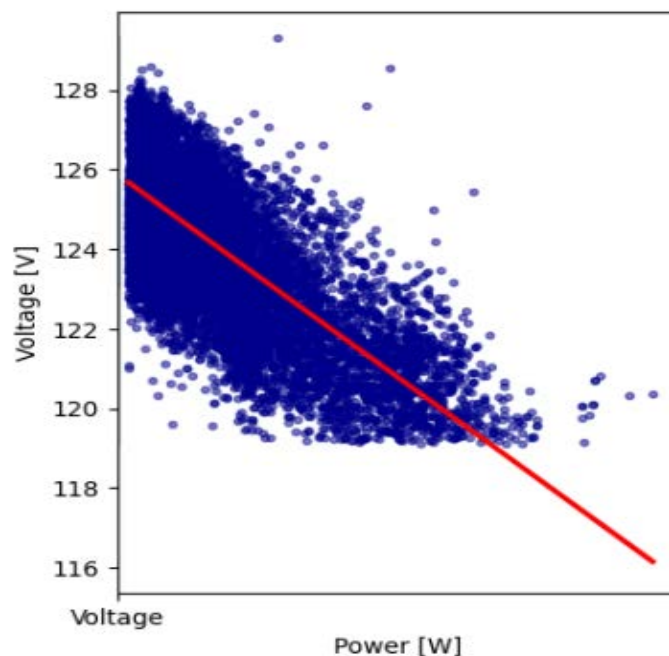
**Figure 3.** ISTER PCC demand and voltage profiles



## Data acquisition

For the acquisition process, a DAQ was installed at a common connection point located on the Institute's main distribution board. The data were stored in an SD memory in CSV format. The file contains measurements of electrical parameters (voltage, ampacity, and active power) in 5-minute periods carried out by the DAQ. The extraction process began by reading the CSV file with the `read_csv` function of the Python numpy library. Figure 4 shows the voltage (V) and power (W) data collected by the DAQ over three months and their trend.

**Figure 4.** Data acquired from the DAQ



## Data processing

This process consists of preparing the data by converting formats, cleaning (detection of null and outlier values), and generating or calculating new attributes from existing ones. This process began by transforming the Date field of type Object into a datetime64[ns] to facilitate its manipulation. Table 1 shows the description and data type of the fields contained in the original extracted source file.

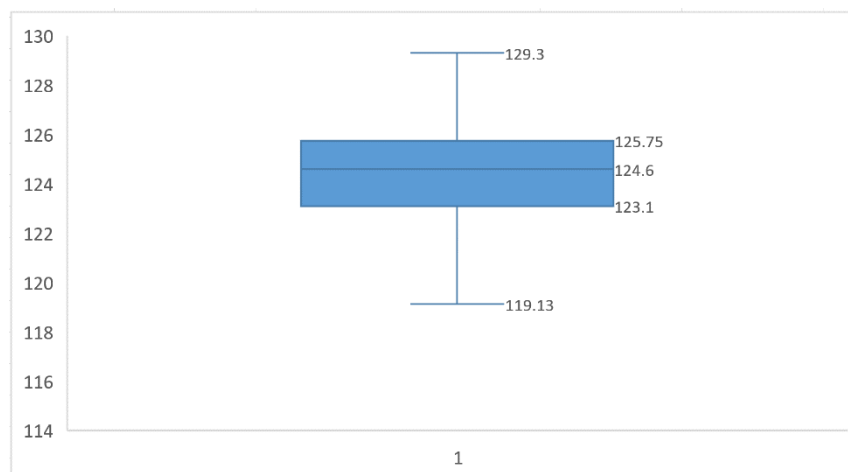
**Table 1.** Source file fields

Field	Description	Data Type
Date.	Indicates the date the meter records data.	Object
Time	Indicates the hour, minutes, and seconds in which the meter takes the data.	Object
Voltage	Voltage Measurement Parameter in Volts.	float64
Ampacity	Ampacity Measurement Parameter in Amperes.	float64
Power	Power Measurement Parameter in Watts.	float64

To perform data cleaning, the data was checked for null values with the isnull() function, however, it did not return empty fields. It was found that each day contains 288 measurements.

To identify outliers, the distribution of the data corresponding to Voltage was analyzed by comparing it with the 25th (123.1 V), 50th (124.6 V), and 75th (125.75 V) percentiles represented in a box plot. From Figure 5, it is obtained that no Voltage value is outside the limit lines (129.3 and 119.13V), therefore, there are no outliers.

**Figure 5.** Voltage box plot



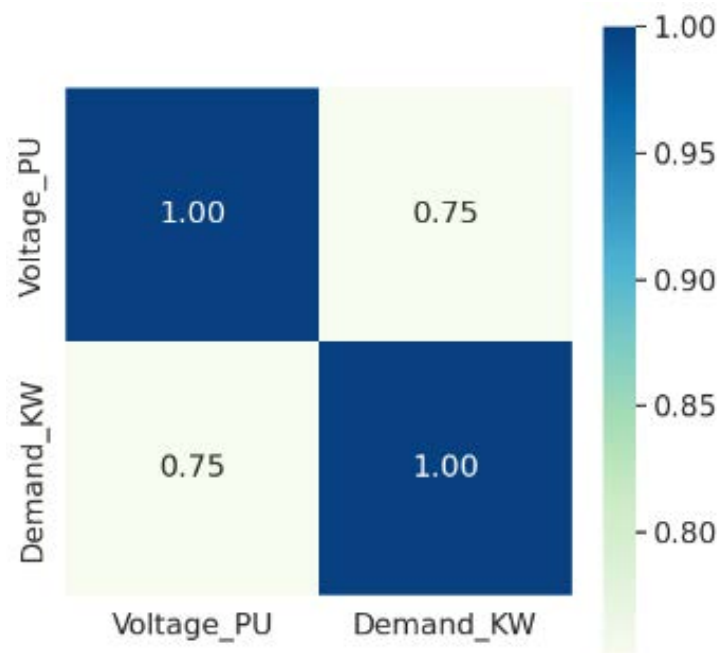
For the study, it was required to generate attributes such as Voltage in p.u. and Power consumed in KW. To change the Voltage parameter, 129 V was taken as a reference [1.00 p.u.].

In the study, to identify the power consumed, the range of negative numbers was used, and for the power that can be exported to the network, the range of positive numbers was used.

Because of the DAQ recorded power consumption values in Watts, it was converted to KW in the negative range. Power\_Consumption\_KW and Voltage\_p.u fields were generated.

To complete the data processing, a correlation matrix was used, because it is a tool that allows identifying the variables that are related to each other. Figure 6 shows a correlation of 0.75 for the selected variables (Voltage in p.u. and power consumed in KW), which indicates that the two variables tend to increase or decrease at the same time, that is, they evolve in the same direction. Therefore, in the loading process, they will be the attributes sent for the design and implementation of the predictive model.

**Figure 6.** Correlation matrix

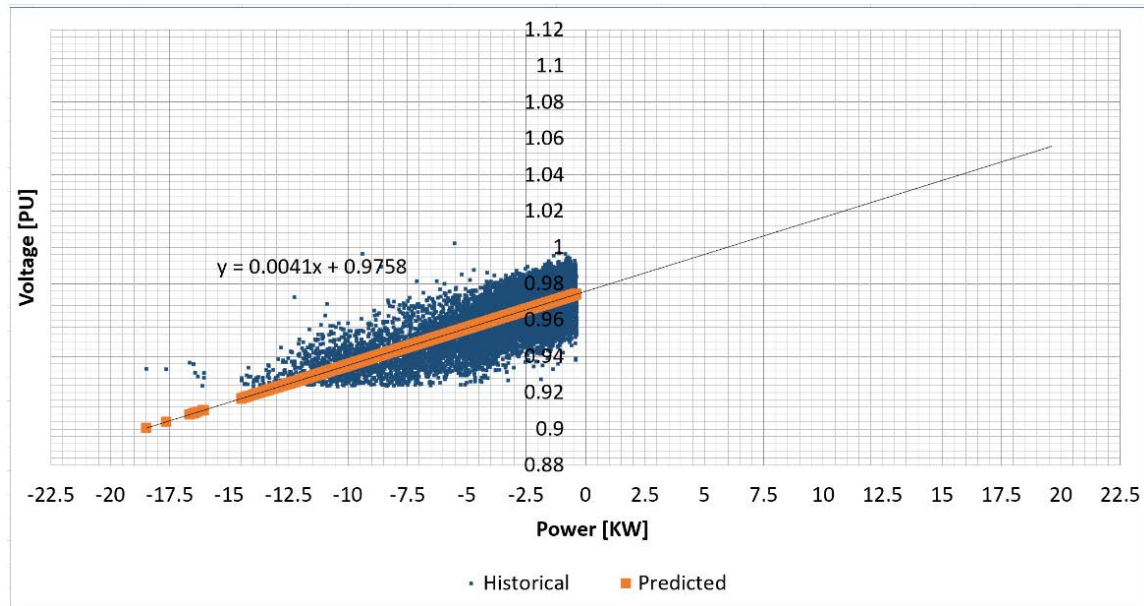


### Development of the predictive model

The values obtained in the correlation matrix led to considering linear regression as an optimal model that can describe the behavior of the variables.

The design process began with the training of the linear regression model, the separation of data into training and test sets were carried out, in this case, they were divided into 70 % and 30 % correspondingly, using the LinearRegression() function of the sklearn library, that executes the process to obtain coefficients of the algorithm; being 0.00407 and 0.976. The equation that represents the regression model is , as shown in Figure 7.

Figure 7. Linear regression



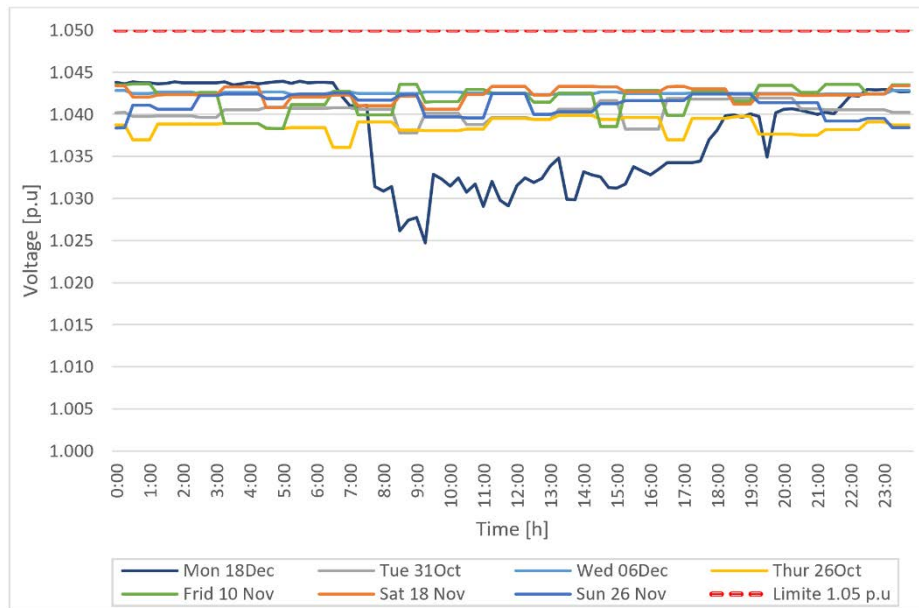
In the evaluation of the algorithm performance, the MSE values were obtained at  $9.686 \times 10^{-5}$ . This value is close to 0, which indicates how close the regression fit is to the observations. The RMSE had a result of 0.00984 and  $r^2$  which indicates how well the model fits the real observations, which had a value of 0.569 and the MAE that indicates the average error is 0.00803.

By the IEEE ANSI C84.1 ( $\pm 5\%$ ) and IEEE 1547-2018 (0.95 to 1.05) standards, it was parameterized that the overvoltage limit will be 1.05 p.u. For this reason, the HC calculation was carried out for an exact point, this being 1.05 p.u. to obtain the value of maximum power that could be injected into the network, in this case, 18,253 KW.

#### 4. RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained from the proposed methodology are used to model a DER system of 18,253 KW [maximum HC calculated], that is connected to the PCC to subsequently perform the analyses in time series of each day of the week, taken randomly from the considered test period. The network modeling and the simulation of power flows in time series were carried out in the OpenDSS software. Figure 8 shows the voltage profiles of the considered node, with the constant HC value determined.

**Figure 8.** Voltage profile in low-voltage node analyzed with 18,253KW of DER



It is shown that the HC value estimated through the proposed methodology allows the operation of the network under the determined operating limit of 1.05 p.u. in the node voltage, that is, no voltage violation occurs at any time of the day, which demonstrates the validity of the study. This demonstrates that the proposed HC estimation model was capable of providing an adequate HC estimation in the considered node associated with a low-voltage network only considering the data of the current behavior of the network.

### Future Gaps

The use of other estimation models can be an interesting advance in the development of HC without network models or the use of current methodologies considering the dynamics of the network.

## 5. CONCLUSIONS

The linear regression model can be efficiently applied to determine a future scenario based on historical data that relates the variables that determine its behavior, in this case, the determination of a maximum value of Hosting Capacity that allows limiting the amount of generation distributed connected to a node.

The proposed methodology adequately approximated an HC value that allowed the user to remain within the overvoltage limits established by the applied regulations. Furthermore, the methodology can be scaled to several users with different characteristics as long as adequate data is available.

Network model-free analyses are considered a very useful tool for determining the behavior of an electrical system, especially those systems where it is difficult to have exact and detailed

network models, such as low-voltage distribution systems.

The proposed methodology considers the cleaning of the input data to determine the regression model as a very important process. This is important since in real systems some of the information may be lost or there may be errors in their registration, which would cause errors in HC estimation.

These methodologies are very useful for network operators in system planning for the integration of DER at the user level, considering current regulations and the network's limitations.

## REFERENCES

- Bassi, V., Jaglal, D., Ochoa, L., Alpcan, T., & Leckie, C. (2022a). *Deliverable 0 «Concept, Smart Meter Data, and Initial Findings»*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29492.94089/1>
- Bassi, V., Jaglal, D., Ochoa, L., Alpcan, T., & Leckie, C. (2022b). *Deliverable 0 «Concept, Smart Meter Data, and Initial Findings»*.
- Bassi, V., Ochoa, L., & Alpcan, T. (2021a). *Model-Free Voltage Calculations for PV-Rich LV Networks: Smart Meter Data and Deep Neural Networks*. <https://doi.org/10.1109/PowerTech46648.2021.9494847>
- Bassi, V., Ochoa, L., & Alpcan, T. (2021b). Model-Free Voltage Calculations for PV-Rich LV Networks: Smart Meter Data and Deep Neural Networks. *2021 IEEE Madrid Power-Tech*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/PowerTech46648.2021.9494847>
- Castelo de Oliveira, T. E., Ribeiro, P. F., Zobaa, A. F., Abdel Aleem, S. H. E., & Ismael, S. M. (2020). An Overview of Hosting Capacity for Modern Power Grids. En A. F. Zobaa, S. H. E. Abdel Aleem, S. M. Ismael, & P. F. Ribeiro (Eds.), *Hosting Capacity for Smart Power Grids* (pp. 1-9). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-40029-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-40029-3_1)
- Cunha, V. C., Freitas, W., Trindade, F. C. L., & Santoso, S. (2020). Automated Determination of Topology and Line Parameters in Low Voltage Systems Using Smart Meters Measurements. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 11(6), 5028-5038. <https://doi.org/10.1109/TSG.2020.3004096>
- e Silva, L. E. S., & Vieira, J. P. A. (2022). Combined PV-PEV Hosting Capacity Analysis in Low-Voltage Distribution Networks. *Electric Power Systems Research*, 206, 107829. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.107829>
- Esau, Z., Ryoichi, H., & Hiroyuki, K. (2023). A flexible stochastic PV hosting capacity framework considering network over-voltage tolerance. *Energy Reports*, 9, 529-538. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.11.101>
- Fatima, S., Püvi, V., & Lehtonen, M. (2020). Review on the PV Hosting Capacity in Distribution Networks. *Energies*, 13(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/en13184756>
- Guo, Y., Yuan, Y., & Wang, Z. (2022). Distribution Grid Modeling Using Smart Meter Data. *IEEE Transactions on Power Systems*, 37(3), 1995-2004. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2021.3118004>
- Huo, Y., Li, P., Ji, H., Yu, H., Yan, J., Wu, J., & Wang, C. (2023). Data-Driven Coordinat-



- ed Voltage Control Method of Distribution Networks With High DG Penetration. *IEEE Transactions on Power Systems*, 38(2), 1543-1557. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2022.3172667>
- Ismael, S. M., Abdel Aleem, S. H. E., Abdelaziz, A. Y., & Zobaa, A. F. (2019). State-of-the-art of hosting capacity in modern power systems with distributed generation. *Renewable Energy*, 130, 1002-1020. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.008>
- Munikoti, S., Abujubbeh, M., Jhala, K., & Natarajan, B. (2022). A novel framework for hosting capacity analysis with spatio-temporal probabilistic voltage sensitivity analysis. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 134, 107426. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107426>
- Procopiou, A., Liu, M., Ochoa, L., Langstaff, T., & Harding, J. (2020). *Smart meter-driven estimation of PV hosting capacity*.
- Procopiou, A. T., Liu, M. Z., Ochoa, L. F., Langstaff, T., & Harding, J. (2020). Smart meter-driven estimation of PV hosting capacity. *CIREN 2020 Berlin Workshop (CIREN 2020)*, 2020, 128-131. <https://doi.org/10.1049/oap-cired.2021.0287>
- Qamar, N., Arshad, A., Mahmoud, K., & Lehtonen, M. (2023a). Hosting Capacity in Distribution Grids: A Review of Definitions, Performance Indices, Determination Methodologies, and Enhancement Techniques. *Energy Science & Engineering*, 11. <https://doi.org/10.1002/ese3.1389>
- Qamar, N., Arshad, A., Mahmoud, K., & Lehtonen, M. (2023b). Hosting capacity in distribution grids: A review of definitions, performance indices, determination methodologies, and enhancement techniques. *Energy Science & Engineering*, 11(4), 1536-1559. <https://doi.org/10.1002/ese3.1389>
- Rajabi, A., Elphick, S., David, J., Pors, A., & Robinson, D. (2022). Innovative approaches for assessing and enhancing the hosting capacity of PV-rich distribution networks: An Australian perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161, 112365. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112365>
- Taheri, S., Jalali, M., Kekatos, V., & Tong, L. (2021). Fast Probabilistic Hosting Capacity Analysis for Active Distribution Systems. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 12(3), 2000-2012. <https://doi.org/10.1109/TSG.2020.3038651>
- Wu, J., Yuan, J., Weng, Y., & Ayyanar, R. (2023). Spatial-Temporal Deep Learning for Hosting Capacity Analysis in Distribution Grids. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 14(1), 354-364. <https://doi.org/10.1109/TSG.2022.3196943>

## *Uso de la inteligencia artificial entre profesores de educación básica superior en Ecuador*

### *Use of artificial intelligence among teachers of higher basic education in Ecuador*

Angélica Valeria Jiménez Banchón<sup>1</sup>  , Richard Ramírez Anormaliza<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Península de Santa Elena, angelica.jimenezb@educacion.gob, La Libertad, Ecuador

<sup>2</sup>Universidad Estatal de Milagro, Universidad de Guayaquil, rramireza@unemi.edu.ec, Milagro, Ecuador

Autor de correspondencia: angelica.jimenezb@educacion.gob.ec

### RESUMEN

Este artículo examina la adopción de la inteligencia artificial (IA) entre los docentes de educación básica superior en Ecuador, destacando la importancia de la intención de uso, la usabilidad percibida y la utilidad esperada. Se enfatiza la necesidad de mejorar la usabilidad y comunicar la utilidad de la IA para su adopción, con implicaciones para la formación docente. El estudio utiliza un enfoque cuantitativo y modelado de ecuaciones estructurales para analizar datos de 299 docentes de un Distrito de educación, encontrando que la usabilidad percibida y la utilidad esperada influyen significativamente en la intención de usar IA. Los hallazgos sugieren que centrarse en mejorar la usabilidad y comunicar claramente los beneficios de la IA puede fomentar su adopción entre los educadores. Los temas incluyen la evolución y tendencias futuras de la IA en la educación, la integración de la tecnología en las prácticas docentes y aceptación de la tecnología por parte de los docentes, a través de modelos como el Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM). Se destaca además la importancia de equipar a los docentes con las habilidades necesarias para integrar la tecnología en la educación, inspirados por marcos como TPACK.

**Palabras claves:** Inteligencia artificial, El aprendizaje, Rendimiento académico, Aceptación de la tecnología

### ABSTRACT

This article examines the adoption of artificial intelligence (AI) among higher primary education teachers in Ecuador, highlighting the importance of intention to use, perceived usability, and expected usefulness. The need to improve usability and communicate the usefulness of AI for adoption is emphasized, with implications for teacher training. The study uses a quantitative approach and structural equation modeling to analyze data from 299 teachers from an education district, finding that perceived usability and expected usefulness significantly influence the intention to use AI. The findings suggest that improving usability and communicating the benefits of AI can encourage its adoption among educators. Topics include the evolution and future trends of AI in education, the integration of technology into teaching practices, and the teachers' acceptance of technology through models such as the Technology Acceptance Model (TAM). The importance of equipping teachers with the skills necessary to integrate technology



into education, inspired by frameworks such as TPACK, is also highlighted.

**Key words:** Artificial intelligence, Learning, Academic performance, Acceptance of technology

## 1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una tecnología transformadora en diversos campos, incluyendo la educación (Zawacki-Richter et al., 2019)2019. En el contexto educativo, la IA tiene el potencial de revolucionar la enseñanza y el aprendizaje, ofreciendo oportunidades para personalizar la instrucción, automatizar tareas administrativas y mejorar los resultados de aprendizaje (Popenici & Kerr, 2017). A medida que la IA continúa evolucionando y se vuelve más accesible, es crucial comprender los factores que influyen en su adopción y uso por parte de los educadores.

La adopción de tecnología ha sido un tema ampliamente estudiado en la literatura, con varios modelos teóricos desarrollados para explicar y predecir el comportamiento de adopción de los usuarios. Uno de los modelos más influyentes es el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) propuesto por Davis (1989), que postula que la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida son determinantes clave de la intención de uso y el uso real de una tecnología. El TAM ha sido ampliamente aplicado y extendido en diversos contextos, incluyendo la educación (Scherer et al., 2019).

Además del TAM, la literatura ha identificado otros factores que pueden influir en la adopción de tecnología por parte de los educadores. La usabilidad, definida como la medida en que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción (ISO, 2018), ha sido reconocida como un factor crítico en la aceptación de tecnología (Teo, 2010). Los educadores son más propensos a adoptar tecnologías que sean fáciles de usar y que se integren sin problemas en sus prácticas de enseñanza existentes (Joo, 2020).

Otro factor importante es la utilidad esperada, que se refiere a la medida en que los educadores creen que una tecnología mejorará su desempeño y eficacia en el trabajo (Venkatesh et al., 2003). Los educadores están más dispuestos a adoptar tecnologías que perciben como beneficiosas para su enseñanza y para el aprendizaje de sus estudiantes (Backfisch et al., 2020). La investigación ha demostrado que la utilidad esperada es un fuerte predictor de la intención de uso de tecnología en el contexto educativo (Scherer et al., 2019).

A pesar del creciente interés en la IA en la educación, hay una escasez de investigaciones que examinen los factores que influyen en la adopción de IA por parte de los profesores, particularmente en el contexto de la educación básica superior en Ecuador. Este estudio busca abordar esta brecha en la literatura, proponiendo un modelo basado en el TAM que incorpora la usabilidad percibida y la utilidad esperada como predictores de la intención de uso y el uso real de la

IA entre los profesores de educación básica superior en Ecuador.

Los objetivos específicos de esta investigación son: (1) examinar el efecto de la usabilidad percibida y la utilidad esperada en la intención de uso de la IA; (2) investigar el impacto de la utilidad esperada en la usabilidad percibida; y (3) evaluar la relación entre la intención de uso y el uso real de la IA entre los profesores de educación básica superior en Ecuador. Los resultados de este estudio contribuirán a una mejor comprensión de los factores que impulsan la adopción de IA en la educación y proporcionarán información valiosa para el diseño de programas de capacitación docente y la implementación exitosa de tecnologías de IA en las aulas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo y un diseño transversal (Creswell & Creswell, 2017). Se utilizó un modelo de ecuaciones estructurales basado en mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) para examinar las relaciones entre los constructos propuestos (Hair, 2017). La población objetivo para este estudio fueron los profesores de educación básica superior de un distrito en Ecuador. Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia para recolectar los datos (Etikan et al., 2015). La recolección de datos se realizó mediante una encuesta en línea, y se obtuvo una muestra final de 299 profesores de un distrito de educación en una escuela de Ecuador.

Los constructos del modelo fueron medidos utilizando escalas adaptadas de estudios previos. La intención de uso (BI) y el uso real (U) se midieron con escalas adaptadas de Venkatesh et al. (2012). La usabilidad percibida (UP) se midió con una escala adaptada de Brooke (1996), mientras que la utilidad esperada (UE) se midió con una escala adaptada de Davis (1989). Todas las escalas utilizaron un formato de respuesta tipo Likert de 6 puntos, donde 1 indica “totalmente en desacuerdo” y 6 indica “totalmente de acuerdo”. Los constructos con sus respectivos indicadores se muestran en la Tabla 1.

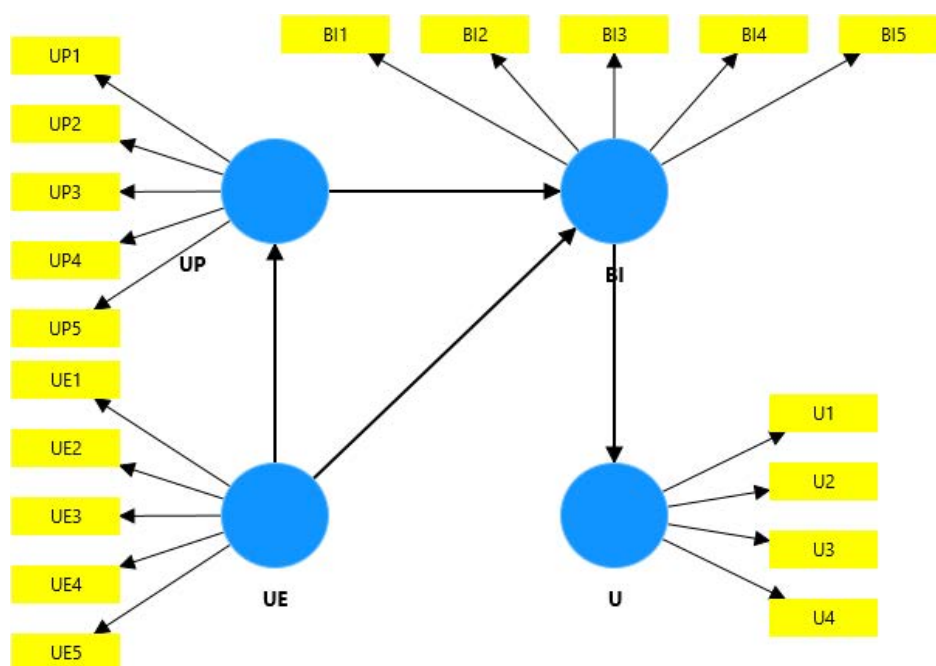
*Tabla 1: Constructos e indicadores*

Constructo – indicador		Fuente
<b>Utilidad Percibida (UP):</b>		Para la intención conductual de uso, la auto-eficacia y la ansiedad se han adaptado los propuestos por (Venkatesh et al., 2003):
UP1	El uso de IA en la educación mejora mi efectividad en la enseñanza	
UP2	El uso de la IA en la educación me resulta útil	
UP3	El uso de la IA en la educación me ahorra tiempo.	
UP4	Es útil incorporar tecnologías basadas en IA para la evaluación de mis estudiantes	
UP5	El uso de herramientas basadas en IA aumenta mis oportunidades de evaluación.	

<b>Facilidad de Uso Percibida (EU):</b>		Los ítems referidos a la facilidad de uso, la utilidad percibida y la intención conductual han sido adaptados de la propuesta de Davis (1989).
UE1	Aprender a usar herramientas digitales basadas en IA es fácil para mí.	
UE2	Adquirir habilidades en el uso de herramientas digitales basadas en inteligencia artificial es fácil.	
UE3	Enseñar es más fácil si la IA me ofrece herramientas digitales	
UE4	Me resulta fácil conseguir que las IA hagan lo que yo quiero que hagan.	
UE5	Los sistemas basados en IA me parecen fáciles de usar.	
<b>Intención Conductual hacia el Uso (BI)</b>		Grado en el que el usuario formula planes conscientes para desarrollar (o no) una conducta futura. La intención es proactiva, en el sentido que implica que el usuario se interesará en contar con esa tecnología en la vida diaria (Bedregal-Alpaca et al., 2019).
BI1	Tengo la intención de utilizar con frecuencia la inteligencia artificial para mejorar el aprendizaje en mis estudiantes.	
BI2	Tengo la intención de utilizar la inteligencia artificial en el proceso educativo.	
BI3	Tengo la intención de utilizar la inteligencia artificial y las herramientas que faciliten la enseñanza durante este trimestre y el otro.	
BI4	Tengo la intención de utilizar repetidamente herramientas digitales en el proceso educativo con la mayor frecuencia posible.	
BI5	Tengo la intención de utilizar la inteligencia artificial en mis clases y así se me facilite el proceso de evaluación de los estudiantes	
<b>USO (U):</b>		El uso real (U) se midieron con escalas adaptadas de Venkatesh et al. (2012).
U1	Tengo experiencia en el uso de la inteligencia artificial.	
U2	Ya he utilizado aplicaciones impulsadas por IA (chatbots, etc.).	
U3	Utilizar herramientas digitales aplicadas en el proceso de aprendizaje es una buena idea.	
U4	Es beneficioso el uso de la inteligencia artificial dentro de las aulas.	
U5	Como docente he utilizado la inteligencia artificial y me parece de fácil uso.	

Con los constructos del modelo de aceptación de la tecnología 2 (Scherer et al., 2019) y los indicadores seleccionados, se planteó el modelo de investigación presentado en la Figura 1.

**Figura 1:** Modelo de investigación



Los datos se analizaron utilizando el software SmartPLS 4 (Ringle et al., 2022). Se siguió el enfoque de dos pasos recomendado por Anderson & Gerbing (1988), evaluando primero el modelo de medida y luego el modelo estructural. La fiabilidad y validez del modelo de medida se evaluó mediante el examen de las cargas factoriales, la fiabilidad compuesta, la varianza extraída media (AVE) y la validez discriminante (Hair, 2017). El modelo estructural se evaluó examinando los coeficientes de ruta, los valores de  $R^2$ , los tamaños del efecto ( $f^2$ ) y la relevancia predictiva ( $Q^2$ ) (Chin, 1998; Hair, 2017). Esta investigación se adhirió a los principios éticos establecidos por Ministerio de Educación del Ecuador. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes, y se garantizó el anonimato y la confidencialidad de los datos recopilados.

### 3. RESULTADOS

#### Modelo de medida

El modelo de medida fue evaluado examinando las cargas factoriales, la fiabilidad compuesta, la varianza extraída media (AVE) y la validez discriminante. Como se muestra en la Tabla 2, todas las cargas factoriales de los indicadores en sus respectivos constructos son superiores a 0.7, lo que indica una buena fiabilidad individual de los indicadores (Hair, 2017).

**Tabla 2:** Cargas factoriales de los indicadores en sus respectivos constructos

Indicador – constructo	Cargas externas
BI1 <- BI	0.962
BI2 <- BI	0.957
BI3 <- BI	0.966
BI4 <- BI	0.960
BI5 <- BI	0.944
U1 <- U	0.875
U2 <- U	0.857
U3 <- U	0.909
U4 <- U	0.913
UE1 <- UE	0.925
UE2 <- UE	0.947
UE3 <- UE	0.929
UE4 <- UE	0.891
UE5 <- UE	0.936
UP1 <- UP	0.920
UP2 <- UP	0.961
UP3 <- UP	0.945
UP4 <- UP	0.937
UP5 <- UP	0.892

La Tabla 3 presenta los valores de fiabilidad compuesta ( $\rho_c$ ), el alfa de Cronbach y la varianza extraída media (AVE) para cada constructo. Todos los valores de fiabilidad compuesta y alfa de Cronbach superan el umbral de 0.7, lo que sugiere una buena consistencia interna (Fornell & Larcker, 1981; Nunnally & Bernstein, 1994) (Fornell & Larcker, 1981; Nunnally & Bernstein, 1994). Además, la varianza extraída media (AVE) para cada constructo es superior a 0.5, lo que indica una buena validez convergente (Bagozzi & Yi, 1988).

**Tabla 3:** Fiabilidad y validez de constructo

Constructo	Alfa de Cronbach	Fiabilidad compuesta ( $\rho_a$ )	Fiabilidad compuesta ( $\rho_c$ )	Varianza extraída media (AVE)
BI	0.977	0.978	0.982	0.917
U	0.913	0.931	0.938	0.791
UE	0.958	0.960	0.968	0.857
UP	0.962	0.962	0.970	0.867

La validez discriminante se evaluó mediante el criterio de Fornell & Larcker (1981). Como se muestra en la Tabla 4, la raíz cuadrada del AVE de cada constructo (valores en la diagonal) es mayor que las correlaciones con otros constructos, lo que sugiere una adecuada validez discriminante.

**Tabla 4:** Validez discriminante: criterio de Fornell-Larcker

Constructo	BI	U	UE	UP
BI	0.958			
U	0.834	0.889		
UE	0.822	0.833	0.926	
UP	0.846	0.810	0.840	0.931

## Modelo estructural

Los resultados del modelo estructural se presentan en las Tabla 5. Todos los coeficientes de ruta son estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) y tienen una magnitud considerable (Cohen, 1988; Hair, 2017). La intención de uso (BI) tiene un efecto positivo y significativo sobre el uso real (U) ( $\beta = 0.834$ ,  $p < 0.001$ ). La usabilidad percibida (UP) y la utilidad esperada (UE) tienen efectos positivos y significativos sobre la intención de uso (BI) ( $\beta = 0.530$  y  $\beta = 0.376$ , respectivamente,  $p < 0.001$ ). La utilidad esperada (UE) tiene un efecto positivo y significativo sobre la usabilidad percibida (UP) ( $\beta = 0.840$ ,  $p < 0.001$ ).

**Tabla 5:** Coeficientes de ruta

Ruta	Muestra original (O)	Media de la muestra (M)	Desviación estándar (STDEV)	Estadísticos t ( $ O/STDEV $ )	Valores p
BI -> U	0.834	0.834	0.024	34.112	0.000
UE -> BI	0.376	0.380	0.074	5.078	0.000
UE -> UP	0.840	0.840	0.022	37.364	0.000
UP -> BI	0.530	0.526	0.075	7.113	0.000

Los valores de  $R^2$  para los constructos endógenos (BI, U y UP) se muestran en la Tabla 6, tales valores son superiores a 0.6, lo que indica un buen poder explicativo del modelo (Chin, 1998).

**Tabla 6:** Coeficientes de determinación ( $R^2$ )

Constructo	R cuadrado	R cuadrado ajustada
BI	0.758	0.756
U	0.695	0.694
UP	0.706	0.705

La Tabla 7 presenta los tamaños del efecto ( $f^2$ ), sugieren que la intención de uso (BI) tiene un gran impacto sobre el uso real (U), y la utilidad esperada (UE) tiene un gran efecto sobre la usabilidad percibida (UP) (Cohen, 1988).

**Tabla 7: Tamaño del efecto ( $f^2$ )**

Ruta	f cuadrado
BI -> U	2.281
UE -> BI	0.172
UE -> UP	2.405
UP -> BI	0.341

### Calidad del modelo

La calidad del modelo se evaluó mediante el índice SRMR (standardized root mean square residual) y otros índices de ajuste, como se muestra en la Tabla 8. El SRMR del modelo estimado es 0.074, lo que está ligeramente por encima del umbral de 0.08 sugerido por Hu & Bentler (1999) which includes using the maximum likelihood (ML, pero aún se considera aceptable. El NFI (normed fit index) sugiere un ajuste razonable del modelo, aunque ligeramente por debajo del umbral de 0.9 propuesto por Bentler & Bonett (1980).

**Tabla 8: Resumen de índices de ajuste del modelo**

Índice	Modelo saturado	Modelo estimado
SRMR	0.059	0.074
d_ ULS	0.655	1.031
d_ G	0.484	0.552
Chi-cuadrado	877.224	953.012
NFI	0.897	0.888

En resumen, los resultados indican que el modelo propuesto tiene una buena fiabilidad, validez y capacidad predictiva, según los criterios establecidos en la literatura (Bagozzi & Yi, 1988; Cohen, 1988; Fornell & Larcker, 1981; Hair, 2017; Hu & Bentler, 1999; Nunnally & Bernstein, 1994). La intención de uso de la inteligencia artificial entre los profesores de educación básica superior en Ecuador está influenciada positivamente por la usabilidad percibida y la utilidad esperada. A su vez, la utilidad esperada tiene un fuerte impacto en la usabilidad percibida. La intención de uso es un predictor significativo del uso real de la inteligencia artificial en este contexto.

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la adopción y el uso efectivo de la inteligencia artificial en la educación básica superior en Ecuador. Se recomienda enfocarse en mejorar la usabilidad y comunicar claramente la utilidad esperada de estas tecnologías para fomentar su adopción entre los profesores.



## 4. DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación proporcionan un valioso conocimiento sobre los factores que influyen en la adopción y uso de la inteligencia artificial (IA) entre los profesores de educación básica superior en Ecuador. El modelo propuesto, basado en ecuaciones estructurales con PLS-SEM, demostró tener una buena fiabilidad, validez y capacidad predictiva, lo que respalda la solidez de los hallazgos. Uno de los principales resultados es la fuerte influencia de la intención de uso (BI) sobre el uso real (U) de la IA entre los profesores ( $\beta = 0.834$ ,  $p < 0.001$ ). Este hallazgo es consistente con la teoría del comportamiento planificado (Ajzen, 1991) 1985, Ajzen, 1987 y con estudios previos que han encontrado una relación significativa entre la intención y el comportamiento real en el contexto de la adopción de tecnología (Davis, 1989; Venkatesh et al., 2003). Este resultado implica que los esfuerzos para promover el uso de la IA en la educación deben centrarse en fomentar una intención positiva entre los profesores, ya que esto se traducirá en un mayor uso real de estas tecnologías.

Además, se encontró que la usabilidad percibida (UP) y la utilidad esperada (UE) son predictores significativos de la intención de uso (BI) de la IA entre los profesores ( $\beta = 0.530$  y  $\beta = 0.376$ , respectivamente,  $p < 0.001$ ). Estos resultados están en línea con el modelo de aceptación tecnológica (TAM) de Davis (1989), que destaca la importancia de la facilidad de uso percibida y la utilidad percibida en la adopción de nuevas tecnologías. La influencia de la usabilidad percibida sugiere que los profesores valoran las herramientas de IA que son fáciles de usar e integrar en su práctica docente. Por otro lado, el impacto de la utilidad esperada indica que los profesores están más dispuestos a adoptar la IA cuando perciben que estas tecnologías les ayudarán a mejorar su eficacia y desempeño en el aula.

Otro hallazgo relevante es el fuerte efecto de la utilidad esperada (UE) sobre la usabilidad percibida (UP) ( $\beta = 0.840$ ,  $p < 0.001$ ). Este resultado sugiere que cuando los profesores perciben que la IA es útil para su trabajo, también tienden a percibirla como más fácil de usar. Esta relación ha sido observada en estudios anteriores sobre la adopción de tecnología educativa (Scherer et al., 2019) a plethora of models exist explaining influential factors and mechanisms of technology use in classrooms, one of which—the Technology Acceptance Model (TAM y destaca la importancia de comunicar claramente los beneficios y la utilidad de la IA para fomentar su adopción entre los profesores.

Los altos valores de  $R^2$  para los constructos endógenos (BI, U y UP) indican que el modelo propuesto explica una proporción sustancial de la varianza en estos constructos. Esto sugiere que la intención de uso, la usabilidad percibida y la utilidad esperada son factores clave para entender y predecir el uso de la IA entre los profesores de educación básica superior en Ecuador. A pesar de los resultados significativos, este estudio tiene algunas limitaciones. En primer lugar, se basa en datos transversales, lo que limita la capacidad para establecer relaciones causales. Futuros estudios podrían adoptar diseños longitudinales para examinar cómo evolucionan las



percepciones y el uso de la IA a lo largo del tiempo. En segundo lugar, la investigación se centró en profesores de educación básica superior en Ecuador, por lo que la generalización de los resultados a otros contextos educativos o culturales debe realizarse con precaución.

## 5. CONCLUSIÓN

Este estudio ha proporcionado una comprensión detallada de los factores que influyen en la adopción de la inteligencia artificial (IA) entre los docentes de educación básica superior en Ecuador. Los hallazgos destacan la importancia de la usabilidad percibida y la utilidad esperada como predictores claves de la intención de uso y el uso real de la IA. Estos resultados son consistentes con el Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM), subrayando la necesidad de interfaces de usuario intuitivas y la comunicación clara de los beneficios de la IA para fomentar su adopción.

Las implicaciones prácticas de este estudio son significativas. Para promover la adopción efectiva de la IA en el ámbito educativo, es esencial que los diseñadores de tecnología educativa y los responsables de políticas se centren en mejorar la usabilidad de las herramientas de IA y en comunicar de manera efectiva sus beneficios. Además, los programas de formación docente deben incorporar módulos específicos sobre el uso de la IA, basados en marcos como TPACK, que integran el conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido. El estudio también resalta la importancia de abordar las actitudes y percepciones de los docentes hacia la tecnología, además de los aspectos técnicos. Estrategias como la comunicación de casos de éxito y la demostración de beneficios tangibles de la IA en el aula pueden ser efectivas para aumentar la intención de uso.

A pesar de las limitaciones, como la concentración de datos en un solo distrito educativo, los resultados de este estudio ofrecen una base sólida para futuras investigaciones y para el desarrollo de políticas y programas de formación que faciliten la integración exitosa de la IA en la educación. En última instancia, al centrarse en mejorar la usabilidad y comunicar claramente los beneficios de la IA, es posible fomentar una adopción más amplia y efectiva de esta tecnología entre los educadores, contribuyendo así a la mejora de las prácticas educativas y al avance del sistema educativo en Ecuador.

## REFERENCIAS

- Ahn, Doyeon, & Kwangho, L. (2022). Analysis of achievement predictive factors and predictive AI model development – Focused on blended math classes. *The Mathematical Education*, 61(2), 257-271.
- Al Rawashdeh, A. Z., Mohammed, E. Y., Al Arab, A. R., Alara, M., Al-Rawashdeh, B., & Al-Rawashdeh, B. (2021). Advantages and Disadvantages of Using e-Learning in University Education: Analyzing Students' Perspectives. *Electronic Journal of E-Learning*, 19(3), 107-117. <https://doi.org/10.34190/ejel.19.3.2168>

- Alam, T. M., Mushtaq, M., Shaukat, K., Hameed, I. A., Sarwar, M. U., & Luo, S. (2021). A Novel Method for Performance Measurement of Public Educational Institutions Using Machine Learning Models. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/app11199296>
- Anderson, J. C., & Gerbing, D. W. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103(3), 411-423. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.103.3.411>
- Amjad, S., Younas, M., Anwar, M., Shaheen, Q., Shiraz, M., & Gani, A. (2022). Data Mining Techniques to Analyze the Impact of Social Media on Academic Performance of High School Students. *WIRELESS COMMUNICATIONS & MOBILE COMPUTING*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/9299115>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Arango-Serna, M. D., Branch-Bedoya, J. W., & Jiménez-Builes, J. A. (2020). *El Ágora U.S.B.*, 20(1), 190-209. <https://doi.org/10.21500/16578031.4255>
- Backfisch, I., Lachner, A., Hische, C., Loose, F., & Scheiter, K. (2020). Professional knowledge or motivation? Investigating the role of teachers' expertise on the quality of technology-enhanced lesson plans. *Learning and Instruction*, 66, 101300. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101300>
- Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 16(1), 74-94. <https://doi.org/10.1007/BF02723327>
- Bentler, P. M., & Bonett, D. G. (1980). Significance tests and goodness of fit in the analysis of covariance structures. *Psychological Bulletin*, 88(3), 588-606. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.88.3.588>
- Bosch, N. (2021). Identifying supportive student factors for mindset interventions: A two-model machine learning approach. *COMPUTERS & EDUCATION*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104190>
- Botella Nicolás, A. M., & Ramos Ramos, P. (2019). Investigación-acción y aprendizaje basado en proyectos: Una revisión bibliográfica. *Perfiles Educativos*, 41(163), 109-122. <https://doi.org/10.22201/iissue.24486167e.2019.163.58923>
- Cabero Almenara, J., & Llorente Cejudo, C. (2020). La adopción de las tecnologías por las personas mayores: Aportaciones desde el modelo TAM (Technology Acceptance Model). *PUBLICACIONES*, 50(1), 141-157. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v50i1.8521>
- Chin, W. W. (1998). The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling. En *Modern Methods for Business Research*. Psychology Press.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed). L. Erlbaum Associates.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of In-

- formation Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2015). Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50. <https://doi.org/10.2307/3151312>
- Freitas, P. D. S. C. D., & Sousa, C. E. B. D. (2022). *RELAÇÕES ENTRE A TEORIA DE PIAGET E A NEUROCIÊNCIA COGNITIVA NO ENSINO DE FÍSICA*. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.4378>
- García Peñalvo, F. J., Llorens-Largo, F., & Vidal, J. (2023). La nueva realidad de la educación ante los avances de la inteligencia artificial generativa. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 9-39. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716>
- Guerrero Salazar, C. V. (2022). Limitaciones del conectivismo en el Ecuador: Necesidades urgentes para la calidad. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 22(33). <https://doi.org/10.47189/rcct.v22i33.513>
- Gutierrez-Cirlos, C., Bermudez-Gonzalez, J. L., Carrillo-Perez, D. L., Hidrogo-Montemayor, I., Martinez-Gonzalez, A., Carrillo-Esper, R., & Sanchez-Mendiola, M. (2023). Medicine and the metaverse: Current applications and future. *Gaceta medica de Mexico*, 159(4), 280-286. <https://doi.org/10.24875/GMM.M23000795>
- Hair, J. F. (Ed.). (2017). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (Second edition). Sage.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1-55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- ISO. (2018). *ISO 9241-11:2018 Ergonomics of human-system interaction Part 11: Usability: Definitions and concepts*. <https://www.iso.org/standard/63500.html>
- Joo, L. H. (2020). A Systematic Review of Artificial Intelligence Use in English Learning: Focus on Higher Education. *The Journal of Humanities and Social science*, 11(6), 2027-2042.
- Lozano Rodríguez, A., Zárate Ortiz, J. F., & Llaven Aguilar, M. I. (2018). Uso de Recursos Educativos en Línea en el nivel medio superior: Desarrollo de competencias didácticas del docente. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa*, 26, 114-135. <https://doi.org/10.25009/cpue.v0i26.2539>
- Maia, J. de S. Z., Bueno, A. P. A., & Sato, J. R. (2023). Applications of Artificial Intelligence Models in Educational Analytics and Decision Making: A Systematic Review. *WORLD*, 4(2), 288-313. <https://doi.org/10.3390/world4020019>
- Melo, E. V. D., Mercado, L. P. L., & Melo, A. L. C. D. (2023). *TECNOLOGIAS DIGITAIS E DESENVOLVIMENTO COGNITIVO NA APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA*. <https://doi.org/10.1590/SciELO-Preprints.6762>

- Mijwil, M. M., & Abttan, R. A. (2021). Artificial Intelligence: A Survey on Evolution and Future Trends. *Asian Journal of Applied Sciences*, 9(2). <https://doi.org/10.24203/ajas.v9i2.6589>
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric Theory* (3rd Edition). McGraw-Hill. <https://www.amazon.com/Psychometric-Theory-Jum-C-Nunnally/dp/007047849X>
- Ortega-Sánchez, D. (s. f.). *¿Cómo investigar en Didáctica de las Ciencias Sociales?*
- Pando, V. F. (2018). Tendencias didácticas de la educación virtual: Un enfoque interpretativo. *Propósitos y Representaciones*, 6(1). <https://doi.org/10.20511/pyr2018.v6n1.167>
- Párraga Mendoza, C. E., & Arteaga Briones, L. A. (2023). Estándares de la UNESCO en el uso de las TIC en los docentes de la Unidad Educativa Atahualpa. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(5), 507-519. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i5.761>
- Popenici, S. A. D., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>
- Ringle, C. M., Wende, S., & Becker, J. M. (2022). *SmartPLS* (4.0) [Software]. <https://www.smartpls.com/>
- Silva, J. B. D., Bilessimo, S. M. S., & Machado, L. R. (2021). INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO: PROPOSTA DE MODELO PARA CAPACITAÇÃO DOCENTE INSPIRADA NO TPACK. *Educação Em Revista*, 37, e232757. <https://doi.org/10.1590/0102-4698232757>
- Scherer, R., Siddiq, F., & Tondeur, J. (2019). The technology acceptance model (TAM): A meta-analytic structural equation modeling approach to explaining teachers' adoption of digital technology in education. *Computers & Education*, 128, 13-35. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.009>
- Teo, T. (2010). A path analysis of pre-service teachers' attitudes to computer use: Applying and extending the technology acceptance model in an educational context. *Interactive Learning Environments*, 18(1). <https://doi.org/10.1080/10494820802231327>
- Tigse-Carreño, C. (2019). El Constructivismo, según bases teóricas de César Coll. *Revista Andina de Educación*, 2(1), 25-28. <https://doi.org/10.32719/26312816.2019.2.1.4>
- Topal, A. D., Eren, C. D., & Gecer, A. K. (2021). Chatbot application in a 5th grade science course. *EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES*, 26(5), 6241-6265. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10627-8>
- Tsai, S.-C., Chen, C.-H., Shiao, Y.-T., Ciou, J.-S., & Wu, T.-N. (2020). Precision education with statistical learning and deep learning: A case study in Taiwan. *INTERNATIONAL JOURNAL OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY IN HIGHER EDUCATION*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00186-2>
- Universidad Estatal del Sur de Manabí, Cisneros Caicedo, A. J., Guevara García, A. F., Universidad Estatal del Sur de Manabí, Urdánigo Cedeño, J. J., Universidad Estatal del Sur de Manabí, Garcés Bravo, J. E., & Universidad Estatal del Sur de Manabí. (2022). *Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que Apoyan a la Investigación*

- Científica en Tiempo de Pandemia. *Dominio de las Ciencias*, 8(1), 1165-1185. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i1.2546>
- Varela-Ordorica, S. A., & Valenzuela-González, J. R. (2020). Uso de las tecnologías de la información y la comunicación como competencia transversal en la formación inicial de docentes. *Revista Electrónica Educare*, 24(1), 1-20. <https://doi.org/10.15359/ree.24-1.10>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). *User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View* (SSRN Scholarly Paper 3375136). <https://papers.ssrn.com/abstract=3375136>
- Wang, W., Nepal, S., Huckins, J. F., Hernandez, L., Vojdanovski, V., Mack, D., Plomp, J., Pillai, A., Obuchi, M., Dasilva, A., Murphy, E., Hedlund, E., Rogers, C., Meyer, M., & Campbell, A. (2022). First-Gen Lens: Assessing Mental Health of First-Generation Students across Their First Year at College Using Mobile Sensing. *PROCEEDINGS OF THE ACM ON INTERACTIVE MOBILE WEARABLE AND UBIQUITOUS TECHNOLOGIES-IMWUT*, 6(2). <https://doi.org/10.1145/3543194>
- Wu, W., & Plakhtii, A. (2021). E-Learning Based on Cloud Computing. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(10), 4. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i10.18579>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>
- Zuloaga Cachay, J. F., Carrión-Barco, G., Chayan Coloma, A., & Figueroa Piscocoya, E. N. (2022). Gestión de equipamiento computacional en aulas de innovación pedagógica. *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(28), 815-830. <https://doi.org/10.52080/rvg-luz.27.98.27>



## *El software de simulación como herramienta para el análisis de estructuras metálicas automotrices*

### *Simulation software as a tool for the analysis of automotive steel structures*

Victor Pachacama-Nasimba<sup>1</sup> , Abrahan Jorque-Rea<sup>2</sup> , Carlos Ulcuango-Moreno<sup>3</sup> , Rodrigo Passo-Guamangate<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, victorpachacama@itscv.edu.ec, Quevedo, Ecuador

<sup>2</sup> Instituto Superior Universitario Central Técnico, ajorque@istct.edu.ec, Quito, Ecuador

<sup>3</sup> Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, carlosulcuango@itscv.edu.ec, Quevedo, Ecuador

<sup>4</sup> Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, manuelpasso@itscv.edu.ec, Quevedo, Ecuador

Autor para correspondencia: victorpachacama@itscv.edu.ec

### RESUMEN

La investigación se centra en analizar el uso de software de simulación en el análisis de estructuras metálicas automotrices, con el objetivo de identificar las ventajas y diferencias entre diversas herramientas para optimizar el diseño y la eficiencia de los vehículos. La metodología cualitativa empleada incluye un análisis exhaustivo de documentos, artículos académicos, estudios de caso y fuentes técnicas relacionadas con el tema, así como entrevistas con expertos del sector. Se evalúan criterios como la precisión de resultados, capacidades no lineales, usabilidad, costo y acceso en la nube de ocho softwares de simulación. Esta investigación revela un panorama competitivo liderado por ANSYS, NAS-TRAN y COMSOL, destacando por su precisión (100%, 93%, 93% respectivamente) y métodos de análisis pioneros (100%, 100%, 93%). Abaqus y LS-Dyna, aunque altamente precisos (93%, 100%), presentan métodos avanzados-intermedios. HyperWorks sobresale en optimización (100%) y facilidad de uso (93%), mientras que SolidWorks ofrece bajo costo (93%) y compatibilidad con AnyCAD (100%). SimSolid, con bajo requerimiento de hardware (93%) y excepcional facilidad de uso (100%), muestra limitaciones en análisis y optimización (86%, 79%). En conclusión, actualmente los softwares de simulación FEM priorizan precisión, innovación y eficiencia, con un creciente uso de la nube para acceso remoto y colaboración.

**Palabras clave:** Simulación estructural, Software de simulación, Análisis elementos finitos, Estructuras metálicas automotrices

### ABSTRACT

The research focuses on analyzing the use of simulation software in the analysis of automotive metallic structures, with the objective of identifying the advantages and differences between various tools to optimize vehicle design and efficiency. The qualitative methodology employed includes an exhaustive analysis of papers, academic articles, case studies and technical sources related to the topic, as well as interviews with industry experts. Criteria

such as accuracy of results, nonlinear capabilities, usability, cost, and cloud access of eight simulation softwares are evaluated. This research reveals a competitive landscape led by ANSYS, NASTRAN and COMSOL, standing out for their accuracy (100%, 93%, 93% respectively) and pioneering analysis methods (100%, 100%, 93%). Abaqus and LS-Dyna, although highly accurate (93%, 100%), present advanced-intermediate methods. HyperWorks excels in optimization (100%) and ease of use (93%), while SolidWorks offers low cost (93%) and compatibility with AnyCAD (100%). SimSolid, with low hardware requirements (93%) and exceptional ease of use (100%), shows limitations in analysis and optimization (86%, 79%). In conclusion, FEM simulation software currently prioritizes accuracy, innovation and efficiency, with increasing use of the cloud for remote access and collaboration.

**Key words:** Structural simulation, Simulation software, Finite element analysis, Automotive metallic structures

## 1. INTRODUCCIÓN

El software de simulación desempeña un papel importante en el análisis y la optimización de las estructuras metálicas de los automóviles, ya que ofrece importantes ventajas en términos de seguridad, eficiencia del diseño y reducción de costos. Herramientas como ANSYS y SolidWorks se utilizan ampliamente para el modelado y el análisis de elementos finitos (FEA) a fin de evaluar la resistencia a los choques y la integridad estructural de los vehículos. Por ejemplo, ANSYS con su complemento LS-dyna se emplea para simular choques frontales y analizar la tensión y la deformación en carrocerías fabricadas con materiales como el aluminio y el acero, lo que ayuda a comprender la absorción de energía y la resistencia a los impactos durante las colisiones (Muhammad & Shanono, 2019; Terentyev et al., 2020). Del mismo modo, SolidWorks se utiliza para el modelado 3D de componentes automotrices, que luego se someten a análisis por elementos finitos para evaluar su rendimiento en diversas condiciones de carga (Arun et al., 2021; Choudhari et al., 2019).

La tendencia del software de simulación para el análisis de estructuras automotrices se inclina cada vez más hacia la integración de herramientas y metodologías computacionales avanzadas para mejorar la eficiencia, la precisión y la optimización en los procesos de diseño. Los sistemas de simulación modernos, como el descrito por Zhang Ping, incorporan módulos para la generación 3D, actuadores virtuales y sensores, lo que mejora significativamente la eficiencia de la transferencia de datos y la extracción de resultados dentro del sistema (Hussain, 2021). El uso del análisis de elementos finitos (FEA) es frecuente, como se ve en los trabajos de Mohd Arif Hussain y Yanbo Wang, quienes utilizaron ANSYS y SolidWorks para modelar y analizar la integridad estructural y el rendimiento de los componentes automotrices, como los chasis y las carcasas diferenciales (Ping, 2017; Wang, 2022).

La integración de los paquetes de software PTV VISSIM y SSAM permite simular la segu-

ridad en los cruces de carreteras, lo que permite evaluar estructuras hipotéticas y diseños alternativos sin esperar a que se produzcan accidentes reales (Vitan et al., 2020). Además, el uso de la dinámica de fluidos computacional (CFD) en ANSYS contribuye al análisis aerodinámico, que es crucial para optimizar el diseño del vehículo a fin de reducir la resistencia aerodinámica y mejorar la eficiencia del combustible (Pan et al., 2022).

El enfoque en el diseño liviano y la optimización estructural es fundamental, como destacaron Aisha Muhammad e Ibrahim Haruna Shanono, quienes analizaron los impactos de los choques utilizando el módulo de dinámica explícita en ANSYS para evaluar la tensión y la deformación en diferentes escenarios de choques (Walia, 2017). Además, el comportamiento dinámico de los chasis de los automóviles, incluidas las frecuencias naturales y las formas modales, se estudia mediante el uso de la tecnología FEA para evitar la resonancia y mejorar la rigidez, como demostró Rohit Walia (Muhammad & Shanono, 2019). Como lo mencionan A. Gauchía y otros autores, las técnicas de optimización son fundamentales para lograr un equilibrio adecuado entre la rigidez y el peso del vehículo. Este balance es crucial para garantizar tanto la seguridad como el rendimiento del mismo. En este sentido, la optimización permite explorar diferentes combinaciones de materiales y estructuras para encontrar la solución que mejor se adapte a las necesidades específicas de cada vehículo. (Gauchía et al., 2014).

Hui Gao subraya aún más el papel de la tecnología de simulación en el software estructural, destacando su creciente importancia debido a los avances en la tecnología informática (Gao, 2017). Sandeep Shetty y Simone Vizzini destacaron la necesidad de realizar análisis dinámicos detallados y utilizar la sub estructuración dinámica para gestionar modelos grandes de manera eficiente, reduciendo el tiempo de simulación y manteniendo la precisión (Shetty, 2017; Vizzini, 2014). Por último, P. R. Marur y S. Srinivas presentaron una técnica de análisis por elementos finitos de orden reducido para predecir el comportamiento en caso de colisión, lo que demuestra la tendencia hacia métodos de análisis más eficientes y localizados (Marur & Srinivas, 2008).

La fiabilidad de estas simulaciones se valida aún más comparando los resultados numéricos con los datos experimentales, lo que garantiza la precisión a la hora de predecir el comportamiento de las estructuras metálicas en diferentes condiciones (Konopatskiy & Shevchuk, 2022; Wang, 2022). Además, la aplicación de la dinámica explícita en el software FEA ayuda a comprender el comportamiento de deformación y fallo de los chasis durante las colisiones, lo que proporciona información sobre la selección de materiales y el diseño estructural para mejorar la seguridad (Ariffin et al., 2022).

La simulación por elementos finitos permite evaluar el comportamiento de componentes y estructuras bajo diversas condiciones de carga, reduciendo significativamente la necesidad de costosos y complejos prototipos físicos (Faster Capital, 2024). Tradicionalmente, programas como ANSYS, NASTRAN y COMSOL han dominado este campo debido a sus



capacidades robustas y versátiles para el análisis estructural y multifísico. Sin embargo, la evolución tecnológica y las crecientes demandas de la industria automotriz han impulsado el desarrollo y adopción de nuevas herramientas de simulación que prometen optimizar aún más el diseño y análisis de estructuras metálicas automotrices.

En este contexto, la investigación de alternativas a los softwares tradicionales resulta esencial para identificar herramientas que ofrezcan ventajas competitivas en términos de precisión, eficiencia y usabilidad. Software como Abaqus, LS-DYNA, y Altair HyperWorks están ganando reconocimiento por sus avanzadas capacidades de simulación y análisis. Abaqus, por ejemplo, es conocido por su amplio rango de soluciones no lineales y su capacidad para simular comportamientos complejos de materiales y estructuras (Simulia, 2020). LS-DYNA, por otro lado, es ampliamente utilizado en análisis de impacto y seguridad automotriz debido a su capacidad para realizar simulaciones altamente detalladas y precisas (LSTC, 2020). Altair HyperWorks ofrece una suite integral de herramientas que no solo abarcan el análisis FEA, sino también optimización topológica y análisis dinámico, lo cual es crucial para el desarrollo de estructuras más livianas y resistentes (Altair, 2021).

Además de estas alternativas, la aparición de software como SimScale y SimSolid está cambiando el panorama de la simulación estructural. SimScale ofrece una plataforma de simulación en la nube, lo cual facilita el acceso y colaboración en proyectos complejos, eliminando la necesidad de hardware costoso (SimScale, 2021). SimSolid, en cambio, se distingue por su capacidad para realizar análisis estructurales de alta precisión sin necesidad de una malla fina tradicional, reduciendo significativamente los tiempos de preparación y simulación (Altair, 2021).

A priori; el software de simulación que se aplica en estructuras automotrices presenta un desafío crucial; que se evidencia como la necesidad de diversificar las opciones disponibles más allá de los softwares tradicionales como ANSYS, NASTRAN y COMSOL. Si bien estas herramientas ofrecen un alto rendimiento, su elevado costo y la falta de flexibilidad en algunos casos limitan su accesibilidad para investigadores y pequeñas empresas.

Esta situación genera la necesidad de explorar alternativas que brinden un balance entre precio, funcionalidad y facilidad de uso, sin comprometer la precisión y confiabilidad de los resultados. La búsqueda de estas alternativas es fundamental para impulsar la innovación en el diseño y análisis de estructuras automotrices, democratizando el acceso a herramientas de simulación de última generación y que además apoyen el desarrollo de diseños livianos y duraderos, satisfaciendo así las crecientes demandas de seguridad, economía y comodidad de los vehículos (Rao & Kumar, 2022).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque cualitativo de esta investigación se centrará en un análisis exhaustivo y detallado de documentos, 18 artículos académicos, estudios de caso y fuentes técnicas relacionadas con el uso de software de simulación para el análisis de estructuras metálicas automotrices. Estos insumos se obtendrán de bases de datos indexadas de libre acceso que tengan relación con la mecánica de los materiales, ciencias de la ingeniería y mecánica automotriz. Adicionalmente, las fichas técnicas del software serán de gran valía para extraer información específica de los recursos de hardware de los 8 software evaluados. Este enfoque permitirá una comprensión profunda y contextualizada de las capacidades y limitaciones de diversos programas de simulación.

La recolección de datos cualitativos incluirá la revisión de literatura existente sobre el uso de softwares de análisis por elementos finitos (FEA) en la industria automotriz, informes técnicos de fabricantes de software, la aplicación de una encuesta y entrevistas con 20 ingenieros y expertos del sector. La encuesta y entrevista se diseñará para obtener información sobre la experiencia práctica, las ventajas percibidas, y los desafíos encontrados al utilizar diferentes softwares de simulación en proyectos reales. Además, se analizarán documentos que comparen estudios de validación y verificación de resultados obtenidos con diferentes herramientas, enfocándose en la precisión, la eficiencia y la aplicabilidad en escenarios específicos de diseño automotriz.

Para seleccionar los artículos académicos que sustentarán el tema de investigación, se deben considerar criterios como la relevancia del estudio para el análisis de estructuras metálicas automotrices, la metodología utilizada, la credibilidad de las fuentes, la actualidad de la publicación, y los resultados obtenidos. Las preguntas clave incluyen: ¿El artículo aborda el uso de software de simulación en la industria automotriz? ¿Presenta comparaciones entre diferentes herramientas de simulación? ¿La metodología es rigurosa y aplicable a nuestro estudio? ¿Los hallazgos son relevantes y contribuyen al avance del conocimiento en este campo?

La evaluación cualitativa de los softwares se determinará en base a los siguientes parámetros detallados en la tabla 1: precisión de resultados, método de análisis, capacidades no lineales, simulación multifísica, optimización, usabilidad, recursos de hardware, costo, integración AnyCad y acceso en la nube.

**Tabla 1.** Descripción y valoración de parámetros

Parámetro	Valor	Escala	Descripción
Precisión de resultados	0,1	Excelente	Los resultados son excepcionales y superan las expectativas.
	0,09	Muy bueno	Los resultados son altamente precisos y confiables en todos los casos.
	0,08	Bueno	Los resultados son precisos y confiables en la mayoría de los casos.
	0,07	Regular	Los resultados son generalmente precisos, pero con algunas inconsistencias.
	0,06	Insuficiente	Los resultados son imprecisos y no confiables.
Método de análisis	0,1	Pionero	El método de análisis es único y establece nuevos estándares en el campo.
	0,09	Muy avanzado	El método de análisis es de vanguardia y ofrece soluciones innovadoras.
	0,08	Avanzado	El método de análisis es sofisticado y capaz de manejar problemas complejos.
	0,07	Intermedio	El método de análisis es adecuado para la mayoría de las aplicaciones, pero puede tener algunas limitaciones.
	0,06	Básico	El método de análisis es simple y limitado en su capacidad.
Capacidades no lineales	0,1	Excepcionales	El software puede manejar cualquier tipo de problema no lineal.
	0,09	Amplias	El software puede manejar problemas no lineales complejos.
	0,08	Moderadas	El software puede manejar una variedad de problemas no lineales.
	0,07	Limitadas	El software puede manejar algunos problemas no lineales simples.
	0,06	Nulas	El software no tiene capacidades para manejar problemas no lineales.
Simulación multifísica	0,1	Completa	El software ofrece capacidades de simulación multifísica para cualquier tipo de fenómeno acoplado.
	0,09	Avanzada	El software ofrece capacidades de simulación multifísica para una amplia gama de fenómenos acoplados.
	0,08	Intermedia	El software ofrece capacidades de simulación multifísica para algunos fenómenos acoplados.
	0,07	Básica	El software ofrece capacidades de simulación multifísica limitadas.
	0,06	No disponible	El software no tiene capacidades de simulación multifísica.
Optimización	0,1	Herramientas de optimización de última generación	El software ofrece herramientas de optimización de última generación que son líderes en la industria.
	0,09	Herramientas de optimización avanzadas	El software ofrece herramientas de optimización avanzadas que pueden ser utilizadas para problemas complejos.
	0,08	Herramientas de optimización moderadas	El software ofrece herramientas de optimización que pueden ser utilizadas para una variedad de problemas.
	0,07	Herramientas básicas de optimización	El software ofrece herramientas básicas de optimización que pueden ser útiles para algunos problemas simples.
	0,06	Sin capacidades de optimización	El software no tiene herramientas para optimizar el rendimiento o el diseño.

Usabilidad	0,1	Excepcionalmente usable	El software es excepcionalmente fácil de usar y ofrece una experiencia de usuario impecable.
	0,09	Muy usable	El software es fácil de aprender y usar, y la interfaz es intuitiva.
	0,08	Moderadamente usable	El software es algo fácil de aprender y usar, pero puede tener algunas dificultades.
	0,07	Poco intuitiva	La interfaz del software no es intuitiva y es difícil de navegar.
	0,06	Compleja	El software es difícil de aprender y usar, y requiere una formación extensa.
Recursos de hardware	0,1	Mínimos requerimientos de hardware	El software puede funcionar con recursos de hardware mínimos.
	0,09	Muy baja demanda de recursos	El software requiere una cantidad muy baja de recursos de hardware para funcionar correctamente.
	0,08	Baja demanda de recursos	El software requiere una cantidad baja de recursos de hardware para funcionar correctamente.
	0,07	Demanda moderada de recursos	El software requiere una cantidad moderada de recursos de hardware para funcionar correctamente.
	0,06	Demanda alta de recursos	El software requiere una gran cantidad de recursos de hardware para funcionar correctamente.
Costo	0,1	Gratuito	El software es gratuito y está disponible para cualquier persona.
	0,09	Bajo	El software tiene un precio bajo que lo hace asequible para la mayoría de los usuarios.
	0,08	Moderado	El software tiene un precio moderado que es accesible para la mayoría de los usuarios.
	0,07	Alto	El software tiene un precio elevado que puede ser una barrera para algunos usuarios.
	0,06	Muy alto	El software tiene un precio muy elevado que puede ser prohibitivo para algunos usuarios.
Integración AnyCAD	0,1	Buena compatibilidad	El software tiene una buena compatibilidad
	0,09	Compatibilidad parcial	El software tiene una compatibilidad parcial con AnyCAD, pero puede haber algunas limitaciones.
	0,08	Compatibilidad limitada	El software tiene una compatibilidad limitada con AnyCAD.
	0,07	No compatible	El software no es compatible con AnyCAD.
Disponibilidad de acceso en la nube	0,1	Avanzado	El software ofrece una experiencia completa de acceso en la nube, con todas las funcionalidades necesarias para trabajar de forma remota de manera eficiente.
	0,09	Intermedio	El software ofrece funcionalidades de acceso en la nube más avanzadas, como la colaboración en tiempo real y el almacenamiento de datos en la nube.
	0,08	Básico	El software está disponible en la nube, pero solo ofrece funciones básicas de acceso remoto.
	0,07	No disponible	El software no está disponible en la nube y solo se puede ejecutar en equipos locales.

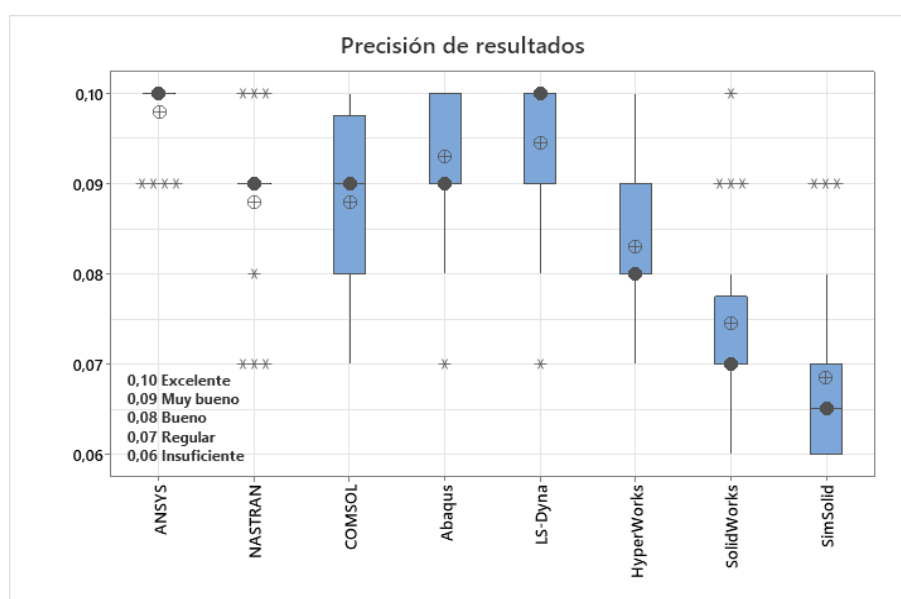
Fuente: Autores

Este enfoque cualitativo permitirá identificar tendencias emergentes, prácticas óptimas y perspectivas críticas que no se capturan fácilmente mediante métodos cuantitativos. Al integrar estos conocimientos cualitativos con los resultados cuantitativos de las simulaciones, se obtendrá una visión más holística y fundamentada del impacto y potencial de las herramientas de simulación en el diseño y análisis de estructuras automotrices, ofreciendo así recomendaciones basadas en evidencia tanto para investigadores como para profesionales del sector.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación revelaron diferencias significativas en las cualidades de los diversos softwares de simulación analizados. La precisión de los resultados midió la exactitud de los resultados del software en comparación con soluciones analíticas, datos experimentales o benchmarks industriales; este parámetro es crucial para tomar decisiones de diseño fiables y optimizar el rendimiento. Mayor precisión se traduce en mayor confianza en los resultados.

Figura 1. Distribución de datos - Precisión de resultados



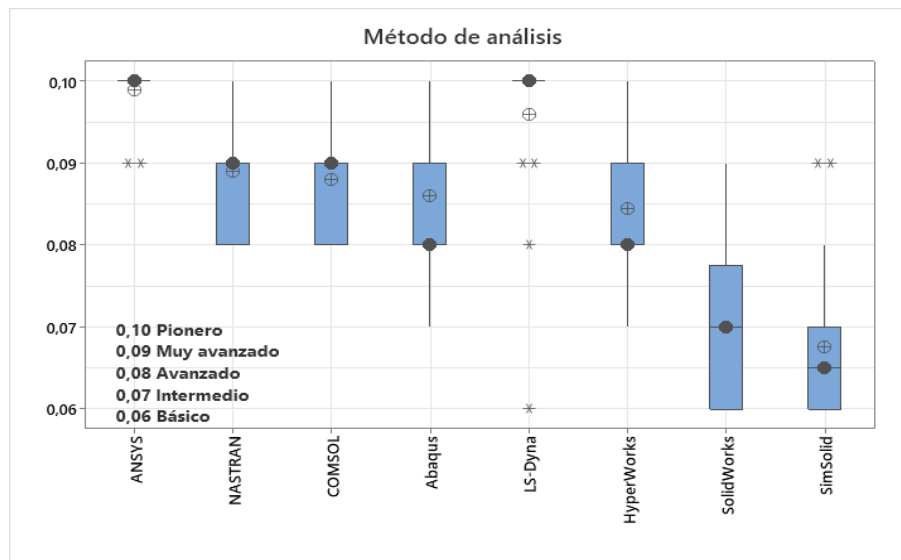
Fuente: Autores

Un análisis comparativo de la precisión de diversos softwares de simulación reveló que ANSYS y NASTRAN lideran el ranking, ambos alcanzando un 91.67% de calificaciones “Excelente” y un 8.33% “Muy bueno”. COMSOL les sigue de cerca con un 83.33% y 16.67% en las mismas categorías, respectivamente. ABAQUS se ubica en un segundo plano con un 66.67% de calificaciones “Excelente”, seguido de LS-DYNA e HYPERWORK, ambos con un desempeño similar (50% “Excelente” y 50% “Muy bueno”). SolidWorks muestra mayor variación en sus resultados (41.67% “Bueno”, 33.33% “Regular” y 25% “Insuficiente”), mientras que SimSolid se posiciona en último lugar con un 75% de sus resultados calificados como “Regular”. Estos hallazgos sugieren que, si bien existe un grupo de softwares con un sólido rendimiento en pre-

cisión, la elección de la herramienta adecuada debe considerar cuidadosamente las necesidades específicas de cada proyecto de simulación.

El **método de análisis** describe el método numérico utilizado por el software para resolver las ecuaciones que rigen el problema (elementos finitos, diferencias finitas, volúmenes finitos, etc.) y define las capacidades y limitaciones del software. Diferentes métodos son adecuados para diferentes tipos de análisis y afectan a la precisión, eficiencia y escalabilidad.

Figura 2. Distribución de datos - Método de análisis

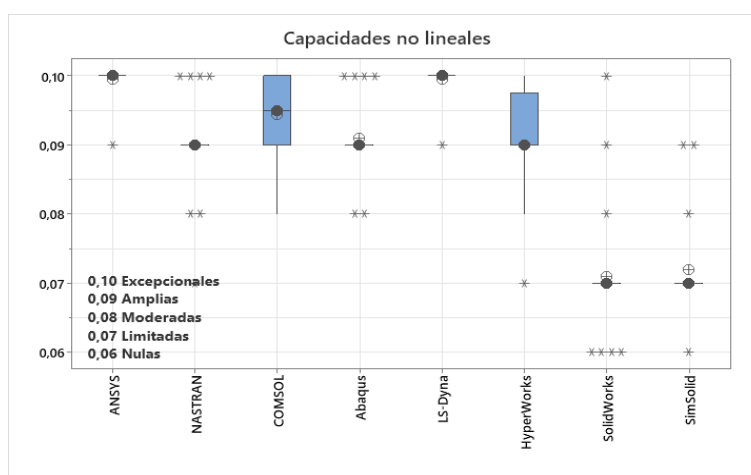


Fuente: Autores

Un análisis de las capacidades de los métodos de análisis de software de ingeniería revela una gama de sofisticación. ANSYS, NASTRAN, Abaqus y LS-Dyna lideran la industria con métodos “pioneros” cercanos al 100%. COMSOL le sigue de cerca con una combinación de métodos “muy avanzados” (90%) y “pioneros” (10%). HyperWorks y SolidWorks ofrecen métodos “sofisticados” (80%), mientras que SimSolid y SolidWorks dependen de métodos “intermedios” (70%) y “básicos” (60%) respectivamente. Estas variaciones resaltan la necesidad crítica de alinear la selección de software con las complejidades específicas del método de análisis de cualquier proyecto de ingeniería dado.

El parámetro **Capacidades no lineales** indica si el software puede manejar comportamientos no lineales como grandes deformaciones, contacto, plasticidad y no linealidad del material, siendo este parámetro esencial para modelar sistemas del mundo real que a menudo exhiben comportamientos no lineales. Aumenta la precisión y el realismo de la simulación.

**Figura 3.** Distribución de datos – Capacidades no lineales

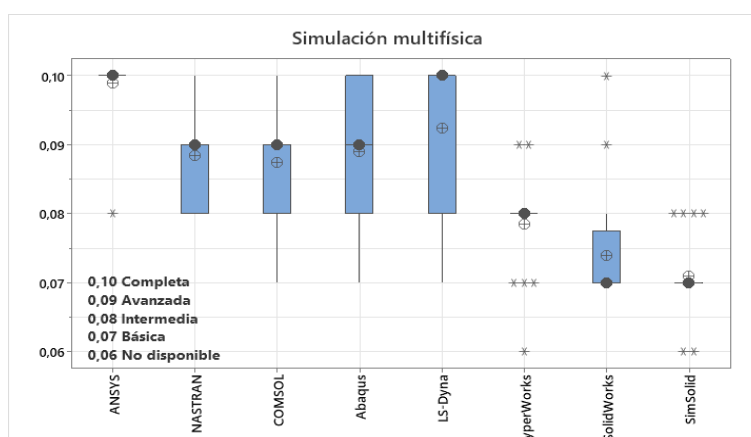


*Fuente: Autores*

Las preferencias de expertos revelan una clara preferencia por programas con capacidades para manejar problemas no lineales. ANSYS, NASTRAN, COMSOL, Abaqus y LS-Dyna lideran con un porcentaje cercano al 100% de aprobación en su capacidad para abordar cualquier tipo de problema no lineal. HyperWorks y SolidWorks, aunque bien considerados, muestran una ligera desventaja con un 71% y 83% de aprobación respectivamente. SimSolid presenta la mayor variabilidad, con un 58% considerándolo apto para problemas complejos, un 33% limitándolo a problemas simples y un 8% negando su capacidad para manejar la no linealidad. La selección del software adecuado se vuelve crucial dependiendo de la complejidad de los problemas a analizar en el diseño y análisis de estructuras automotrices.

**Simulación multifísica**, se refiere a la capacidad del software para simular la interacción de diferentes fenómenos físicos (por ejemplo, estructural, térmico, fluido, electromagnético, etc). Esto permite al software analizar sistemas complejos donde múltiples físicas interactúan, proporcionando información más completa sobre el entorno de la estructura o producto.

**Figura 4.** Distribución de datos - Simulación multifísica



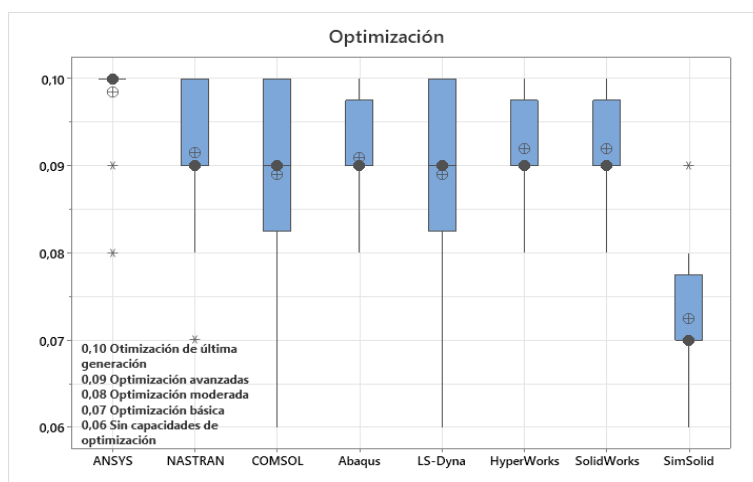
*Fuente: Autores*



El software de simulación multifísica ANSYS domina la industria automotriz, con un 100% de acuerdo entre expertos sobre su capacidad para simular cualquier fenómeno acoplado. NASTRAN Y COMSOL le siguen de cerca con un 90% de aprobación, consolidándose como una herramienta poderosa. Aunque potentes, Abaqus (90%) y LS-Dyna (80%) muestran una ligera disminución en la percepción de sus capacidades. HyperWorks y SolidWorks se ubican en un nivel intermedio (80%), mientras que SimSolid obtiene la puntuación más baja: 70% con capacidades limitadas y 10% sin funciones multifísicas.

El parámetro **Optimización** describe las capacidades de optimización del software, incluyendo algoritmos disponibles (por ejemplo, gradiente, evolutivos, etc.) y opciones de restricción y objetivo que permite encontrar diseños óptimos que cumplan con ciertos criterios de rendimiento, mejorando la eficiencia y la innovación en el diseño. La figura 5 muestra que ANSYS se posiciona como líder indiscutible en herramientas de optimización, con un 99.8% de reconocimiento por su tecnología de vanguardia. NASTRAN y COMSOL le siguen con un 83% y 67% de aceptación respectivamente, consolidándose como opciones robustas. Abaqus (58%) y HyperWorks (50%) también ofrecen herramientas avanzadas, aunque con menor reconocimiento. En contraste, LS-Dyna (42%), SolidWorks (33%) y SimSolid (8%) se enfocan en la optimización básica, siendo este último un factor a considerar para análisis complejos en la industria automotriz.

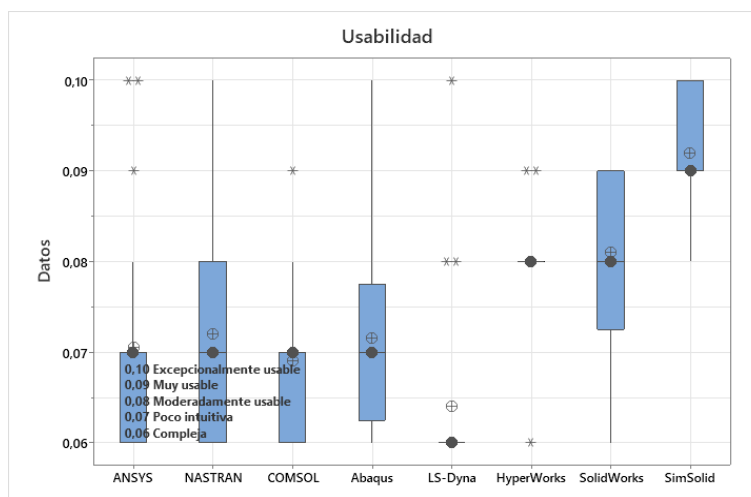
**Figura 5.** Distribución de datos - Optimización



*Fuente: Autores*

La **Usabilidad** se refiere a la facilidad de uso del software, incluyendo la interfaz de usuario, la curva de aprendizaje, la documentación y la calidad del soporte técnico; datos que afectan directamente a la productividad y la eficiencia del usuario. Una interfaz intuitiva y una buena usabilidad son cruciales para acelerar el proceso de diseño.

**Figura 6.** Distribución de datos – usabilidad

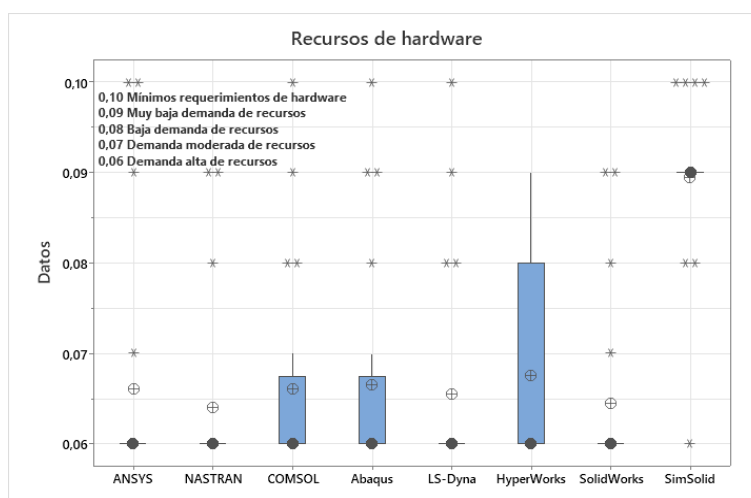


*Fuente: Autores*

Un análisis de usabilidad de software de simulación reveló una amplia gama en la experiencia del usuario. SolidWorks y SimSolid obtuvieron las puntuaciones más altas, con un 80% o más de los usuarios calificándolos como “Excepcionalmente utilizables” o “Muy utilizables”, lo que indica interfaces intuitivas. ANSYS también tuvo un buen desempeño, con un 60% de respuestas positivas. Sin embargo, softwares como Nastran, COMSOL, Abaqus, LS-Dyna e HyperWorks recibieron puntuaciones más bajas y variadas, con un 40% a 60% de los usuarios que los encontraron “Poco intuitivos” o “Complejos”. Si bien todas las opciones ofrecen potentes capacidades de simulación, la mejor opción para los usuarios depende del equilibrio entre la funcionalidad técnica y la facilidad de uso.

Los **recursos de hardware** especifican los requisitos mínimos y recomendados de hardware para ejecutar el software, incluyendo CPU, RAM, GPU y espacio de almacenamiento.

**Figura 7.** Distribución de datos - Recursos de hardware

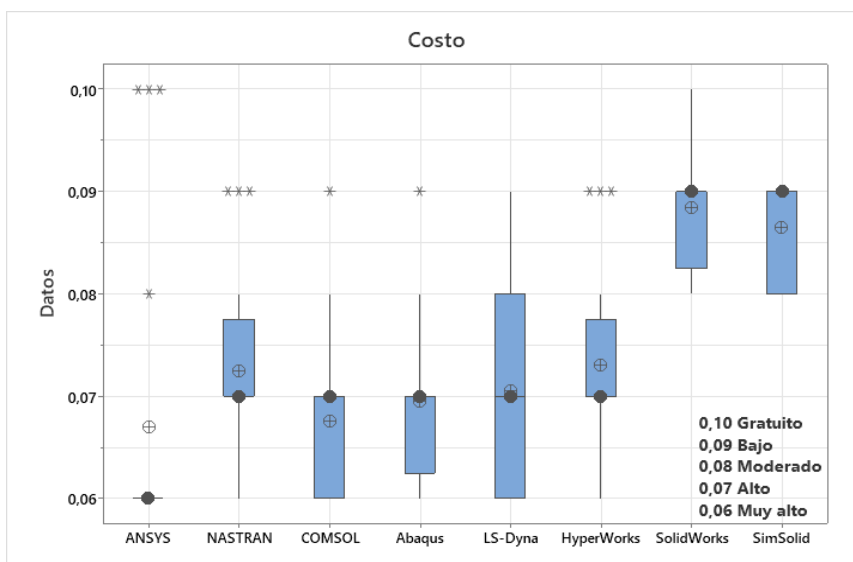


*Fuente: Autores*

El análisis de los requerimientos de hardware para diferentes programas de simulación revela que la mayoría de los programas tradicionales, como ANSYS, NASTRAN, COMSOL, Abaqus, LS-Dyna e HyperWorks, exigen un alto rendimiento del hardware en el 83.33% de los casos. Mientras que SolidWorks muestra necesidades variables, programas como NASTRAN (66.66%) y LS-Dyna (83.33%) casi siempre requieren equipos potentes. En contraste, SimSolid se destaca por su baja demanda de recursos en el 83.33% de los casos, funcionando eficientemente incluso con recursos limitados: un 50% de los casos analizados muestran una demanda muy baja y un 33.33% una demanda baja, convirtiéndolo en una opción más accesible en términos de hardware.

El **costo** describe los precios del software, incluyendo licencias perpetuas, suscripciones, costes de mantenimiento y opciones de soporte. Este factor es crítico en la decisión de compra. Se deben considerar los costes a corto y largo plazo, así como el retorno de la inversión.

**Figura 8.** Distribución de datos – Costo



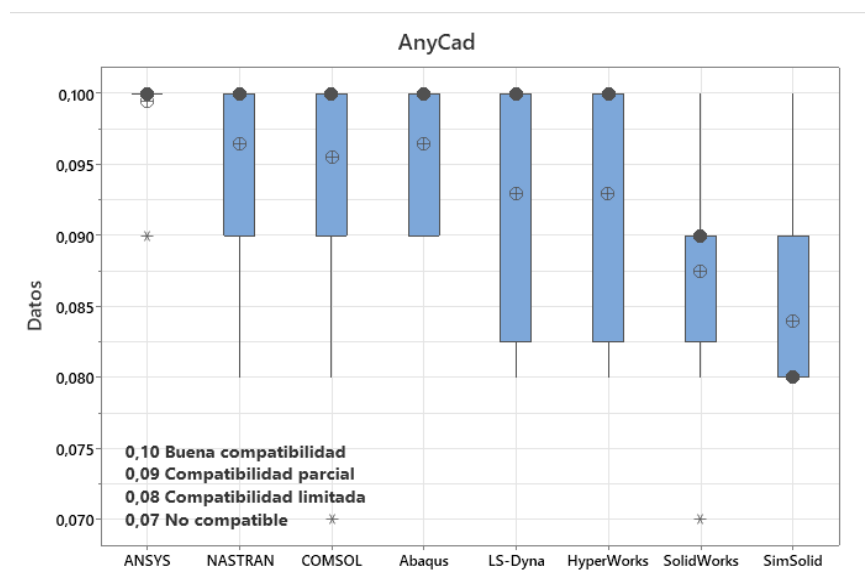
*Fuente: Autores*

El análisis de costos de software revela una amplia gama de precios. ANSYS y NASTRAN son percibidos como “muy altos” por un 58.3% y 66.7% de los encuestados, similar a COMSOL y Abaqus (50% y 58.3% respectivamente). LS-Dyna se considera “moderado” (50%), al igual que HyperWorks (58.3%), mientras que SolidWorks es “bajo” (58.3%). SimSolid destaca por su accesibilidad, siendo “bajo” para el 83.3% y gratuito (académico) para un 8.3%.

**AnyCad** indica la capacidad del software para importar y exportar datos CAD de diferentes proveedores sin pérdida de información. Facilita la colaboración entre equipos de diseño y permite reutilizar datos CAD existentes, lo que mejora la eficiencia del flujo de trabajo. Un análisis de la compatibilidad de AnyCAD muestra variaciones significativas en-

tre los programas. Mientras que ANSYS, NASTRAN, COMSOL y ABAQUS demuestran una compatibilidad excelente (100%), otros muestran limitaciones. Tanto LS-DYNA como HyperWorks tienen una compatibilidad parcial (64%), SolidWorks ofrece una compatibilidad limitada (50%) y SimSolid presenta la compatibilidad más baja (38%).

**Figura 9.** Distribución de datos – AnyCad



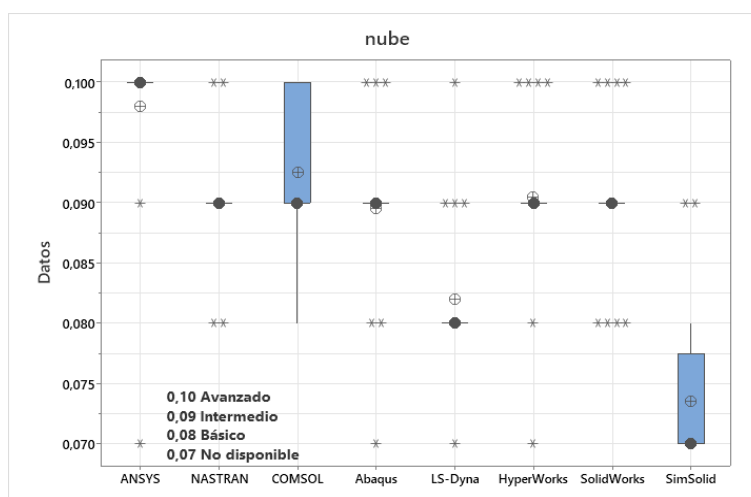
*Fuente: Autores*

Estas discrepancias resaltan la importancia de considerar la compatibilidad de AnyCAD al elegir software para flujos de trabajo que involucran el intercambio de datos entre plataformas.

La **Disponibilidad de acceso en la nube** especifica si el software está disponible a través de la nube, permitiendo el acceso remoto y la colaboración en tiempo real. Esta característica ofrece flexibilidad y escalabilidad, permitiendo a los usuarios acceder al software y a los datos desde cualquier lugar con conexión a Internet. Reduce la dependencia de la infraestructura local.

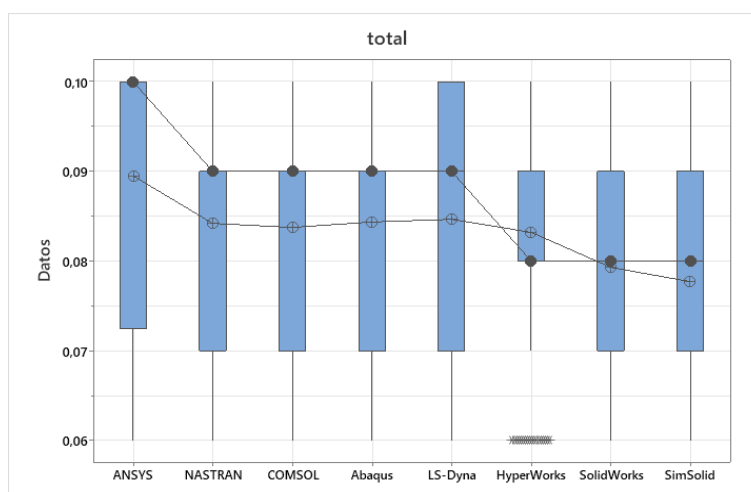
La figura 10, disponibilidad de acceso en la nube de los softwares de simulación muestra una clara superioridad de ANSYS y Abaqus, que ofrecen una experiencia completa en la nube con el 100% de funcionalidades para trabajo remoto. NASTRAN, COMSOL, LS-Dyna e HyperWorks les siguen de cerca con un 90% de funcionalidades avanzadas en la nube, incluyendo colaboración en tiempo real. SolidWorks ofrece acceso básico en la nube en el 80% de los casos, mientras que SimSolid solo está disponible en la nube en un 8% de los casos y carece de cualquier funcionalidad en la nube en un 7% de los casos, evidenciando una fuerte dependencia de equipos locales.

**Figura 10.** Distribución de datos - Accesibilidad a la nube



*Fuente: Autores*

**Figura 11.** Distribución general de datos evaluados en la encuesta



*Fuente: Autores*

La investigación pone de manifiesto que; aunque los softwares tradicionales como ANSYS, NASTRAN y COMSOL siguen siendo robustos y confiables para el análisis de estructuras metálicas automotrices, las nuevas alternativas como Abaqus, LS-DYNA, Altair HyperWorks, SolidWorks y SimSolid presentan ventajas significativas en varios aspectos. Abaqus y LS-DYNA destacaron por sus avanzadas capacidades en simulaciones no lineales y análisis de impacto, cruciales para estudios de seguridad automotriz. Altair HyperWorks mostró una integración superior de herramientas de optimización y análisis dinámico, facilitando el diseño de estructuras más ligeras y eficientes. SimSolid demostró una notable reducción en los tiempos de preparación y simulación debido a su metodología sin malla, lo que es especialmente útil en la fase de diseño preliminar.

Las entrevistas con expertos resaltaron que la usabilidad y la curva de aprendizaje son factores críticos, donde SolidWorks y SimSolid obtuvieron comentarios positivos por su interfaz intuitiva y facilidad de uso. Sin embargo, se identificaron desafíos en la integración de estos nuevos programas con los flujos de trabajo existentes y la necesidad de validación rigurosa para asegurar la precisión en aplicaciones críticas. En conjunto, estos hallazgos sugieren que las nuevas herramientas de simulación tienen el potencial de complementar e incluso superar a los softwares tradicionales en ciertos contextos, ofreciendo innovaciones que pueden impulsar la eficiencia y efectividad en el diseño de estructuras automotrices.

#### 4. CONCLUSIONES

El software de simulación ha jugado un papel crucial en el análisis y optimización de estructuras metálicas automotrices, ofreciendo importantes ventajas en términos de seguridad, eficiencia del diseño y reducción de costos. Las herramientas como ANSYS-LSDYNA y SolidWorks se utilizan ampliamente para el análisis de elementos finitos (FEA) con el fin de evaluar la resistencia a los choques y la integridad estructural de los vehículos.

El análisis de los datos revela una clara tendencia en la industria del software de análisis para estructuras metálicas automotrices siendo ANSYS, NASTRAN y COMSOL los líderes con capacidades excepcionales en precisión de resultados (100%, 93% y 93% respectivamente) y métodos de análisis pioneros o muy avanzados (100%, 100% y 93%). Abaqus y LS-Dyna también demuestran un alto nivel de precisión (93% y 100% respectivamente), pero sus métodos de análisis se clasifican como avanzados (86% y 93%) en lugar de pioneros. HyperWorks destaca por sus herramientas de optimización de última generación (100%) y su interfaz fácil de usar (93%), mientras que SolidWorks se caracteriza por su bajo costo (93%) y su compatibilidad con AnyCAD (100%). SimSolid, por otro lado, sobresale por su bajo requerimiento de recursos de hardware (93%) y su facilidad de uso excepcional (100%), pero sus capacidades de análisis y optimización son limitadas (86% y 79%). En general, la industria se inclina hacia la precisión, la innovación y la eficiencia, con una creciente oferta de opciones en la nube para el acceso remoto y la colaboración. Estos hallazgos subrayan la evolución y diversificación del software de simulación, destacando las ventajas específicas que cada herramienta puede ofrecer según las necesidades del análisis estructural en la industria automotriz.

#### REFERENCIAS

- Altair. (2021). *HyperWorks*. <https://www.altair.com/hyperworks>
- Ariffin, N., Kamarudin, K.-A., Abdullah, A. S., & Samad, M. I. A. (2022). Crash Investigation on Frontal Vehicle Chassis Frame using Finite Element Simulation. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 28(2), 124–134. <https://doi.org/10.37934/araset.28.2.124134>
- Arun, G. V, Kumar, K. K., & Velmurugan, S. (2021). *Structural Analysis of Chassis using AISI*

- 4130 and AA 7068. 1059(1), 12034. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1059/1/012034>
- Choudhari, C. M., Desai, J., Bhavsar, S., & Choudhary, D. (2019). *Crash Simulation of an Automotive Body to Explore Performance of Different Metallic Materials Using ANSYS* (pp. 689–695). [https://doi.org/10.1007/978-981-13-2490-1\\_64](https://doi.org/10.1007/978-981-13-2490-1_64)
- Faster Capital. (2024). *Analisis de elementos finitos simulacion de escenarios del mundo real con simulacion de modelos de analisis de elementos finitos - FasterCapital*. <https://fastercapital.com/es/contenido/Analisis-de-elementos-finitos--simulacion-de-esce-narios-del-mundo-real-con-simulacion-de-modelos-de-analisis-de-elementos-finitos.html>
- Gao, H. (2017). Analysis of Software Simulation Technology of Computer Architecture. *DES-tech Transactions on Computer Science and Engineering*. <https://doi.org/10.12783/DTCSE/AIEA2017/14976>
- Gauchía, A., Boada, B. L., Boada, M. J. L., & Díaz, V. (2014). *Integration of MATLAB and ANSYS for Advanced Analysis of Vehicle Structures*. <https://doi.org/10.5772/57390>
- Hussain, M. A. (2021). Structural Analysis of Chassis Frame Using CFRP and ANSYS Software. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9(8), 2689–2696. <https://doi.org/10.22214/IJRASET.2021.37850>
- Konopatskiy, E., & Shevchuk, O. V. (2022). Numerical simulation of the stress-strain state of metal structures using geometric interpolants. *Avtomatizaciâ i Modelirovanie v Proektirovanii i Upravlenii*, 2022(2), 61–71. <https://doi.org/10.30987/2658-6436-2022-2-61-71>
- LSTC. (2020). *LS-DYNA*. <http://www.lstc.com/lstdyna>
- Marur, P. R., & Srinivas, S. (2008). A reduced-order finite element model for the simulation of automotive side structure crash response. *International Journal of Crashworthiness*, 13(2), 211–218. <https://doi.org/10.1080/13588260701788542>
- Muhammad, A., & Shanono, I. H. (2019). *Simulation of a Car crash using ANSYS*. <https://doi.org/10.1109/ICECCO48375.2019.9043275>
- Pan, Y., Li, S., & Li, Y. (2022). Numerical simulation and analysis of welding of drive axle housing and axle tube. 12244, 122440D-122440D. <https://doi.org/10.1117/12.2635190>
- Ping, Z. (2017). *Vehicle structure design simulation analysis system*.
- Rao, D. V., & Kumar, N. (2022). Modeling, Aerodynamic and Crash Simulation on Car Using Fluent. *International Journal of Innovative Research in Engineering and Management*, 9(6), 114–118. <https://doi.org/10.55524/ijirem.2022.9.6.20>
- Shetty, S. (2017). *Optimization of Vehicle Structures under Uncertainties*. <https://doi.org/10.3384/DISS/DIVA-133199>
- SimScale. (2021). *SimScale*. <https://www.simscale.com>
- Simulia. (2020). *Abaqus*. <https://www.3ds.com/products-services/simulia/products/abacus>
- Terentyev, V., Andreev, K., Anikin, N., Morozova, N., & Shemyakin, A. (2020). *The use of simulation when designing road junctions*. 164, 3042. <https://doi.org/10.1051/E3S-CONF/202016403042>



- Vitan, C., Nan, M. S., Dumitrescu, I., Nicola, A., & Vitan, D. (2020). *Research on the use of modelling and computer simulation for metal mining structures in order to increase quality and safety*. 305, 64. <https://doi.org/10.1051/MATECCONF/202030500064>
- Vizzini, S. (2014). *CMS methods in complete NVH analysis*. <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/199928/199928.pdf>
- Walia, R. (2017). *Structural analysis of car under static and dynamic condition by using ansys software*. 04(1), 28–30.
- Wang, Y. (2022). Finite Element Method Analysis for Differential Case on Vehicles Based on ANSYS Software. *Journal of Physics*, 2303(1), 12072. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2303/1/012072>

## *Evaluación de modelos de optimización convexos para minimizar pérdidas en el sistema de distribución*

### *Evaluation of convex optimization models for minimizing losses in distribution systems*

Jimmy Vaca<sup>1</sup> , Carlos Quinatoa<sup>2</sup> , Josue Ortiz<sup>3</sup> , Luis Camacho<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, jimmy.vaca1539@utc.edu.ec, Latacunga, Ecuador

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, carlos.quinatoa7864@utc.edu.ec, Latacunga, Ecuador

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, josue.ortiz7570@utc.edu.ec, Latacunga, Ecuador

<sup>4</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, jose.camacho0529@utc.edu.ec, Latacunga, Ecuador

Autor para correspondencia: jimmy.vaca1539@utc.edu.ec

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación propone la evaluación de modelos convexos para el despacho de energía a corto plazo, optimizando la ubicación de generadores y minimizando pérdidas en redes de distribución. Para ello, se utiliza modelos convexos en un periodo de 12 horas con una variación horaria de la demanda, empleando el sistema IEEE de 15 nodos tipo radial. Debido a las ecuaciones de potencia activa y reactiva de inyección nodal, el problema se vuelve no convexo y requiere más recursos computacionales para encontrar soluciones locales óptimas. Para abordar el problema de no linealidad se analizan modelos como el cálculo de Wirtinger y la aproximación cónica de segundo orden. El primer modelo resuelve en 8.12 segundos con errores de voltaje del 0.63% y ángulo del 1.40%, y el segundo en 17.8 segundos con errores del 0.61% y 1.38%, respectivamente. La ubicación óptima de las unidades de generación son los nodos 7, 8 y 10. El valor de la función objetivo para cada modelo es 0.00731149 p.u. para el modelo no lineal, 0.00734619 p.u. para el modelo Wirtinger 0.00744715 p.u. y para el modelo de aproximación cónica de segundo orden (SOC), con una base de 100 kVA.

**Palabras clave:** Convexidad, Distribución, Optimización, Pérdidas, Wirtinger

### ABSTRACT

This paper proposes the evaluation of convex models for short-term energy dispatch, optimizing the location of generators and minimizing losses in distribution networks. For this purpose, convex models are used in a 12-hour period with an hourly variation of the demand, using the IEEE system of 15 radial type nodes. Due to the nodal injection active and reactive power equations, the problem becomes non-convex and requires more computational resources to find local optimal solutions. To address the nonlinearity problem. The Wirtinger calculus and the second-order conic approximation are analyzed. The first model solves in 8.12 seconds with voltage errors of 0.63% and angle of 1.40%, and the second model in 17.8 seconds with errors of 0.61% and 1.38%, respectively. The optimal

location of the generating units are nodes 7, 8 and 10. The objective function value for each model is 0.00731149 p.u. for the nonlinear model, 0.00734619 p.u. for the Wirtinger model 0.00744715 p.u. and for the second order conic approximation model (SOC), with a base of 100 kVA.

**Key words:** Convexity, Distribution, Optimization, Losses, Wirtinger

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los modelos de optimización en sistemas eléctricos, se enfoca en dos aspectos principales: la entrega de energía a los puntos de demanda al menor costo posible y la reducción de pérdidas en los sistemas (Dias Tamayo & Garcés Ruiz, 2017). Además, debido al aumento constante de la demanda los sistemas de potencia deben seguir expandiéndose para cumplir con esta finalidad. Con base a lo anterior, surge la necesidad de proponer modelos de optimización eficientes. Estos modelos deben enfocarse en las redes de distribución complejas que existen hoy en día, debido que estos sistemas de distribución tienen una naturaleza radial, el enfoque de esta investigación estará en minimizar las pérdidas del sistema mediante los modelos de optimización propuestos.

Para ello se analizó en esta investigación dos modelos particulares de optimización convexa. Por un lado, el modelo de optimización convexa utilizando el cálculo de Wirtinger, el cual permite generar aproximaciones a la ecuación general de flujo de potencia mediante las denominadas derivadas de Wirtinger. Por otra parte, la aproximación cónica de segundo orden, aplicando el criterio de ubicación óptima de unidades de generación. Ambos modelos buscarán la convexidad en el sistema para lograr resolver el problema en el menor tiempo posible. A través de esta investigación, se evaluó la factibilidad y se medirá el error porcentual entre estas metodologías y el modelo clásico no convexo. Es importante señalar que el problema de optimización planteado incorporando la ubicación óptima de unidades de generación puede utilizarse ya sea en sistemas de distribución o sistemas de potencia, según (María & Luis Alfonso, 2008) debido a su naturaleza que incorpora diferentes unidades de generación, lo convierte en un problema de optimización no lineal con variables continuas y discretas, incluidas restricciones de igualdad y desigualdad representadas en el modelo como límites de generación y flujo de potencia por las líneas.

Según los autores (Oñate Y & Ramírez A, 2009) “Debido a la representación discreta, la formulación se convierte en un problema de optimización no convexo, ahí la naturaleza compleja del mismo”. En la actualidad, no existe mucha información sobre la aplicación de modelos convexos en sistemas de distribución de naturaleza radial para disminuir pérdidas, sino más bien el enfoque del uso de estos modelos convexos es la minimización de costos de operación el autor (Yuan & Hesamzadeh, 2019) propone tres modelos de optimización convexos, Relajación Cónica, Expansión en Series de Taylor, Envoltura de McCormick. Los resultados muestran un rendimiento sólido de los modelos propuestos y la recuperación factible de la solución. Por otro lado, los

modelos usando el cálculo de Wirtinger, según expuesto por (Ramírez & Garcés, 2019) muestra que se obtuvo los voltajes en el sistema en un tiempo de 0,265588 segundos, mientras que (Martínez-Peralta, 2018) muestra un tiempo de solución 0,012059 segundos para un script realizado en Matlab para un sistema de 69 nodos. Estos resultados indican que los modelos de prueba utilizados muestran una ejecución precisa y rápida. Sin embargo, no se ha discutido la precisión de las respuestas de los modelos convexos en cuestión se centran en minimizar pérdidas. Actualmente no existen muchas metodologías disponibles que proporcionen una perspectiva clara sobre los beneficios de estos modelos. Por ejemplo las investigaciones realizadas por (Cabezas Soldevilla & Alfredo Cabezas Huerta, 2019) y (Leeton & Uthitsunthorn, 2010) utilizando modelos de optimización basados en enjambre de partículas, tienen como función objetivo minimizar las pérdidas del sistema, logrando una reducción de pérdidas del 8,38%, además mencionan que el flujo de potencia óptimo basado en optimización de enjambre de partículas ofrece mejores soluciones que los métodos basados en algoritmos iterativos como el Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno y algoritmos genéticos. Estos modelos en particular son metaheurísticas y la solución obtenida es un óptimo local, lo cual requiere un tiempo de solución bastante prolongado. Esto limita su utilidad a corto plazo debido a la necesidad de precisión y rápida convergencia.

Actualmente la ubicación óptima de unidades de generación se considera un recurso fundamental para la reducción de pérdidas. En la presente investigación, la implementación de generación distribuida se logra reducir las pérdidas en un 80%. Con el objetivo de promover la eficiencia energética y uso racional de energía, cada vez más se impulsan proyectos para incorporar generación distribuida al sistema eléctrico nacional. Se han realizado investigaciones y desarrollado metodologías específicas en este campo como las de (Muttaqi & Negnevitsky, 2006), (Anwar & Pota, 2011) y (Le & Kashem, 2007) such as load growth, overloaded lines, quality of supply and reliability. Moreover, it has been proven that the additional benefits brought by DG could be substantial if properly used. This paper addresses the issue of optimizing DG planning in term of DG size and location to reduce the amount of line losses in the distribution networks. The optimization methodology, which is based on the Sequential Quadratic Programming (SQP) quienes analizan a fondo los parámetros óptimos de la generación distribuida. Estos autores muestran reducciones cercanas al 20% en las pérdidas de potencia en los modelos propuestos. Este aspecto se enfatiza con la evaluación de modelos convexos y el criterio de ubicación óptima de unidades de generación.

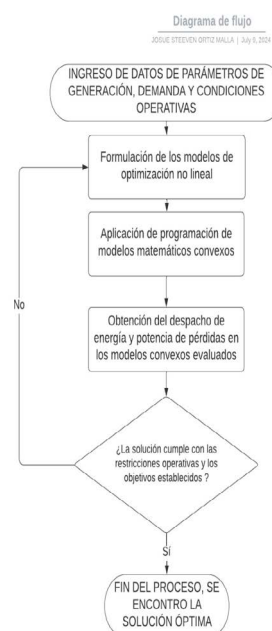
Este artículo está organizado de la siguiente manera, la primera sección expone las investigaciones realizadas referentes a los modelos convexos utilizados para reducir las pérdidas en los sistemas eléctricos de potencia. En la segunda sección se presenta el modelo de optimización matemática, incluyendo la formulación de los modelos convexos utilizados y los datos relevantes del sistema eléctrico. La tercera sección se realiza un análisis de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de dichos modelos. Finalmente, en la cuarta sección se presentan las conclusiones del estudio.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Metodología de la evolución de los modelos convexos

Para el desarrollo de la presente investigación, se realizó el ingreso de los parámetros de generación, demanda y condiciones operativas del sistema de distribución radial. Posteriormente, se formuló el modelo de optimización no lineal. Una vez obtenido el modelo base, se procedió a la programación de los modelos matemáticos convexos para obtener el despacho de energía y potencia de pérdidas. Al obtener los resultados, se verificó que la solución cumpliera con las restricciones impuestas, encontrando el óptimo global del problema de optimización, tal como se representa en el diagrama de flujo en la figura 1.

**Figura. 1.** Sistema de distribución radial IEEE 15 nodos



### Formulación matemática del modelo de optimización

Según (Javier Martínez-Peralta & Eugenia Llosas-Albuérne, 2022) “El desarrollo de un modelo matemático de optimización para la reducción de pérdidas eléctricas en toda la red incorporando generación distribuida”, contribuye significativamente a mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad de los sistemas eléctricos en general. Los parámetros del sistema base considerado en esta investigación se presentarán en las tablas posteriormente. El enfoque de optimización de sistemas eléctricos permite identificar y minimizar ineficiencias en un 80%, dependiendo del número de unidades de generación disponibles. Aprovecha la producción local de energía renovable para reducir la dependencia de fuentes de energía centralizadas y disminuir las pérdidas durante la transmisión y distribución. Además, fomenta una mayor resiliencia y flexibilidad en la red eléctrica, facilitando una integración más eficaz de fuentes de energía renovable y promo-

viendo un entorno más sostenible y robusto para el futuro energético. En la optimización convexa, se prioriza la resolución de problemas con funciones objetivo y restricciones que exhiben convexidad, asegurando que cualquier mínimo local sea también un mínimo global. Esta característica permite el uso eficiente de algoritmos confiables como el descenso de gradientes. La optimización no lineal enfrenta problemas con restricciones y funciones objetivo no convexas, lo que puede resultar en múltiples mínimos locales sin garantía de encontrar el mínimo global. Estos casos requieren algoritmos más avanzados como métodos de Newton modificados o algoritmos evolutivos, que pueden ofrecer menos certeza en términos de convergencia y tiempo de cálculo. En esta investigación se analizó dos modelos particulares de optimización convexa, el modelo que utiliza el cálculo de Wirtinger, y la aproximación cónica de segundo orden, a su vez aplicando el criterio de ubicación óptima de unidades de generación, ambos modelos busca la convexidad en el sistema para lograr resolver el problema en el menor tiempo posible, es decir que el algoritmo converge lo más rápido posible ahorrando tiempo y recursos del procesador, por medio de esta investigación se evaluará la factibilidad y margen de error que existen entre estas metodologías con respecto al modelo clásico no convexo.

**Modelo Flujo de Potencia Óptimo No Lineal (OPF-NL).**- Se define como un modelo no lineal entero mixto de la siguiente manera:

$$\min OF = \sum_{t \in \Omega_T^I} P_{i,t}^{extra} + P_{i,t}^{th} - PL_{i,t} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i \in \Omega_G^I} P_{i,t}^{th} + \sum_{i \in \Omega_G^I} P_{i,t}^{extra} = \sum P_{i,t} + \sum PL_{i,t} \quad (2)$$

$$\sum_{i \in \Omega_G^I} Q_{i,t}^{th} = \sum Q_{i,t} + \sum Q_{L_{i,t}} \quad (3)$$

$$P_{i,t} = V_{i,t}^2 G_{ii,t} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N V_{i,t} V_{j,t} Y_{ij,t} \cos(\delta_{i,t} - \delta_{j,t} - \theta_{ij,t}) \quad (4)$$

$$Q_{i,t} = -V_{i,t}^2 B_{ii,t} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N V_{i,t} V_{j,t} Y_{ij,t} \sin(\delta_{i,t} - \delta_{j,t} - \theta_{ij,t}) \quad (5)$$

$$P_i^{th,min} \leq P_{i,t}^{th} \leq P_i^{th,max} \quad i \in \Omega_{th}, t \in \Omega_T \quad (6)$$

$$Q_i^{th,min} \leq Q_{i,t}^{th} \leq Q_i^{th,max} \quad i \in \Omega_{th}, t \in \Omega_T \quad (7)$$

$$P_i^{extra,min} \leq P_{i,t}^{extra} \leq P_i^{extra,max} \quad i \in \Omega_{extras}, t \in \Omega_T \quad (8)$$

$$Q_i^{h,min} \leq Q_{i,t}^h \leq Q_i^{h,max} \quad i \in \Omega_h, t \in \Omega_T \quad (9)$$

$$-P_{ij}^{max} \leq P_{ij,t} \leq P_{ij}^{max} \quad (10)$$

$$-Q_{ij}^{max} \leq Q_{ij,t} \leq Q_{ij}^{max} \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i \leq U_{max} \quad (12)$$

$$P_{i,t}^{extra} \leq w_i * P_i^{extra,max} \quad (13)$$

La función objetivo mostrada en la ecuación (1) está en función de  $P_{i,t}^{th}$  la cual representa la potencia generada por las unidades de generación térmicas en el nodo  $i$  en la hora  $t$ , de la misma forma  $P_{i,t}^{extra}$  las unidades de generación adicionales  $\Omega_T$  y  $\Omega_{extras}$  perteneciente al conjunto de unidades térmicas y unidades extra respectivamente,  $PL_{i,t}$  potencia demandada en cada nodo en la hora  $t$ . Las ecuaciones de balance del modelo están tanto para potencia activa, como para potencia reactiva siendo  $PL_{i,t}$  y  $QL_{i,t}$  las demandas en los nodos  $i$  en la hora  $t$  respectivamente. Las ecuaciones (2) y (3) representan el balance de potencia activa y reactiva respectivamente, las ecuaciones (4) y (5) representan la inyección de potencia activa y reactiva respectivamente, las ecuaciones (6) y (7) representa los mínimos y máximos técnico de los generadores térmicos, las ecuaciones (8) y (9) representan los mínimos y máximos de los generadores distribuidos que pueden ubicar en cualquier nodo candidato a óptimo, las ecuaciones (10) y (11) representan los flujos por las líneas eléctricas, finalmente las ecuaciones (12) y (13) muestra la variable binaria que incorpora las unidades de generación y las unidades máximas que se pueden incorporar al sistema  $U_{max}$  y sus límites de generación respectivamente, con este y los modelos convexos que se mostrarán posteriormente se obtendrá el despacho de energía que minimizará al máximo las pérdidas del sistema de distribución, esta potencia de pérdidas es la mencionada función objetivo que se debe minimizar con el modelo de optimización.

### Análisis de la no linealidad del modelo flujo de potencia óptimo

El modelo OPF-NL es no lineal, debido a las ecuaciones (4) y (5) que representan la inyección de potencia activa y reactiva en cada nodo, las ecuaciones (12) y (13) tiene variable binaria por la cual el sistema se vuelve no lineal entero mixto que es difícil de resolver. Generalmente dentro de la literatura científica estos tipos de problemas de optimización resuelven con meta



heurística, sin embargo, para la operación en corto plazo se necesita algoritmos rápidos y que tenga unicidad en las soluciones es decir que siempre encuentre un óptimo global.

### Propiedades matemáticas para la convexidad de funciones no lineales

“Para abordar el problema de análisis de no linealidad, se tiene en cuenta algunas definiciones matemáticas que es de bastante importancia” (Caiza & Toaza, 2021). La optimización convexa es un subcampo de la optimización que estudia problemas de minimizar las funciones sobre los conjuntos convexos. La convexidad hace que la optimización sea más fácil que en el caso general, ya que el mínimo local es también un mínimo global y las condiciones de primer orden son suficientes para el problema.

**Definición uno conjunto convexo:** Según el autor (Stephen Lieven, 2013) “Se dice que es un conjunto convexo  $\Omega$  de  $\mathbb{R}^n$  es convexo si para cualquier punto  $x, y \in \Omega$  existe un  $z$  en la cual pertenece al conjunto ( $z \in \Omega$ ) dado por la ecuación (14).

$$z = \lambda x + (1 - \lambda)y \in \Omega \quad (14)$$

**Definición dos cono convexo:** “Un cono  $C$  no vacío es un cono si  $x \in C$  implica que  $\alpha x \in C$  para cualquier escalar  $\alpha \geq 0$ . Si además  $C$  es convexo se dice que es un cono convexo”. (Stephen Lieven, 2013).

**Definición tres función convexa:** Según el autor (Stephen Lieven, 2013) “Sea  $f: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$  donde  $\Omega$  es un conjunto no vacío de  $\mathbb{R}^n$ ”. La función  $f$  se dice que es convexa en  $\Omega$  si para cualquier par de puntos  $x, y$  y cualquier escalar  $\lambda$  que cumpla  $0 \leq \lambda \leq 1$ , se tiene en la ecuación (15):

$$f(\lambda x + (1 - \lambda)y) \leq \lambda f(x) + (1 - \lambda)f(y) \quad (15)$$

### Formulación matemática de modelos convexos

El modelo de aproximación basado en el cálculo de Wirtinger del problema de optimización de la ecuación 4 y 5 del problema OPF-NL puede describirse como:

$$s_k^* - d_k^* = \sum_m y_{km} w_{km} \quad (16)$$

$$w_{km} = v_k^* v_m \quad (17)$$

Donde  $w_{km}$  es la nueva variable compleja, esta ecuación puede ser linealizada en el plano complejo alrededor del punto  $u_k, u_m$ , mediante el cálculo de Wirtinger, obteniendo lo siguiente en la ecuación (18):

$$w_{km} - u_k^* u_m = u_k^* (v_m - u_m) + u_m (v_k^* - u_k^*) \quad (18)$$

Siendo  $u_k = u_m = 1$  resultando en la siguiente restricción afín:

$$w_{km} = v_k^* + v_m - 1 \quad (19)$$

La ecuación (19) constituye una linealización convexa la ecuación del flujo de potencia. A continuación, la formulación matemática del problema de optimización basada en el cálculo de Wirtinger.

$$\min_{real} \left( \sum_k \sum_m y_{km} v_k v_m^* \right) \quad (20)$$

$$v_0 = 1 + j0 \quad (21)$$

$$\delta \geq \|v_k - 1\|_1, \forall k \in \mathcal{N} \quad (22)$$

$$p_k^{max} \geq real(s_k) \geq p_k^{min}, \forall k \in \mathcal{N} \quad (23)$$

$$s_k^{max} \geq \|s_k\|, \forall k \in \mathcal{N} \quad (24)$$

$$i_{km}^{max} \geq \|y_{km}(v_k - v_m)\|, \forall (km) \in \mathcal{E} \quad (25)$$

$$s_k^* - d_k^* = \sum_m y_{km} w_{km}, \forall k \in \mathcal{N} \quad (26)$$

$$w_{km} = v_k^* + v_m - 1, \forall (km) \in \mathcal{N} \times \mathcal{N} \quad (27)$$

Donde \* representa el conjugado convexo, es la potencia nodal generada,  $d_k$  y es la carga correspondiente. En favor de una representación compacta del modelo y siguiendo la metodología descrita en (Garcés-Ruiz, 2022), se asume que los subíndices  $m$  y  $k$  pertenecen al conjunto de nodos en todos los casos. El modelo se presenta en una variable compleja, por ejemplo, se representa la ecuación (22). en el dominio complejo; esto es sólo una representación ya que la ecuación requiere ser separado en partes reales e imaginarias. Aunque el problema puede considerar diferentes objetivos, la aplicación en esta investigación consiste en minimizar las pérdidas de potencia dadas por la ecuación (16).

### Modelo basado en la aproximación cónica de segundo orden

El autor (Garcés-Ruiz, 2022) mencionan que, una aproximación cónica de segundo orden es una forma conveniente de incluir las ecuaciones de flujo de potencia en un modelo de optimización, partiendo de la ecuación (17), multiplicando por se obtiene la ecuación siguiente:

$$w_{km} w_{km}^* = (v_k^* v_m)(v_k v_m^*) \quad (28)$$

Que se puede reescribir como:

$$\|w_{km}\|^2 = \|v_k\|^2 \|v_m\|^2 \quad (29)$$

Definiendo como nuevo vector  $H \in \mathbb{R}^n$  con entradas  $h_k = \|v_k\|^2$  la ecuación (29) se transforma en:

$$\|w_{km}\|^2 = h_k h_m \quad (30)$$

En cuanto a la restricción anterior, aún no es convexa, debido a aquello, se realiza una aproximación que transforma la igualdad en desigualdad y así resuelva el conjunto hiperbólico resultante.

$$\left\| \begin{pmatrix} 2w_{km} \\ h_k - h_m \end{pmatrix} \right\| \leq h_k + h_m \quad (31)$$

Los límites de potencia por las líneas se representan como:

$$S_{km} = Y_{km}(h_k - w_{km}) \quad (32)$$

Existe una amplia literatura sobre aproximaciones de conos de segundo orden, destacando el trabajo presentado por (Low, 2014) y (Low, 2014). Esta revisión incluye linealizaciones y aproximaciones cónicas. A continuación, la formulación matemática del problema de optimización basada aproximación cónica de segundo orden:

$$\min_{real} \left( \sum_k s_k - d_k \right) \quad (33)$$

$$h_0 = 1 \quad (34)$$

$$(1 + \delta)^2 \geq h_k \geq (1 - \delta)^2, \forall k \in \mathcal{N} \quad (35)$$

$$p_k^{max} \geq real(s_k) \geq p_k^{min}, \forall k \in \mathcal{N} \quad (36)$$

$$s_k^{max} \geq \|s_k\|, \forall k \in \mathcal{N} \quad (37)$$

$$i_{km}^{max} \geq \|y_{km}(h_k - w_{km})\|, \forall (km) \in \mathcal{E} \quad (38)$$

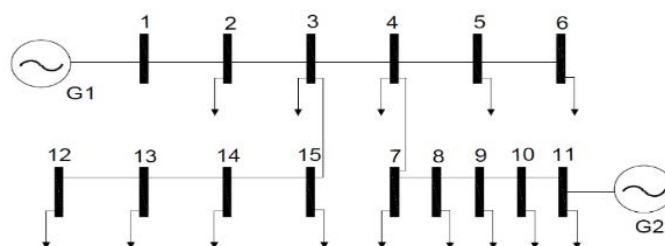
$$s_k^* - d_k^* = \sum_m y_{km} w_{km}, \forall k \in \mathcal{N} \quad (39)$$

$$\left\| \begin{pmatrix} 2w_{km} \\ h_k - h_m \end{pmatrix} \right\| \leq h_k + h_m, \forall (km) \in \mathcal{N} \times \mathcal{N} \quad (40)$$

En este caso, se convexifica la ecuación de flujo de potencia manteniendo la no linealidad. En este modelo, se calcula la potencia de pérdidas como la suma de las potencias nodales.

A continuación se detalla el sistema de distribución tipo radial para el desarrollo de esta investigación, se toma los datos de líneas a partir de los autores (Gopi & Raj, 2012), este sistema cuenta con 15 nodos 2 generadores y 14 demanda tanto activa como reactiva como se muestran en la Figura 2.

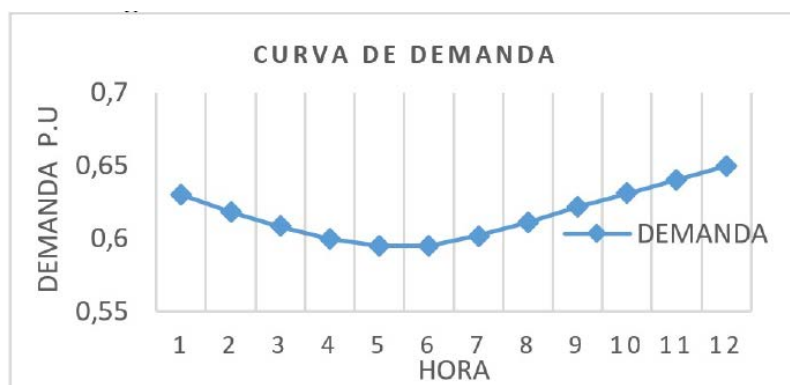
**Figura. 2.** Sistema de distribución radial IEEE 15 nodos



Fuente: (Gopi & Raj, 2012)

Para un estudio más completo de la evaluación de los modelos convexos en sistemas de distribución se realizó con la curva de la demanda de 12 horas. La Figura 3 muestra el periodo de la evaluación de la demanda.

**Figura. 3.** Curva de demanda 12 horas



En las Tabla 1 se muestra los datos de límites de generación de las unidades que se encuentran en el sistema IEEE 15 nodos.

**Tabla 1.** Límites de generación

Unidades				
G1	4.0	0	3.0	0
G2	0.1	0	0.25	0
Unidades adicionales				
G3	0.1	0	0	--
G4	0.1	0	0	--
G5	0.1	0	0	--

En la Tabla 2 se muestra la demanda de potencia activa en p.u, para cada nodo del sistema se tiene 12 medidas que corresponden a las horas.

**Tabla 2.** Demanda de potencia activa en 12 horas

<i>Demanda Potencia Activa p.u</i>														
Hora	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15
1	0.0208	0.0495	0.0958	0.0422	0.0133	0.0638	0.0323	0.0213	0.0280	0.2170	0.0132	0.0029	0.0161	0.0139
2	0.0180	0.0450	0.0900	0.0400	0.0140	0.0650	0.0350	0.0220	0.0290	0.2100	0.0140	0.0040	0.0170	0.0150
3	0.0150	0.0400	0.0840	0.0380	0.0150	0.0680	0.0380	0.0230	0.0300	0.2030	0.0150	0.0050	0.0180	0.0160
4	0.0140	0.0360	0.0770	0.0350	0.0160	0.0710	0.0420	0.0240	0.0310	0.1960	0.0160	0.0060	0.0190	0.0170
5	0.0160	0.0320	0.0720	0.0320	0.0170	0.0730	0.0450	0.0250	0.0320	0.1890	0.0170	0.0070	0.0200	0.0180
6	0.0200	0.0290	0.0680	0.0300	0.0180	0.0750	0.0480	0.0260	0.0330	0.1820	0.0180	0.0080	0.0210	0.0190
7	0.0300	0.0260	0.0650	0.0290	0.0190	0.0770	0.0500	0.0270	0.0340	0.1750	0.0190	0.0090	0.0220	0.0200
8	0.0400	0.0250	0.0630	0.0280	0.0200	0.0780	0.0520	0.0280	0.0350	0.1680	0.0200	0.0100	0.0230	0.0210
9	0.0500	0.0250	0.0620	0.0280	0.0210	0.0790	0.0530	0.0290	0.0360	0.1610	0.0210	0.0110	0.0240	0.0220
10	0.0550	0.0260	0.0620	0.0290	0.0220	0.0800	0.0540	0.0300	0.0370	0.1540	0.0220	0.0120	0.0250	0.0230
11	0.0600	0.0280	0.0620	0.0300	0.0230	0.0810	0.0545	0.0310	0.0380	0.1470	0.0230	0.0130	0.0260	0.0240
12	0.0630	0.0310	0.0620	0.0320	0.0240	0.0820	0.0550	0.0320	0.0390	0.1400	0.0240	0.0140	0.0270	0.0250

De la misma forma, en la Tabla 3 se muestra la demanda de potencia reactiva que se considera para el desarrollo de la investigación, de igual forma para un periodo de 12 horas, los datos presentados son aleatorios los cuales representan la variabilidad de la demanda.

**Tabla 3.** Demanda de potencia activa en 12 horas

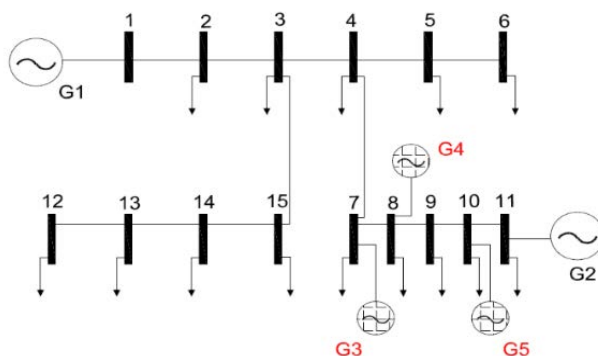
<i>Demanda Potencia Reactiva p.u</i>														
Hora	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15
1	0.0021	0.0051	0.0098	0.0045	0.0012	0.0066	0.0033	0.0020	0.0029	0.0022	0.0014	0.0003	0.0016	0.0014
2	0.0019	0.0046	0.0091	0.0041	0.0013	0.0067	0.0036	0.0021	0.0030	0.0021	0.0015	0.0004	0.0017	0.0015
3	0.0017	0.0041	0.0085	0.0039	0.0014	0.0069	0.0039	0.0022	0.0031	0.0020	0.0016	0.0005	0.0018	0.0016
4	0.0016	0.0037	0.0078	0.0036	0.0015	0.0072	0.0043	0.0023	0.0032	0.0019	0.0017	0.0006	0.0019	0.0017
5	0.0017	0.0033	0.0073	0.0033	0.0016	0.0074	0.0046	0.0024	0.0033	0.0018	0.0018	0.0007	0.0020	0.0018
6	0.0021	0.0030	0.0069	0.0031	0.0017	0.0076	0.0049	0.0025	0.0034	0.0017	0.0019	0.0008	0.0021	0.0019
7	0.0031	0.0026	0.0066	0.0030	0.0018	0.0078	0.0051	0.0026	0.0035	0.0016	0.0020	0.0009	0.0022	0.0020
8	0.0041	0.0025	0.0064	0.0029	0.0019	0.0079	0.0053	0.0027	0.0036	0.0015	0.0021	0.0010	0.0023	0.0021
9	0.0051	0.0025	0.0063	0.0029	0.0020	0.0080	0.0054	0.0028	0.0037	0.0014	0.0022	0.0011	0.0024	0.0022
10	0.0056	0.0026	0.0063	0.0030	0.0021	0.0081	0.0055	0.0029	0.0038	0.0013	0.0023	0.0012	0.0025	0.0023
11	0.0061	0.0029	0.0063	0.0031	0.0022	0.0082	0.0056	0.0030	0.0039	0.0012	0.0024	0.0013	0.0026	0.0024
12	0.0064	0.0031	0.0063	0.0033	0.0023	0.0083	0.0056	0.0031	0.0040	0.0011	0.0025	0.0014	0.0027	0.0025

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado de problema de optimización convexa tomando en cuenta tres unidades de generación distribuida, los datos del modelo de IEEE de 15 nodos y la demanda de la potencia reactiva y activa mostradas en las Tablas 2 y 3. La simulación se realiza en un periodo de 12 horas utilizando el solver Knitro y una computadora Intel(R) Core(TM) i7-8565U CPU @ 1.80GHz 1.99 GHz. Los resultados se muestran a continuación:

La Figura 4 muestra la ubicación óptima de las 3 unidades de generación distribuida, que son los nodos 7, 8 y 10 respectivamente, minimizando las pérdidas de la red con un valor de 0,00731149 p.u y 0,00744715 p.u para los modelos convexos, Wirtinger y segundo orden cónico respectivamente.

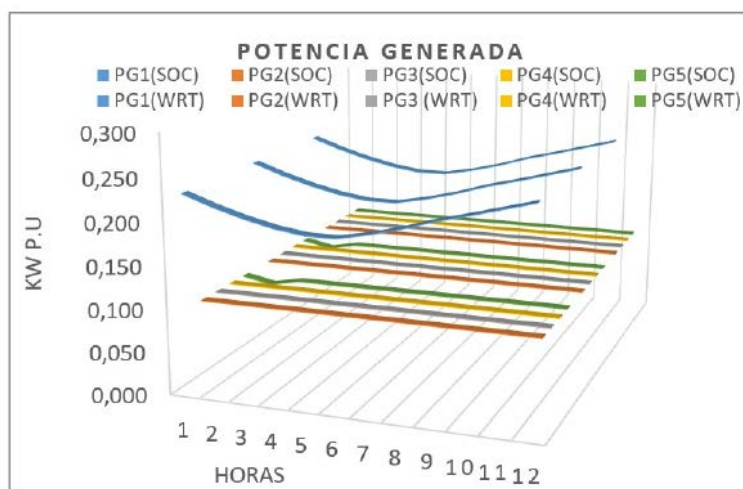
**Figura. 4.** Sistema de distribución radial IEEE 15 nodos, incorporando nuevas unidades de generación



En la Figura 5 el valor de la función objetivo del modelo OPF-NL es de 0,00757788 p.u., es similar a los valores obtenidos por los modelos convexos. Esto demuestra que el modelo OPF-NL proporciona una aproximación precisa. Sin embargo, hay una diferencia entre estos modelos. Aunque el modelo OPF-NL produce resultados muy cercanos a los obtenidos por los modelos convexos, estos últimos tienen la ventaja de encontrar el óptimo global de manera consistente. La capacidad de los modelos convexos para identificar la mejor solución posible en un contexto específico los hace superiores en términos de exactitud y fiabilidad.

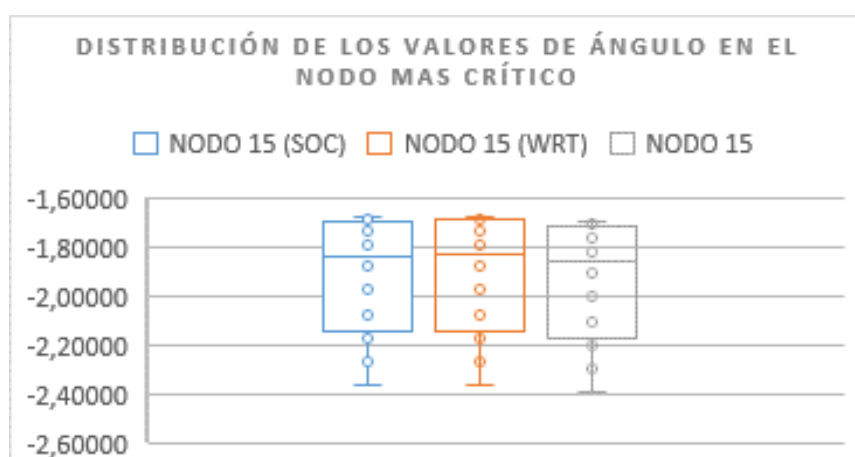
Debido a que es un sistema mulihorario, la cantidad de datos es considerable, por lo que el análisis de calidad de los datos se realizará en el nodo más crítico o nodo que presenta el mayor rango de error absoluto en comparación con el modelo no convexo.

**Figura. 5.** Potencia activa generada por las centrales en 12 horas. Despacho de energía de modelos: No convexo, convexo basado en el cálculo de Wirtinger y Convexo basado en segundo orden cónico.



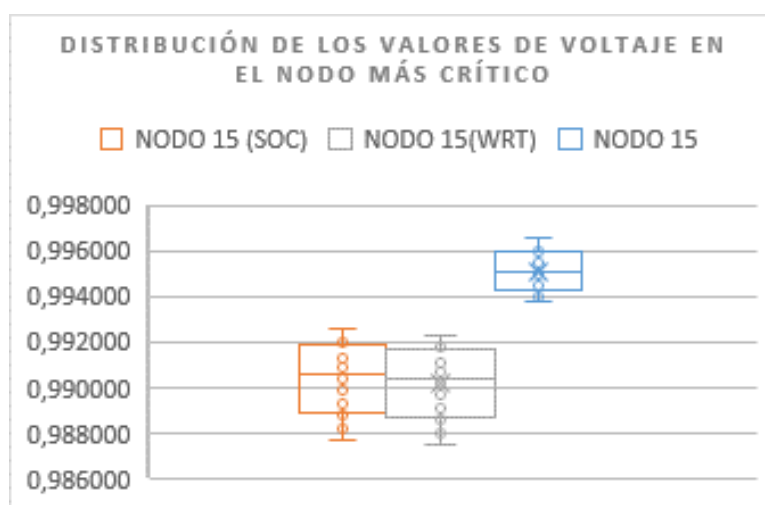
El nodo más crítico que presentan los modelos es el nodo 15 por lo tanto, se analiza la calidad de la respuesta enfocándose en los datos obtenidos en ese nodo para los modelos convexos, en la Figura 6 muestra la distribución de valores de ángulos para las horas establecidas, donde se observa que existe una distribución uniforme que se encuentra, y se encuentra dentro de los límites superior e inferior, además de la ausencia de valores atípicos en los valores de ángulo.

**Figura. 6.** Distribución de ángulos del segundo orden cónico , Wirtinger y modelo no convexo en un periodo de 12 horas en el nodo más crítico



De la misma manera, se muestra en la Figura 7 los datos de voltaje en el nodo 15, siendo esta una distribución uniforme resaltando que el modelo no convexo presenta la distribución de datos más uniforme que los modelos convexos.

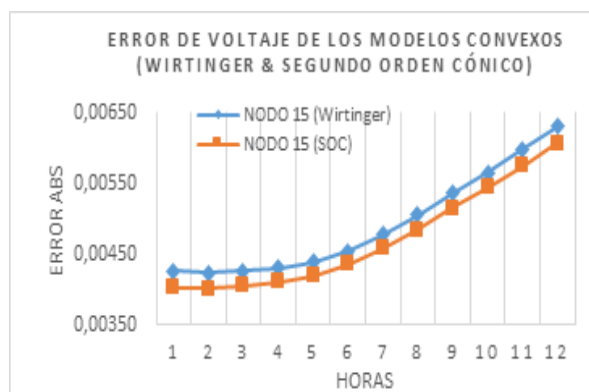
**Figura. 7.** Distribución de voltajes del segundo orden cónico, Wirtinger y modelo no convexo en un periodo de 12 horas en el nodo más crítico





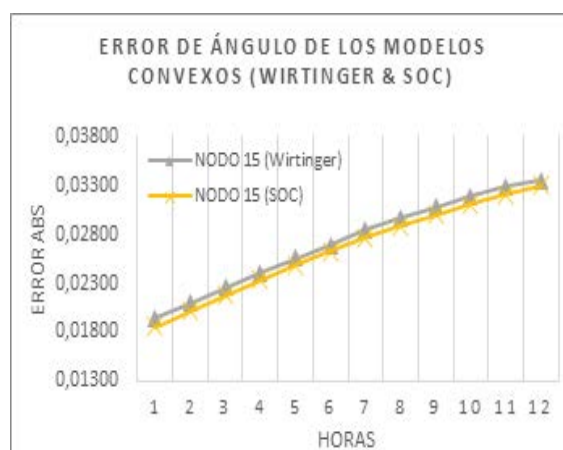
Para la evaluación específica de los modelos convexos, existe cierto rango de error entre los resultados del modelo OPF-NL evaluados frente a los modelos convexos. Por lo tanto en la Figura 8 muestra el error absoluto que existe en los datos del nodo 15. Para el modelo convexo basado en el cálculo de Wirtinger, se observa un error que oscila entre 0.00427 y 0.00631 de voltaje. Mientras que, el modelo convexo del segundo orden cónico se observa un error que oscila entre 0,004025 y 0,06070 p.u.

**Figura. 8.** Error absoluto en voltaje de los modelos convexos frente al modelo no convexo en el nodo más crítico.



El análisis de los ángulos a partir de la Figura 9, muestra que el modelo convexo basado en el cálculo de Wirtinger muestra un error absoluto que oscila entre 0,01942 y 0,03355 grados, mientras que el modelo cónico de segundo orden tiene un error que oscila desde 0,01847 y 0,03304 grados.

**Figura. 9.** Error absoluto en ángulo de los modelos convexos frente al modelo no convexo en el nodo más crítico



La Tabla 4 muestra la potencia de pérdidas para cada caso, el modelo basado en el cálculo de Wirtinger mediante su metodología convexa logra obtener para un periodo de 12 horas una potencia de pérdidas total de 0,00734619 p.u en un tiempo de 8,12 segundos mientras que el modelo cónico de segundo orden obtiene una potencia de pérdidas de 0,00744715 p.u en un tiempo de 17,8 segundos.

**Tabla 4.** Resultados de la simulación para los distintos modelos

Tipo	Modelo no convexo	Modelo Wirtinger	Modelo Segundo Orden Cónico
Potencia de Pérdida p.u	0,00731149	0,00734619	0,00744715
Tiempo(segundos)	2.97	8,12	17,8

#### 4. CONCLUSIONES

El problema de convexidad de los sistemas eléctricos aborda enfoques diferentes que permiten el desarrollo de metodologías que reduzcan los tiempos y recursos del procesador, por lo que es importante evaluar la calidad de los datos obtenidos por las distintas metodologías o modelos convexos, garantizando unicidad en las soluciones esto es ventajoso comparando a los modelos tradiciones de programación matemática y ayuda a la operación de las redes eléctricas, dicho esto se logra concluir que mediante esta investigación se evidencia el desempeño de las metodologías no convexa, es decir cuál es la más rápida en solucionar el problema y el error que existen con respecto al modelo no lineal.

En principio el problema de optimización no convexo muestra una función objetivo de 0,00731149 p.u. en base a este modelo se midió el error absoluto asociado a los métodos convexos presentados en el documento, en el cual se obtuvo para el modelo convexo basado en el cálculo de Wirtinger una función objetivo de 0,00734619 en un tiempo de 8,12 segundos, teniendo esta metodología una diferencia de 0,000034 p.u llegando a obtener un error porcentual en voltaje de 0,63% y de ángulo 1,40%. Mientras que modelo basado en aproximación de cono de segundo orden con un valor objetivo de 0,00744715 p.u en un tiempo de 17,8 segundos tiene una diferencia de 0,0001357 p.u llegando a tener un error porcentual de voltaje de 0,61% y de ángulo 1,38%, por lo tanto, se puede concluir que el modelo Wirtinger proporciona una solución rápida con un margen de error aceptable, sin embargo, el modelo convexo de segundo orden cónico proporcionará una solución con un margen de error más pequeño sin embargo esto duplicaría el tiempo de solución.

La investigación centrada en modelos convexos es un paso más hacia el desarrollo de nuevas metodologías que optimizan los tiempos y recursos utilizados para hallar una solución, esto a largo plazo beneficiará al sector eléctrico ya que la evaluación de estos modelos concluye que el modelo convexo usando el cálculo de Wirtinger converge en un tiempo más corto, con lo cual se podrían tener consideraciones al momento de requerir una solución rápida y se optaría por la metodología planteada en la presente investigación. Es importante tener en cuenta el crecimiento constante del sector eléctricos y los recursos renovables disponibles, por lo que se recomienda para futuras investigaciones modelos estocásticos en conjunto de modelos convexos que permita simular la intermitencia de los recursos.




## REFERENCIAS

- Anwar, A., & Pota, H. R. (2011). Loss reduction of power distribution network using optimum size and location of distributed generation. *AUPEC 2011*, 1–6.
- Cabezas Solde villa, F. R., & Alfredo Cabezas Huerta, F. (2019). Minimization of Losses in Power Systems by Reactive Power Dispatch using Particle Swarm Optimization. *2019 54th International Universities Power Engineering Conference, UPEC 2019 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/UPEC.2019.8893527>
- Caiza, C. Q., & Toaza, J. X. (2021). Un modelo de optimización convexo para minimizar las pérdidas de energía en los sistemas de distribución A convex optimization model for energy losses minimization in distribution systems . *Ciencias de La Ingeniería y Aplicadas*, 5(2), 114–124.
- Dias Tamayo, D. A., & Garcés Ruiz, A. (2017). Despacho económico en sistemas de potencia considerando estabilidad transitoria. *Revista Tecnura*, 21(51), 27. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.1.a02>
- Garcés-Ruiz, A. (2022). *Mathematical programming for power systems operation: from theory to applications in Python*. <https://doi.org/10.1002/9781119747291.fmatter>
- Gopi, A., & Raj, P. A.-D.-V. (2012). Distributed generation for line loss reduction in radial distribution system. *2012 International Conference on Emerging Trends in Electrical Engineering and Energy Management (ICETEEEM)*, 29–32. <https://doi.org/10.1109/ICETEEEM.2012.6494439>
- Javier Martínez-Peralta, A. I., & Eugenia Llosas-Albuérne, Y. I. (2022). Técnicas para la ubicación óptima de generación distribuida en redes de distribución de energía eléctrica. *Dominiodelasciencias.Com*, 8(1), 503–520. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2506>
- Le, A. D. T., & Kashem, M. A. (2007). Optimal distributed generation parameters for reducing losses with economic consideration. *2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting, PES*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/PES.2007.386058>
- Leeton, U., & Uthitsunthorn, D. (2010). Power loss minimization using optimal power flow based on particle swarm optimization. *ECTI-CON2010: The 2010 ECTI International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*, 440–444.
- Low, S. H. (2014a). Convex relaxation of optimal power flow-part II: Exactness. *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, 1(2), 177–189. <https://doi.org/10.1109/TCNS.2014.2323634>
- Low, S. H. (2014b). Convex Relaxation of Optimal Power Flow—Part I: Formulations and Equivalence. *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, 1(1), 15–27. <https://doi.org/10.1109/TCNS.2014.2309732>
- María, J., & Luis Alfonso. (2008). Flujo de potencia óptimo usando el método del gradiente para reducción de pérdidas en sistemas de potencia. *Ingeniería y Ciencia*, 4, 71–85. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83540704>
- Martínez-Peralta, A. J. (2018). Wirtinger's Calculus for the Load Flow in Power Distribution

- Grids. 2018 IEEE ANDESCON, ANDESCON 2018 - Conference Proceedings. <https://doi.org/10.1109/ANDESCON.2018.8564691>
- Molzahn, D. K., & Hiskens, I. A. (2019). A Survey of Relaxations and Approximations of the Power Flow Equations. *Foundations and Trends® in Electric Energy Systems*, 4(1–2), 1–221. <https://doi.org/10.1561/31000000012>
- Muttaqi, K., & Negnevitsky, M. (2006). Distributed generation for minimization of power losses in distribution systems. *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, 8 pp. <https://doi.org/10.1109/PES.2006.1709179>
- Oñate Y, P. E., & Ramírez A, J. M. (2009). SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE COORDINACIÓN HIDROTÉRMICA DE CORTO PLAZO POR ALGORITMOS GENÉTICOS. *Revista Técnica "Energía,"* 5(1). <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v5.n1.2009.239>
- Ramirez, D. A., & Garcés, A. (2019). A Wirtinger Linearization for the Power Flow in Microgrids. *2019 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/PESGM40551.2019.8973647>
- Stephen Lieven. (2013). *Convex Optimization*. United States of America by Cambridge University Press, New York.
- Yuan, Z., & Hesamzadeh, M. R. (2019). Second-order cone AC optimal power flow: convex relaxations and feasible solutions. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 7(2), 268–280. <https://doi.org/10.1007/s40565-018-0456-7>

## *Análisis documental de la competencia social ciudadana mediante la cartografía conceptual*

### *Documentary analysis of citizen social competence through conceptual cartography*

Mélany Jazmín Yarad Jácome<sup>1</sup> , Cristina Elizabeth Silva Arias<sup>2</sup> , Verónica Alexandra Rondal Changoluisa<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, mgyarad@espe.edu.ec, Sangolquí, Ecuador

<sup>2</sup>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, cesilva2@espe.edu.ec, Sangolquí, Ecuador

<sup>3</sup>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, varondal1@espe.edu.ec, Sangolquí, Ecuador

Autor para correspondencia: mgyarad@espe.edu.ec

### RESUMEN

En esta investigación se aborda la significancia de la implementación y el fomento de competencias ciudadanas catalogadas, por la UNESCO, como imperativas en el siglo XXI, en el contexto de Ecuador. Esta exposición se sustenta en estadísticas y datos concretos, destacando la trascendencia del espíritu crítico, la conectividad social, el respeto a la diversidad y la ética en la población, y su influencia en aspectos que abarcan desde la formación en las aulas, de lo que refiere a la realidad nacional, hasta consideraciones geopolíticas y de seguridad del país. La metodología adoptada para llevar a cabo esta investigación implica el empleo de la cartografía conceptual como herramienta organizativa, facilitando la estructuración de información proveniente de diversas fuentes, predominantemente de naturaleza bibliográfica; y el criterio de estudiantes que se encuentran cursando la asignatura de Realidad Nacional en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Los resultados obtenidos no solo contribuyen a la promoción de estas competencias, sino que también sirven como punto de partida para el estudio de los beneficios de estas que junto con las nuevas habilidades ciudadanas, pueden generar tanto para el Estado como para la sociedad ecuatoriana.

**Palabras clave:** Cartografía conceptual, Competencia ciudadana, Realidad nacional

### ABSTRACT

This research addresses the significance of the implementation and promotion of citizen competencies cataloged by UNESCO as imperative in the 21st century, in the context of Ecuador. This exhibition is based on statistics and concrete data, highlighting the importance of critical spirit, social connectivity, respect for diversity and ethics in the population, and its influence on aspects that range from training in the classrooms, referred to national reality, to geopolitical and security considerations of the country. The methodology adopted to carry out this research involves the use of conceptual cartography as an organizational tool, facilitating the structuring of information from various sources, predominantly bibliographic in nature; and criteria of students who are taking the subject of National Reality at the University of the Armed Forces ESPE. The results obtained not only contribute to the promotion of these skills, but also serve as a starting point for the study that their benefits, along with new citizen skills, can generate

both for the State and for the Ecuadorian society.

**Key words:** Conceptual cartography, Citizen competence, National reality

## 1. INTRODUCCIÓN

La competencia social y ciudadana implica la capacidad de emplear el entendimiento de la sociedad, considerando sus diversas perspectivas, para comprender situaciones y desafíos sociales en diversos entornos y niveles geográficos. También, implica la capacidad de desarrollar soluciones y tomar decisiones, además de interactuar con otras personas y grupos, de acuerdo a las normas establecidas (Eusko, 2018).

“Esta competencia hace posible comprender la realidad social en que se vive, cooperar, convivir y ejercer la ciudadanía democrática en una sociedad plural, así como comprometerse a contribuir a su mejora. En ella están integrados conocimientos diversos y habilidades complejas que permiten participar, tomar decisiones, elegir cómo comportarse en determinadas situaciones y responsabilizarse de las elecciones y decisiones adoptadas. Globalmente supone utilizar, para desenvolverse socialmente, el conocimiento sobre la evolución y organización de las sociedades y sobre los rasgos y valores del sistema democrático, así como utilizar el juicio moral para elegir y tomar decisiones, y ejercer activa y responsablemente los derechos y deberes de la ciudadanía...”. (Revuelta, 2014).

Cuando se habla de competencias, Mary López (2011) indica que hay que entender que estas están estrechamente relacionadas con la educación completa de la persona y la construcción de su identidad individual y colectiva, dado que las características son únicas de cada individuo y se genera un impacto significativo en el proceso de aprendizaje, tanto en la escuela como a lo largo de su vida. Esta competencia también abarca el desarrollo del sentido de pertenencia a la comunidad global, desde dos perspectivas fundamentales: una, relacionada con el ámbito geográfico, que abarca desde lo local hasta la humanidad en su totalidad, y la otra, relacionada con la promoción de los derechos humanos universales (Hoskins & Deakin Crick, 2008).

El reto de la competencia ciudadana a nivel mundial es fundamental, en un mundo cada vez más interconectado y complejo, donde se implica la habilidad de los individuos para comprender, participar y contribuir de manera efectiva en la sociedad. A nivel global, este desafío se manifiesta de varias maneras, teniendo como principio una comprensión profunda de las cuestiones sociales, políticas y culturales nacionales como internacionales. Con la globalización, los problemas no conocen fronteras, y los ciudadanos deben ser conscientes de las implicaciones macro de sus acciones y decisiones.

Además, la competencia ciudadana se enfrenta al reto de la diversidad. Las sociedades son cada vez más diversas en términos de cultura, religión, género y origen étnico, por lo que se requiere la capacidad de respetar y comprender puntos de vista diferentes y promover la inclusión y lo



plural, donde la tecnología también juega un papel crucial. La competencia ciudadana en la era digital implica la capacidad de navegar por la información, evaluar su veracidad y participar en debates en línea de manera constructiva (Barabas, 2014).

El desafío final es la participación ciudadana activa, por lo que los ciudadanos deben sentirse capacitados y motivados para involucrarse en la toma de decisiones políticas, la defensa de los derechos humanos y la promoción del bienestar común. Ricardo Sol, en su investigación sobre el desafío de la participación ciudadana, menciona que la competencia ciudadana en América es un concepto que abarca una amplia gama de desafíos y realidades, dado que el continente americano comprende una diversidad de países con diferentes sistemas políticos, económicos y culturas. Sin embargo, existen algunas tendencias y desafíos comunes en la vivencia de la competencia ciudadana en la región; por tanto, en muchos países de América, la competencia ciudadana se enfrenta a retos relacionados con la corrupción y la falta de transparencia en el gobierno. La rendición de cuentas es una preocupación constante, y los ciudadanos a menudo luchan por ejercer sus derechos y participar en la toma de decisiones políticas (Arriaza, 2012).

En Ecuador, la confrontación de la competencia ciudadana conlleva diversos obstáculos de índole primordial, que revisten crucial importancia para el progreso y la consolidación de la democracia en el territorio. Estos desafíos están intrínsecamente vinculados con facetas políticas, sociales y culturales, que inciden en la participación dinámica de los individuos y en su capacidad para desempeñar un papel significativo en la esfera pública. Un desafío de destacada relevancia que afronta el país radica en la problemática de la corrupción, la cual ha persistido como un dilema durante el último decenio y medio. La opacidad y la corrupción en las instituciones gubernamentales, al socavar la confianza de la ciudadanía en el sistema político, se configuran como factores que obstaculizan su involucramiento activo en la vida pública (Gómez & Cabrera, 2019).

La desigualdad económica y social es otro reto significativo en Ecuador, pues a pesar de los avances en la reducción de la pobreza, las disparidades económicas persisten; la brecha entre los sectores urbanos y rurales, así como entre las poblaciones indígenas, afroecuatorianas y mestizas, es un tema importante en el país. La competencia ciudadana implica abordar estas desigualdades y garantizar que todos los ciudadanos tengan igualdad de oportunidades para participar en la vida política y social.

Ecuador es un país multiétnico y pluricultural, en donde la promoción de los derechos de las comunidades indígenas y afroecuatorianas, así como el respeto a su identidad y su participación en la toma de decisiones, es esencial para una competencia ciudadana inclusiva y respetuosa de la diversidad (Torres, 2023).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS



Para el presente estudio, se ha llevado a cabo un análisis documental con el objetivo de discernir la incidencia que la implementación de las competencias ciudadanas, conceptualizadas por la UNESCO, ejerce en los ámbitos de la realidad nacional, la geopolítica y la seguridad en Ecuador. Este análisis se orienta hacia la evaluación de los resultados propuestos para el aprendizaje en el contexto educativo del siglo XXI.

La competencia social y ciudadana proporciona las destrezas necesarias para comprender la realidad social del mundo, adiestrarse en el análisis del pasado histórico y de los problemas actuales, preparándose así para la convivencia en una sociedad plural y contribuir a su mejora (Gobierno de Canarias, 2016). Esto implica formar a las personas para la asunción y la práctica de una ciudadanía democrática, por medio del diálogo, el respeto y la participación social, responsabilizándose de las decisiones adoptadas.

Esta investigación expone cómo ha avanzado y cuáles son los rasgos más destacados de la competencia social y ciudadana, además de señalar algunas habilidades, conocimientos y actitudes que pueden ponerla en práctica; sin dejar de lado el enfoque cualitativo para determinar los ejes claves del concepto.

La investigación documental o bibliográfica es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos. Es un tipo de investigación científica según su fuente de datos (Real, 2020). Este estudio analiza una serie de documentos en torno al tema de competencias ciudadanas, centrados en la perspectiva de las estrategias didácticas que favorecen el logro de la sociedad del conocimiento, con apoyo de la herramienta “Google Académico” y otros materiales bibliográficos complementarios.

A través de la competencia social y ciudadana, el objetivo es educar a los estudiantes en conocimientos, habilidades y valores relacionados con la sociedad y la ciudadanía (Díaz & Villareal, 2015). Esto implica capacitarlos para adquirir información, analizarla, identificar problemas, evaluar datos y propuestas, establecer conexiones entre causas y efectos, participar en conversaciones y comunicación efectiva, proponer soluciones y desarrollar planes de acción personales que sean coherentes y responsables, no solo consigo mismos, sino también con la sociedad local y la humanidad en su conjunto.

La razón primordial radica en la disponibilidad de evidencia empírica y literatura especializada que fundamente sus experiencias de aplicación en el ámbito de las competencias ciudadanas. No obstante, se hace imperativo comprender el contexto para discernir la modalidad adecuada de implementación, especialmente cuando se aspira a incorporar competencias ciudadanas en las nuevas configuraciones sociales. En este sentido, este artículo se plantea desde una perspectiva documental, orientándose por las áreas de conocimiento de realidad nacional y los diversos temas que subrayan la relevancia de las competencias ciudadanas.

La necesidad de mejorar las interrelaciones de los miembros de la sociedad ha llevado a entender que todo lo referente a educación exige orientaciones de especialistas, que lleven al

cumplimiento de un desarrollo sostenible orientado a la paz; por esta razón, los informes de diversas asociaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Cultura y la Ciencia (UNESCO) y de la Unión Europea (EU), en relación a la naturaleza, la educación de calidad y la paz, la justicia y las instituciones sólidas (Naciones Unidas, 2018).

En la cartografía conceptual se trabaja con preguntas orientadoras, para facilitar la búsqueda, el análisis y la organización del conocimiento en torno al concepto de UVE heurística, siendo estas:

- ¿Cómo incide en la realidad nacional, la geopolítica y la seguridad, en Ecuador, la mejora de la conexión social de la población?
- ¿De qué manera aporta una población educada en el espíritu crítico a la realidad nacional, la geopolítica y la seguridad en Ecuador?
- ¿Cómo influye la mejora de la conexión social de la población en la realidad nacional, la geopolítica y la seguridad en Ecuador?
- ¿Cuál es la relevancia del respeto a la diversidad en los contextos de la realidad nacional, la geopolítica y la seguridad en Ecuador?

Los componentes describen los elementos que se deberán considerar para dar respuesta a las preguntas orientadoras (Bermeo y otros, 2016). Los ejes en los que se basan las fuentes de investigación corresponden a preguntas que permiten definir una estrategia para la sistematización, la construcción y la comunicación de conceptos académicos relevantes. Estos resultados se presentan en la sección *Resultados y Discusión*.

### Fases del estudio

La investigación basada en la cartografía se llevó a cabo siguiendo las fases de estudio de acuerdo a lo que indica el documental de la heurística mediante la cartografía (Bermeo y otros, 2016).

- Fase 1. Búsqueda de fuentes primarias y secundarias que aborden el concepto “UVE heurística”.
- Fase 2. Análisis de la información encontrada y establecimiento de relaciones cercanas con las concepciones de la socioformación, en cuanto a la construcción del conocimiento desde el pensamiento complejo y la visión propia del enfoque sobre el concepto.
- Fase 3. Selección de ideas de otros enfoques para abordar la construcción del concepto desde la socioformación.
- Fase 4. Desarrollo del concepto, utilizando las ideas centrales de la socioformación, siguiendo el desarrollo de los ocho ejes de la cartografía conceptual.
- Fase 5. Revisión y mejora del estudio con apoyo de un experto en socioformación.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el eje de análisis de la noción se enfoca en promover la competencia social y ciudadana, principalmente a través del ODS 4, que busca asegurar una educación de calidad, inclusiva y equitativa para todos, así como oportunidades de aprendizaje continuo. Lo que implica fomentar la educación cívica y ciudadana, destacando la importancia de una ciudadanía activa y consciente, que participe en la vida democrática y comprenda los derechos y responsabilidades ciudadanas, incluyendo la promoción de la tolerancia, la igualdad de género y la resolución pacífica de conflictos.

Se considera un universo de 17 000 estudiantes, quienes pertenecen a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, donde la población es de 1 350, que son aquellos que cursan la asignatura de “Realidad Nacional”, durante el periodo académico marzo-septiembre 2023; se aplica un muestreo estadístico probabilístico, con muestra finita y con un nivel de confianza de 95 % y un margen de error de 5 %, dando como tamaño de la muestra 300 estudiantes, tal cual indica la Figura 1, que corresponde a la calculadora sencilla de tamaño de muestra de Question Pro.

**Figura 1.** Calculadora de tamaño muestral

The image shows the 'Calculadora de muestra' (Sample Size Calculator) interface on the QuestionPro website. The interface is in Spanish and includes the following elements:

- Header:** QuestionPro logo and navigation links: Productos, Soluciones, Recursos, Características, Precios.
- Form Fields:**
  - Nivel de confianza:** Radio buttons for 95% (selected) and 99%.
  - Margen de Error:** Input field with the value 5.
  - Población:** Input field with the value 1350.
- Buttons:** 'Limpiar' (Clear) in orange and 'Calcular Muestra' (Calculate Sample) in blue.
- Result:** 'Tamaño de Muestra:' (Sample Size) with an input field showing the result 300.

*Fuente: (QuestionPro, 2024)*

Los resultados obtenidos del análisis estadístico para la determinación de la cartografía conceptual muestran cómo la competencia social ciudadana en Ecuador está intrínsecamente vinculada a la realidad nacional, la geopolítica y la seguridad, y cómo cada uno de estos contextos influye en la forma en que los ciudadanos interactúan y contribuyen a la sociedad, tanto a nivel nacional como internacional.

Respondiendo a las preguntas orientadoras para facilitar la búsqueda, el análisis y la organización del conocimiento, en torno al concepto de UVE heurística, con los criterios de los estudiantes que se encuentran, en este período académico, cursando la asignatura de Realidad Nacional y Geopolítica, se presenta que:

Del total de la muestra, se aprecia que 186 estudiantes pertenecen al género masculino mientras

que 114 corresponden al género femenino, como se puede apreciar en la Figura 2.

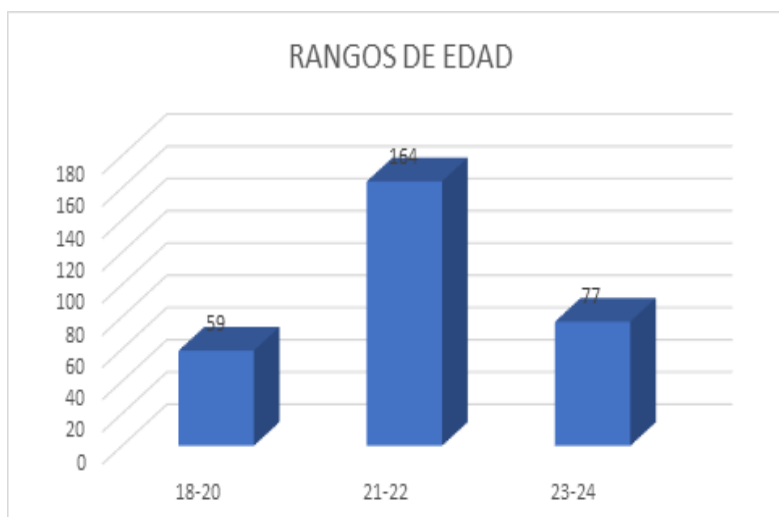
**Figura 2.** Sexo de la población de estudio



*Fuente: (Yarad y otros, 2024)*

Así también, es importante conocer el rango de edad en el que se encuentran los estudiantes, para eso se entablaron categorías de edades entre 18-20, 21-22, y 23-24 años, pues es el nivel de edad en los que se encuentra la población estudiantil, considerando que, por organización académica, la asignatura de Realidad Nacional es institucional, y la reciben todas las carreras en diferentes niveles, de acuerdo con el caso. La Figura 3 indica el número de estudiantes que se encuentran en los determinados niveles de edad.

**Figura 3.** Rangos de edad



*Fuente: (Yarad y otros, 2024)*

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, más conocida como UNESCO, utiliza un enfoque específico de categorización para la competencia social y ciudadana en el ámbito de la educación. En donde se desarrolla un Marco de Competencia Global (GCED, por sus siglas en inglés, Global Citizenship Education), que se enfoca en promover la competencia social y ciudadana en el contexto de la educación.

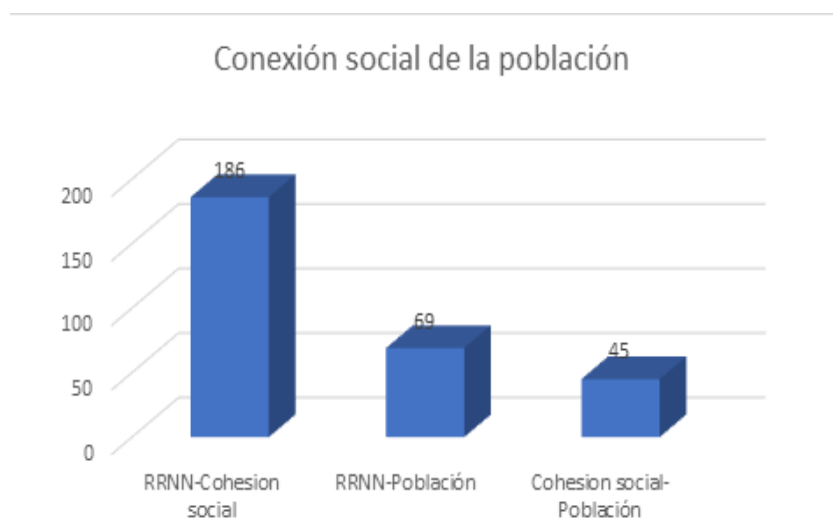
De aquí, el siguiente análisis, para comprender la percepción de los estudiantes universitarios

sobre el nivel de competencia social ciudadana en Ecuador en los contextos de la realidad nacional, la geopolítica y la seguridad, se elabora una cartografía conceptual que refleje sus puntos de vista, respondiendo.

### 1. ¿Cómo incide en la realidad nacional, la geopolítica y la seguridad, en Ecuador, la mejora de la conexión social de la población?

Como se evidencia en la Figura 4, 62 % de la población encuestada relaciona la realidad nacional con la cohesión social; el 23 %, con la población; y finalmente, el 15 % la cohesión social con la población, entendiendo así que el fortalecimiento de la realidad nacional en áreas clave puede contribuir a mejorar la cohesión social y construir una sociedad más inclusiva, justa y resiliente en Ecuador.

**Figura 4.** Conexión social de la población

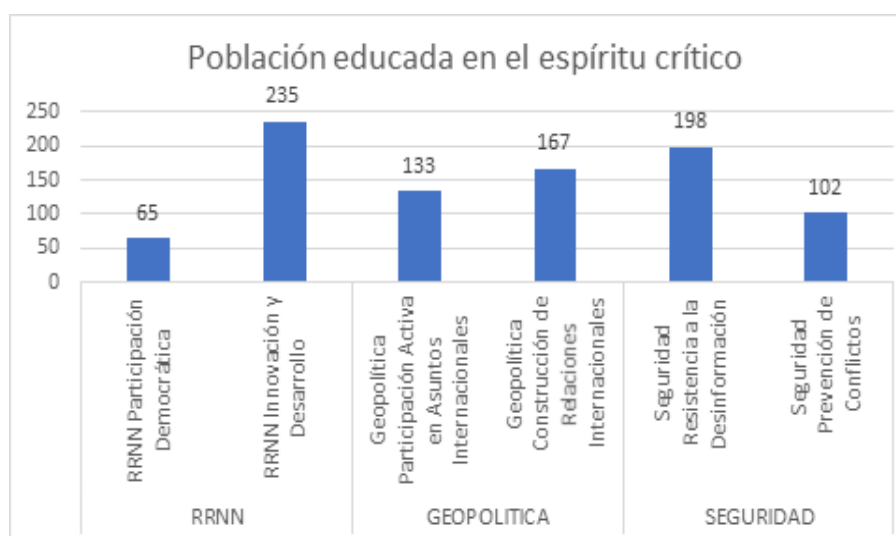


*Fuente:* (Yarad y otros, 2024)

### 2. ¿De qué manera aporta una población educada en el espíritu crítico a la realidad nacional, la geopolítica y la seguridad en Ecuador?

Para determinar el espíritu crítico en la población estudiantil, se parte de las diferentes percepciones que poseen los encuestados, tal como se indica en la Figura 5, donde se visualizan los aportes en realidad nacional, geopolítica y seguridad en Ecuador.

**Figura 5.** Población educada en el espíritu crítico



Fuente: (Yarad y otros, 2024)

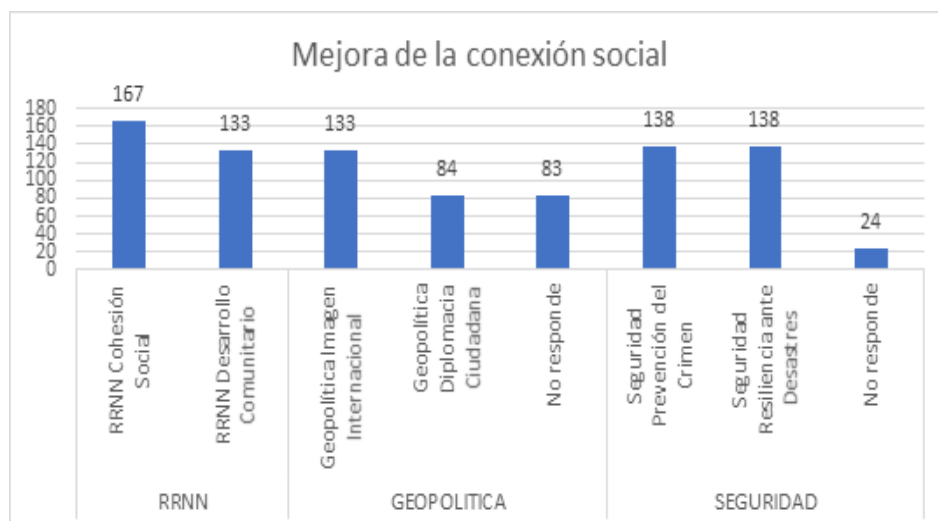
Referente a la realidad nacional, la innovación y el desarrollo incrementan la iniciativa y la innovación; los habitantes de una nación con habilidades críticas desarrolladas de manera adecuada se encuentran mejor preparados para tener ideas creativas y nuevas, resolver problemas y aportar al desarrollo social y económico del país, tomado en cuenta la investigación, la tecnología y el emprendimiento. En cuanto a la geopolítica, la construcción de relaciones internacionales, los habitantes de un país con un pensamiento crítico aportan en la formación de relaciones internacionales solidificadas; considerando que el poder entender la geopolítica en toda su complejidad se convierte en un eje coyuntural con otros países para fomentar la diplomacia ciudadana y se refuerza la imagen internacional del Ecuador. Finalmente, el contar con jóvenes de espíritu crítico contribuye a la seguridad del país, pues pueden discernir entre la información veraz y la desinformación.

Es de vital importancia, en lo referente a seguridad, una población informada de manera correcta y adecuada, pues no es vulnerable a manipulación ni a propaganda falsa.

### 3. ¿Cómo influye la mejora de la conexión social de la población en la realidad nacional, la geopolítica y la seguridad en Ecuador?

Para determinar el nivel de influencia de las mejoras de conexión social en estudiantes universitarios, también se considera cómo los estudiantes filtran la información, de acuerdo a percepciones en cada ámbito de estudio. La Figura 6 indica la realidad palpable en la población encuestada; es importante indicar que, en esta ocasión, se tiene estudiantes que no responden, porque no conocen la sinergia en una conexión social.

**Figura 6.** Influencia en la mejora de conexión social



Fuente: (Yarad y otros, 2024)

La población encuestada correspondiente al 55,66 % concuerda en que Ecuador es un país pluricultural, pluriétnico, con diversas lenguas y religiones, entendiendo que en el aspecto de cohesión social se respeta toda esta diversidad, lo que es importante para provocar la unión social y la fraternidad entre los grupos étnicos en el Ecuador. Al practicar el respeto mutuo y la inclusión de todas las personas que pertenecen a los grupos étnicos, se vigoriza la estabilidad nacional y se minimizan las desigualdades sociales y los problemas internos.

Dentro del contexto de la geopolítica, el 44,33 % de la población encuestada indica que, en el espacio geopolítico, el valor y el respeto a la diversidad puede ser influyente para Ecuador en el ámbito internacional y en sus relaciones exteriores.

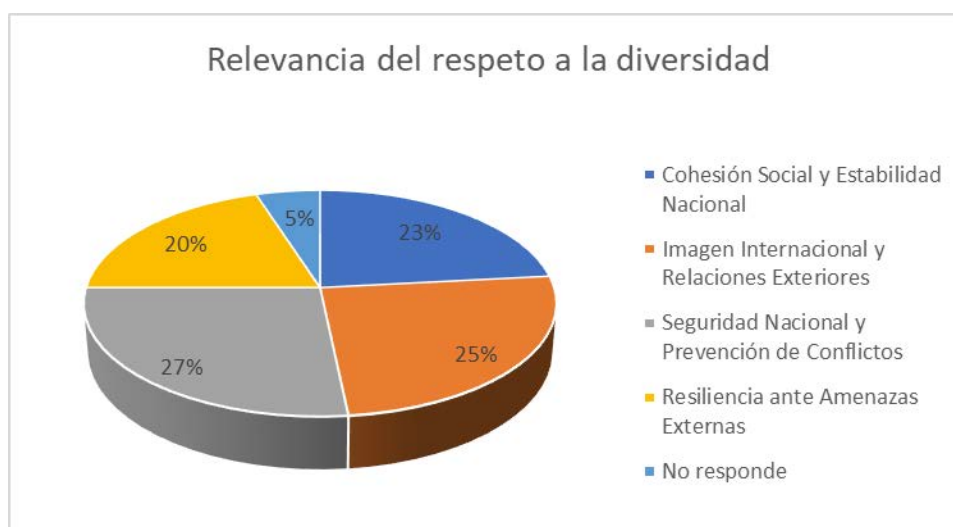
Un país que valora la pluriculturalidad y respeta sus diversas etnias es generalmente percibido internacionalmente como abierto, sensible y democrático. Esta percepción contribuirá al fortalecimiento de las relaciones diplomáticas y comerciales con otros países, así como al posicionamiento global del país. En esta sección, un 27,66 % de la población no responde al cuestionario debido al desconocimiento del tema.

Finalmente, en cuanto a la influencia en la mejora de conexión social respecto a la seguridad, la opinión estudiantil está equiparada, tanto en seguridad nacional y prevención de conflictos como en seguridad resiliencia ante desastres, pues, a través del valor y respeto que se da a la diversidad, se garantiza la seguridad nacional y la prevención de conflictos internos. Al minimizar o rechazar algunos grupos, que son parte de la sociedad, se pueden enfrentar diversas situaciones de exclusión y resentimiento, que pueden encaminar a riñas y tensiones sociales. Por ello, el fortalecer el respeto, la inclusión y la diversidad en los grupos étnicos puede ayudar a aminorar el riesgo de conflictos internos y a la seguridad del país. Es importante mencionar que en esta sección, el 8 % de la población se abstiene a dar una respuesta.



#### 4. ¿Cuál es la relevancia del respeto a la diversidad en los contextos de la realidad nacional, la geopolítica y la seguridad en Ecuador?

Figura 7. Relevancia del respeto a la diversidad



Fuente: (Yarad y otros, 2024)

Definitivamente, la relevancia del respeto a la diversidad en los contextos de la realidad nacional, la geopolítica y la seguridad en Ecuador tiene opiniones divididas, como se verifica en la Figura 7, pues del 100 % de la población estudiantil, apenas el 5 % no responde al cuestionario, entendiendo que cohesión social y estabilidad nacional, la imagen internacional y las relaciones exteriores, la seguridad nacional y la prevención de conflictos y la resiliencia ante amenazas externas, son puntos estratégicos que responden a una sociedad que día a día se comunica con mayor facilidad; las varias culturas y etnias pueden ser un punto clave para fortalecer la resiliencia ante conflictos externos, así como también comprender y valorar las diversas ideas y culturas puede reforzar la aptitud de Ecuador para manejar de mejor manera los desafíos globales, tales como el cambio climático, la migración, el terrorismo y las pandemias, al acceder a una mayor cooperación nacional como internacional.

De acuerdo con la UNESCO (2021), el marco de categorización se debe basar en los cuatro pilares principales, siendo estos los que se indican a continuación.

- Aprender para conocer; puesto que se hace referencia a la adquisición de conocimientos sobre cuestiones globales y locales, así como a la comprensión de las interconexiones entre ellas.
- Aprender para hacer; se entiende que la capacitación para participar activamente en la resolución de problemas y la toma de decisiones, tanto a nivel local como global.
- Aprender para ser; aquí se incluye el desarrollo de valores, actitudes y habilidades que promuevan la igualdad de género, la justicia social, el respeto a la diversidad y la ciudadanía responsable.

- Aprender para vivir juntos; implica la promoción del diálogo intercultural, la tolerancia, la empatía y la cooperación, así como la prevención de conflictos y la construcción de la paz.

En la UNESCO, la caracterización de la competencia social y ciudadana se basa en el GCED, que se centra en desarrollar, en los individuos, las habilidades, los conocimientos, las actitudes y los valores necesarios para enfrentar los desafíos globales y contribuir a la construcción de un mundo más justo, inclusivo y sostenible (Winter y otros, 2019). La competencia social y ciudadana, según la UNESCO, se caracteriza por los siguientes elementos.

- Conocimiento global. Se basa en la adquisición de conocimientos sobre asuntos globales y locales, así como en la comprensión de las interconexiones entre los problemas globales y locales.
- Habilidades para la acción. Es el desarrollo de habilidades para participar activamente en resolución de problemas y toma de decisiones, en conjunto con capacitación para abordar desafíos, tanto a nivel local como global.
- Desarrollo personal. Se trata del cultivo de valores, actitudes y habilidades que promuevan la igualdad de género, la justicia social y la ciudadanía responsable; fomentado del respeto a la diversidad y la tolerancia.
- Convivencia intercultural. Con base en la promoción del diálogo y el desarrollo de la empatía, la cooperación y la prevención de conflictos.

El objetivo de la caracterización es formar ciudadanos informados, comprometidos y éticos, que puedan contribuir de manera significativa a la construcción de sociedades pacíficas, inclusivas y sostenibles. En esencia, la UNESCO busca cultivar la competencia social y ciudadana como un componente esencial de la educación para empoderar a las personas y mejorar la calidad de vida a nivel individual y colectivo.

Así también, como la diferencia entre la competencia social y ciudadana a través del GCED (Eusko, 2018), donde se establece una serie de dimensiones clave para desarrollar habilidades y valores en los individuos, centrándose en la combinación de conocimientos, habilidades y actitudes que capacitan a los individuos para ser ciudadanos activos y comprometidos en un mundo interconectado.

Sin dejar de lado el poder destacar la importancia de la competencia social y ciudadana como un conjunto integral de capacidades, que van más allá del conocimiento puro, incluyendo la capacidad de actuar de manera ética y efectiva en contextos locales y globales. La diferenciación radica en la combinación de estos elementos, que abarcan tanto el conocimiento como las habilidades prácticas y las actitudes éticas.

La competencia social y ciudadana establece una conexión estrecha entre la educación y el desarrollo de habilidades y valores necesarios para la ciudadanía activa y comprometida (Figueroa, 2013). La vinculación se realiza mediante:

- Educación de calidad, donde la competencia social y ciudadana está integrada en el ODS 4 de la UNESCO, que aboga por la “Educación de Calidad”. Se reconoce una educación de calidad incluye el desarrollo de habilidades más allá de los conocimientos académicos, como la capacidad de participar en la sociedad y contribuir al bien común.
- Marco de competencia global, que proporciona una estructura que vincula directamente la educación con el desarrollo de habilidades y valores necesarios para una ciudadanía global informada y comprometida.
- Ciudadanía activa, donde se destaca la importancia de la competencia social y ciudadana para fomentar la ciudadanía activa y consciente, promoviendo la participación en la vida democrática, la tolerancia, la igualdad de género y la resolución pacífica de conflictos.

La vinculación entre la competencia social y ciudadana, la educación de calidad y los principios de desarrollo sostenible reflejan la comprensión de la UNESCO sobre la necesidad de formar individuos que puedan contribuir de manera significativa a la construcción de sociedades justas, pacíficas y sostenibles a nivel global. Dentro del tema de competencia social y ciudadana, se utilizan diversas metodologías y enfoques para promover los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), que son una iniciativa de las Naciones Unidas, que establece una serie de objetivos y metas para abordar diferentes tipos de desafíos, presentados a continuación.

- Ámbitos de educación para el desarrollo sostenible, el cual se centra en la integración de conceptos de sostenibilidad en el currículo educativo y en la promoción de la conciencia sobre los problemas sociales y ambientales globales.
- Aprendizaje basado en proyectos. mismos que permiten a los estudiantes abordar cuestiones sociales y ambientales reales, desarrollando competencias de resolución de problemas y habilidades sociales.
- Aprendizaje experiencial, son enfoques basados en la experiencia, como la participación en actividades de servicio comunitario, excursiones y visitas a organizaciones sostenibles; ayudan a los estudiantes a comprender mejor las cuestiones sociales y ciudadanas.
- Aprendizaje interdisciplinario, se integran temas sostenibles en múltiples disciplinas educativas, cuyo fin es fomentar la comprensión holística de los desafíos y soluciones.
- Enfoques participativos y de diálogo, lo principal es la participación de los estudiantes en debates, discusiones y actividades que promuevan la empatía, la comunicación y la resolución de conflictos.

- El seguimiento y evaluación de la educación en competencia social y ciudadana en relación a los ODS ayudan a medir el progreso y ajustar las estrategias pedagógicas.

Por tanto, se entiende que la cultura forma parte de nuestro ser y configura nuestra identidad. Sin cultura no hay desarrollo sostenible (UNESCO, 2021). El desarrollo de la competencia social y ciudadana precisa de la adquisición de nociones espaciales y temporales, así como de la percepción de la naturaleza multicausal e intencional de la explicación de los hechos humanos y sociales o del procesamiento de informaciones variadas, pues será la consecuencia del aprendizaje simultáneo e interactivo de unos determinados conocimientos, de unas habilidades y de unas actitudes (Pagés, 2009).

Dentro del análisis de la competencia ciudadana en el ámbito de la conexión social, se han subrayado problemáticas significativas, como el regionalismo, un histórico foco de desunión en el país. Asimismo, se han abordado las consecuencias del racismo histórico hacia grupos étnicos, que han experimentado vulneraciones a lo largo de la historia del país, así como las tensiones derivadas de la lucha de clases. Es responsabilidad tanto del Estado como de la academia el prevenir que estas problemáticas, así como nuevas formas de desconexión social, socaven el sentimiento de pertenencia de cada individuo en la sociedad ecuatoriana. Este deber se fundamenta en el respeto a las diversas perspectivas y necesidades sociales; es por esto que se considera la competencia como un conjunto de habilidades que capacitan para abordar y solucionar los problemas sociales en cada situación.

Indicando que estos desafíos deben ser incorporados en el entorno educativo y constituir un elemento esencial en el estudio de la sociedad en el aula. En el tema de competencia social y ciudadana, la ejemplificación se refiere a la presentación de casos reales o ejemplos concretos que ilustran cómo los individuos, las comunidades o las organizaciones pueden contribuir a la consecución de los ODS a través de sus competencias sociales y ciudadanas (Torres, 2023).

Estos ejemplos ayudan a los estudiantes a comprender cómo las habilidades y los valores sociales pueden aplicarse en situaciones del mundo real para abordar los desafíos planteados por los ODS. De esta manera, se entienden:

- Proyectos de servicio comunitario, se colabora en actividades que aborden problemas sociales o ambientales locales, como la limpieza de playas, la recaudación de fondos para organizaciones benéficas o la asistencia a personas necesitadas.
- Estudios de casos de éxito, en este ítem se destacan ejemplos de individuos o grupos que han utilizado sus competencias sociales para crear un impacto positivo en su comunidad o en la sociedad en general.
- Investigación sobre problemas globales, pues se incentiva a los estudiantes a investigar y presentar informes sobre cuestiones globales, como la pobreza, la desigualdad, la migración o el cambio climático, y cómo la competencia social y ciudadana puede contribuir a la solución de estos problemas.

- Participación en campañas y actividades de concienciación, la participación en campañas de sensibilización social o ambiental puede ser una manifestación de competencia social y ciudadana.
- Modelado de comportamiento cívico, se basa en el resalte de líderes o figuras públicas que demuestran competencia social y ciudadana a través de su activismo o acciones en favor de la sostenibilidad y la justicia social.

Estas ejemplificaciones permiten visualizar cómo las competencias sociales y ciudadanas pueden aplicarse en situaciones del mundo real y cómo pueden contribuir al logro de los ODS, inspirándolos a participar de manera activa en la resolución de problemas globales. Una persona con habilidades competentes adquiere conocimiento a través de la reflexión y el análisis de la información, lo que le capacita para aplicar su conocimiento, desarrollar enfoques para resolver problemas, integrar diferentes formas de saber, tomar decisiones, evaluar y colaborar, entre otras capacidades.

La educación desempeña un papel crucial en este campo de investigación, siendo la calidad de la educación y su capacidad para enseñar, a los ciudadanos, sobre los procesos políticos, sus derechos y responsabilidades, un desafío importante, donde el objetivo sea garantizar que los ciudadanos tengan acceso a una educación de calidad para fortalecer la competencia ciudadana (Salvador, 2019).

#### 4. CONCLUSIONES

La competencia social y ciudadana es un aspecto crucial dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente en el ODS 4, que se centra en garantizar una educación de calidad y equitativa. Esto implica promover la educación cívica y ciudadana para formar ciudadanos activos y conscientes. Así también, entender que la UNESCO utiliza el Marco de Competencia Global (GCED) para categorizar y caracterizar la competencia social y ciudadana; pues esto tiene con base en cuatro pilares: aprender para conocer, aprender para hacer, aprender para ser y aprender para vivir juntos.

La caracterización de la competencia social y ciudadana según la UNESCO incluye elementos como el conocimiento global, habilidades para la acción, desarrollo personal y convivencia intercultural. La vinculación entre la competencia social y ciudadana, la educación de calidad y los principios de desarrollo sostenible es esencial para formar individuos capaces de contribuir a sociedades justas, pacíficas y sostenibles.

La ejemplificación de la competencia social y ciudadana, a través de proyectos de servicio comunitario, estudios de casos de éxito y participación en campañas, permite a los estudiantes comprender cómo aplicar estas competencias en situaciones del mundo real y contribuir a los ODS, entendiendo que el desarrollo de la competencia social y ciudadana requiere de la adquisición de nociones espaciales y temporales, así como de la percepción de la naturaleza multicausal e intencional de los hechos humanos y sociales.

## REFERENCIAS






- Arriaza, R. (2012). *EL DESAFÍO DE LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA*. Costa Rica: FLAC-SO.
- Barabas, A. (2014). Multiculturalismo, pluralismo cultural y interculturalidad en el contexto de América Latina: la presencia de los pueblos originarios. *Revista de ciencias sociales configuraciones*, 11-24.
- Bermeo, Y., Hernández, F., & Mosqueda, J. (2016). DOCUMENTAL DE LA V HEURÍSTICA MEDIANTE LA CARTOGRAFÍA. *Ra Ximhai*, 12(6), 103-121. <https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46148194006>
- Díaz, M., & Villareal, S. (2015). Estrategias pedagógicas aplicadas al desarrollo de competencias. *Revista de Ciencias Humanas y Sociales*.
- Eusko, J. (2018). *Competencia Social y Ciudadana*. Gobierno Vasco: Universitate Eta Ikerketa Saila.
- Figuerola, Á. (2013). Fortalecimiento de la formación ciudadana en la escuela secundaria. *Educación*, XXII(43), 51-70.
- Gobierno de Canarias. (8 de Agosto de 2016). *Consejería de Educación, Formación Profesional, Actividad Física y Deportes*. <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/jtolsan/>
- Gómez, F., & Cabrera, M. (2019). Competencias ciudadanas y educación superior, una alternativa al desarrollo. *IN RED*.
- Hoskins, B., & Deakin Crick, R. (2008). Different currencies or twosides of the same coin? *Learning to Learnand Civic Competences*.
- López, M. (2011). *La educación para la ciudadanía y derechos humanos*. Universitat de Barcelona.
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago: Naciones Unidas.
- Pagés, J. (2009). Competencia social y ciudadana. *AULA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA*(187).
- QuestionPro. (2024). *QuestionPro*. <https://www.questionpro.com/es/calculadora-de-muestra.html>
- Real, D. (2020). *Investigación científica*. <https://investigacioncientifica.org/investigacion-documental-segun-autores/>
- Revuelta, L. (2014). *Centro del Profesorado de Córdoba*. Retrieved Octubre de 2023, from <https://competenciasbasicascordoba.webnode.es/social-y-ciudadana/>
- Salvador, A. (13 de Marzo de 2019). *Portal América*. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/>
- Torres, A. (2023). *Sociedad Universal*. <https://sociedaduniversal.com/inclusion/que-es-una-estrategia-inclusiva/>
- UNESCO. (2016). *Educación para la ciudadanía mundial: preparar a los educandos para los retos del siglo XXI*. UNESCO.

- UNESCO. (2021). *Cultura para el Desarrollo Sostenible*. <https://es.unesco.org/themes/cultura-desarrollo-sostenible>
- Winter, N., Werner, M., & Maalouf, P. (2019). *Instituto de la UNESCO para el Aprendizaje a lo Largo de Toda la Vida*. <https://www.uil.unesco.org/es/adult-education/global-citizenship-education>
- Yarad, M., Silva, C., & Rondal, V. (2024). *Documentary Analysis of Social Civic Competence Through Concept Mapping*.



## *Necesidades formativas de los programas de enfermería sobre cuidados paliativos en la Universidad Iberoamericana del Ecuador*

### *Training needs of nursing programs on palliative care at the Universidad Iberoamericana del Ecuador*

Paolina Antonieta Figuera Ávila<sup>1</sup> , Ana Tirado Pabón<sup>2</sup> , Juleiky García Beraciertó<sup>3</sup> , Verónica Giovanna Mayorga Núñez<sup>4</sup> , Beatriz Rodríguez Paz<sup>5</sup> .

<sup>1</sup>Universidad Iberoamericana del Ecuador, pfiguera@unibe.edu.ec, Quito, Ecuador

<sup>2</sup>Universidad Iberoamericana del Ecuador, atirado@unibe.edu.ec, Quito, Ecuador

<sup>3</sup>Universidad Iberoamericana del Ecuador, jgarcia@unibe.edu.ec, Quito, Ecuador

<sup>4</sup>Universidad Iberoamericana del Ecuador, vmayorga@unibe.edu.ec, Quito, Ecuador

<sup>5</sup>Universidad Iberoamericana del Ecuador, brodriguez@unibe.edu.ec, Quito, Ecuador

Autor para correspondencia: pfiguera@unibe.edu.ec

## RESUMEN

**Introducción:** Formar profesionales de enfermería debe ser integral, pues esta profesión brinda cuidados a todos los pacientes que tienen necesidad de salud. El programa de la carrera de enfermería en la UNIB.E está enfocado en cuidados propios de enfermería y no contempla en sus asignaturas temas referentes a pacientes paliativos y sus cuidados. **El objetivo** de esta investigación es identificar las necesidades formativas de los programas de enfermería en cuidados paliativos en la Universidad Iberoamericana del Ecuador. **La metodología** es de tipo cualitativa, con diseño de revisión sistemática, de los últimos cinco años, con base en datos regionales e internacionales, aplicado bajo el método de revisión documental PRISMA 2020. **Resultados:** 1. Formación sobre pacientes con cuidados paliativos a los estudiantes de la carrera de enfermería. 2. Incluir cambios no sustantivos en los programas de la carrera de enfermería, donde se incluya cuidados paliativos en pacientes oncológicos y no oncológicos. **Conclusión:** La carrera de enfermería en la UNIB.E tiene la necesidad de implementar, en las asignaturas existentes, temarios sobre cuidados paliativos, como base en la formación de licenciados en enfermería, dado que forman parte de los cuidados que implican a esta profesión y que requiere actualmente la sociedad.

**Palabras clave:** Necesidad, Formación, Enfermería, Cuidados Paliativos

## ABSTRACT

**Introduction:** Training nursing professionals must be comprehensive, since this profession provides care to all patients with health needs. The UNIB.E nursing career program is focused on nursing care and does not include on its subjects topics on palliative patients and their care. **The objective** of this research is to identify the training needs of nursing programs on palliative care at the Universidad Iberoamericana del Ecuador. **The methodology** is qualitative, with a systematic review design, of the last five years, on regional and international databases,

applying the PRISMA 2020 documentary review method. **Results:** 1. Training on patients with palliative care for nursing students. 2.- Include non-substantive changes in the nursing career programs, regarding palliative care in oncological and non-oncological patients. **Conclusion:** The nursing career at UNIB.E has the need to implement a palliative care syllabi in the existing subjects, as the main basis for training nursing graduates, since it is part of the care that comprehends this profession and the current demand of the society.

**Keywords:** Need, Training, Nursing, Palliative Care

## 1. INTRODUCCIÓN

La carrera de enfermería se mantiene en constante evolución y avance en sus cuidados. Por este motivo, es importante que las Instituciones de Educación Superior mantengan estrategias educativas que permitan mantener un control de los temarios y los contenidos con los que se están formando a los futuros profesionales de salud, en especial, en la carrera de enfermería, por ser la encargada de brindar cuidados oportunos a pacientes con necesidades de salud específicas, como por ejemplo, los cuidados paliativos. Los programas de enfermería en cuidados paliativos son fundamentales en la formación de los enfermeros(as), ya que permiten que el profesional tenga conocimientos sobre los pacientes al final de la vida y sus cuidados específicos (Alonso Ruiz, 2019).

Brindar cuidados en enfermería asegura una atención holística y compasiva a todos los pacientes que tienen necesidades de salud; es por ello, la importancia de que los programas de la carrera proporcionen fundamentos sobre los principios en cuidados paliativos, los cuales incluyen el alivio del sufrimiento, el buen manejo del dolor y la comunicación compasiva. Realizar esta investigación ha permitido conocer la necesidad que tienen los programas de enfermería en la Universidad Iberoamericana del Ecuador de incluir contenidos sobre cuidados paliativos y sus principios (Novillo López, 2021).

En un contexto más científico, es importante resaltar que toda casa de estudio, que forme profesionales de enfermería, debe tener en cuenta que los cuidados paliativos estén reflejados en los temas de cuidados avanzados que realiza el profesional, ya que representan actividades fundamentales en la formación profesional. La perspectiva de la Enfermería en Cuidados Paliativos es fundamental y debería formar parte del aprendizaje, el crecimiento y la formación del profesional en su crecimiento y formación. Los cuidados paliativos representan un cuidado integral, que requiere de un buen tratamiento para el dolor crónico y una comunicación comprensiva con el paciente en el final de su vida (SECPAL, 2022).

Las investigaciones muestran que los cuidados en patologías oncológicas benefician al paciente, y a la aceptación de los familiares. El combinar los cuidados paliativos con la atención oncológica convencional puede mejorar la calidad de vida y el estado de ánimo de los pacientes con cáncer, y posiblemente prolongar la supervivencia. La guía práctica de la Sociedad Esta-

dounidense de Oncología Clínica (2017) describe la importancia que tiene, para las personas con enfermedad terminal, el recibir cuidados especializados, con la finalidad de ofrecer una atención oportuna y eficaz para su necesidad de salud.

La enfermería es una parte esencial del cuidado humano, como lo expresa la pionera Florence Nigthingale, quien sustenta el cuidado desde el análisis del ambiente y el confort del paciente, aunque, la integración de los cuidados paliativos es una disciplina nueva. Pablo Young y otros (2011). “La enfermería, entonces, es tanto ayudar al paciente que sufre una enfermedad a vivir, como poder o mantener el organismo del niño sano o del adulto en un estado tal que no padezca enfermedad” (pág.27). Hace solo unos años los cuidados paliativos eran brindados por miembros de la familia, en casa, sin mucha supervisión o apoyo más allá del núcleo más íntimo. Esta práctica quedó atrás con el desarrollo que ha tenido la enfermería. La nueva generación crea internaciones para pacientes terminales en las instituciones de salud y también crea la atención a dichos pacientes con cuidados especializados (Bermúdez de Castro et al., 2017).

Es por ello que la formación debe iniciarse en la universidad, recibiendo contenidos a través de casos reales o hipotéticos, que le permitan al estudiante afrontar situaciones complejas de cuidados paliativos en el proceso de las prácticas preprofesionales.

El modelo médico integral de atención a pacientes al final de la vida es necesario para que los profesionales de salud logren mejorar la atención, tanto a dichos pacientes como a familiares, con el fin de proporcionar un apoyo humanitario en procesos con un “escenario final”, donde la enfermedad en cuestión tiene un pronóstico negativo respecto a una posible cura o tratamiento. Asimismo, los cuidados paliativos son una alternativa al cuidado humano, en el que la prioridad es brindar calidez y alivio al dolor, logrando un impacto positivo en la autonomía de los pacientes y los demás (Figueredo et al., 2019).

En tal sentido, la atención especializada a personas con enfermedades oncológicas es un pilar en el proceso de aprendizaje de los futuros profesionales para dar respuesta a la demanda creciente de cuidado a dichas patologías. Se requiere atención y capacidad de respuesta a las necesidades físicas, emocionales y familiares, dado que los cuidados paliativos permiten a los pacientes pasar de un estado de sufrimiento a un estado de recuperación para una vida óptima y plena. Todo esto es considerado un objetivo principal en el entorno clínico (Ortiz, Huertas et al., 2022).

La Organización Mundial de la Salud (2020) inevitablemente reconoce que más de 40 millones de personas en todo el mundo requieren cuidados paliativos cada año, y de igual manera, esta entidad como referente mundial en salud también tiene en cuenta la falta de conocimiento y regulación. La formación apropiada de las enfermeras es un desafío crucial. Un autor señaló que hay lagunas en el conocimiento psicosocial y teórico que afectan su capacidad para brindar una atención definitiva a los pacientes de cuidados paliativos. (Lemos et al., 2019).

Como resultado, las enfermeras necesitan de mayor preparación en cuidados paliativos, lo que,

en ocasiones, les impide brindar una atención humana e integral a sus pacientes. Además, factores como la edad, la especialidad y la ubicación del hospital son predictores importantes del tratamiento de estos pacientes (Tremea, Kasper et al., 2020).

Las enfermeras deben brindar una atención oportuna y está claro que la experiencia de los pacientes y sus familias está ligada al conocimiento y la actitud de los propios profesionales; su falta puede conducir a la muerte. Un proceso que se traduce en una reducción y un impacto directo en el paciente y su familia, incluidos los propios profesionales, que se puede reflejar en el resultado de estos cuidados que, al ser paliativos, implican una atención más especializada y personalizada (Velásquez, Benavides et al., 2023).

Estudios científicos demuestran que la evaluación de las prácticas, los conocimientos y las actitudes de los profesionales de enfermería en cuidados paliativos es muy importante, ya que permite percibir e identificar debilidades y fortalezas en todos los aspectos relacionados con el área del cuidado. Por lo tanto, se implementarán estrategias de educación y capacitación para guiar, optimizar y llenar los vacíos en la atención al final de la vida para profesionales de salud (Velásquez, Benavides et al., 2023).

El profesional de enfermería capacitado en este tipo de atención no solo puede mejorar las intervenciones basándose en su experiencia, sino también garantizar la calidad, el bienestar, la confianza y el alivio del dolor al satisfacer las necesidades físicas, mentales y emocionales de los pacientes. Esto es fundamental para proporcionar un apoyo integral a las personas y sus familias, tanto durante la enfermedad como en el proceso de duelo (Astudillo, Casado, 2007).

Por tanto, la preparación técnica y científica va de la mano no solo de la formación teórica y práctica, debe centrarse en los conceptos psicológicos, culturales y socio humanísticos y, por supuesto, en otros aspectos económicos y de bienestar. Es necesario ejercer en este campo de la enfermería. Los resultados, la seguridad y la atención a los pacientes y sus familias son otros aspectos que satisfacen las necesidades del campo de cuidados paliativos. Esta atención integral contribuye significativamente a mejorar la calidad de vida de los pacientes y a proporcionar un apoyo vital durante momentos difíciles para ellos y sus seres queridos. (Astudillo, Casado, 2007).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos de investigación están representados por una revisión sistemática, del tipo de investigación cualitativa, con las mismas directrices que en la edición 2020 de la Declaración PRISMA. La selección de artículos fue realizada por varios investigadores. Este enfoque permitió responder las preguntas de investigación.

El proceso de selección de la literatura incluyó la búsqueda de metodologías completas, objetivas y reproducibles, según los criterios de selección, con uso de conectores boléanos AND y

OR. Este proceso se realizó de la siguiente manera: una primera fase de búsqueda literaria de alcance mundial, a través de Pubmed y Science Direct. La segunda etapa de rastreo regional, utilizando Scielo, LILACS y Semantic Scholar y una tercera sobre recopilación de literatura, mediante los buscadores OVID y ENDNOTE, en idioma inglés, portugués y español.

Se implementó una hoja Excel para la recolección de los datos, manejada por los investigadores, que incluyó los siete buscadores y los parámetros de selección, donde se incluyen los datos generales de los artículos, la editorial o el nombre de la revista, el resumen, el tipo de estudio y DOI/URL. Esto permitió minimizar sesgos, artículos duplicados y unificó los criterios finales de la investigación. Las palabras clave fueron: cuidados paliativos, necesidades formativas en atención de pacientes a final de vida. Se utilizó la base de descriptores en Salud MesH-DeCS. Se organizaron los conectores booleanos de la siguiente manera: ((Palliative care) AND ((training needs))).

Una vez seleccionados los 35 artículos, se intentó definir el nivel de impacto de las revistas científicas que los publicaron, encontrando la mayoría en bases de datos regionales y revistas indexadas, cuartiles tres y cuatro (Q3-Q4), mediante buscadores Scimago y Clarivate. Se realizó la revisión de criterios inclusión/exclusión, resumen y metodología en la totalidad de la literatura (n:35) por separado, mediante el programa RAYYAN, con blindaje de los resultados entre los investigadores, hasta llegar al 100 % de los artículos, y minimizar la posibilidad de sesgos durante la validación. Se dividieron los artículos en dos grupos, con números igualitarios, para la revisión de texto completo y la identificación de los párrafos argumentales que apoyen una o varias de las teorías éticas investigadas. Los artículos que se encontraron en idioma inglés y portugués fueron previamente traducidos para la fidelidad de los datos. Los investigadores en pleno se reunieron para analizar cada uno de los párrafos obtenidos en base a los datos que se definieron como relevantes. Los documentos fueron revisados por tercera vez, según: I. Título, año de publicación, revista, citación; II. Escenario del estudio, metodología; III. Definición de los principios éticos.

### 3. RESULTADOS

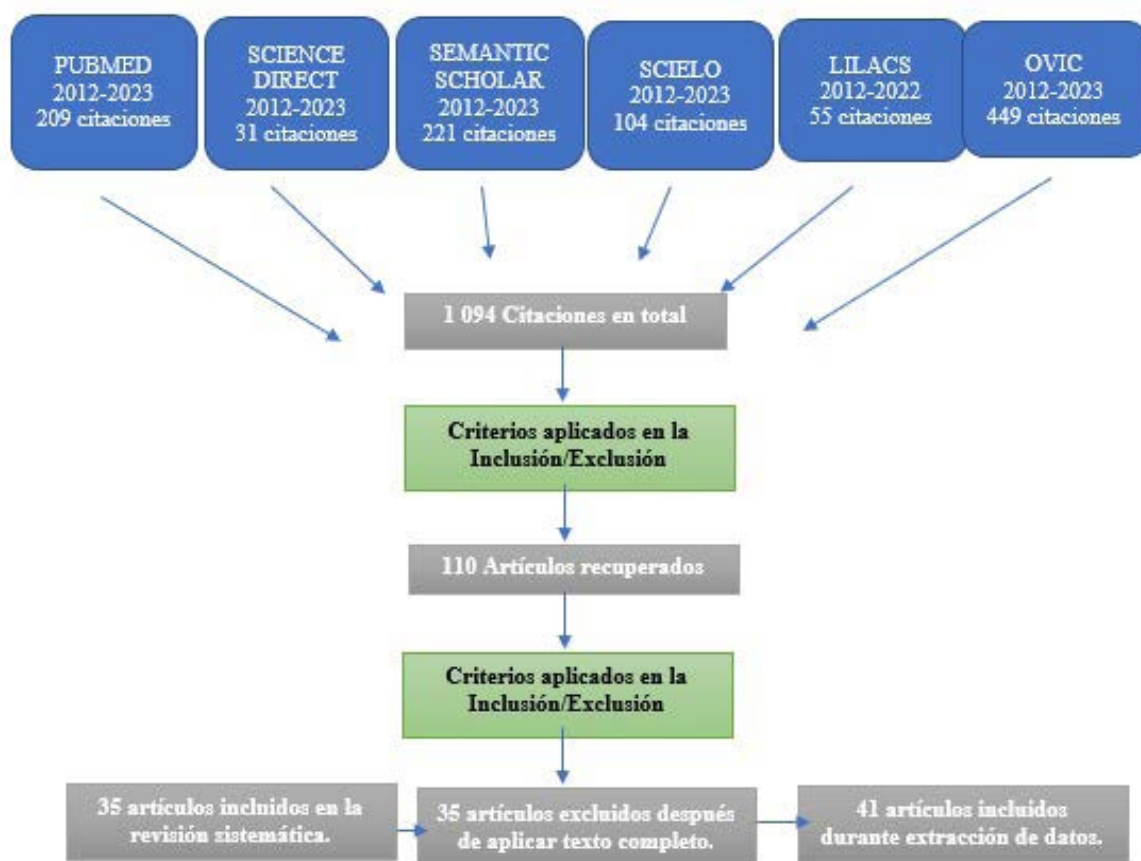
Esta investigación sistemática pretende identificar las necesidades formativas en cuidados paliativos más frecuentes y analizarlas desde la práctica de Cuidados Paliativos, en el periodo comprendido entre enero de 2022 y junio de 2023. Se lograron un total de 35 artículos que coincidieron con los criterios de búsqueda, de ellos, 17 fueron originarios de Brasil (50 %), 4 de España (12 %), 3 de México (9 %), y el resto de los países iberoamericanos aportó con 11 artículos (29 %).

La revisión bibliográfica permitió reconocer las necesidades formativas que tienen algunos países con relación a la atención o cuidados a pacientes al final de la vida. En Latinoamérica, pocos son los países que manejan los cuidados paliativos como una especialidad necesaria para

los profesionales de salud. Sin embargo, Europa es un ejemplo para seguir en la formación profesional en cuidados paliativos. Este análisis permite establecer la necesidad de que todos los países manejen una formación profesional sobre cuidados paliativos, para así poder brindar a los pacientes oncológicos y no oncológicos una atención de calidad, desde un escenario hospitalario hasta uno de atención primaria.

Con respecto a las características documentales, se tiene 14 revisiones narrativas, 7 revisiones integrativas de literatura, 5 revisiones sistemáticas, 7 estudios cualitativos con instrumentos aplicados (encuestas, entrevistas), 1 artículo de revisión reflexiva sobre las necesidades formativas en cuidados paliativos, 1 artículo observacional mixto cualicuantitativo de tipo prospectivo. Los resultados se describen a continuación, en el gráfico N.º1.

**Gráfico 1.** Resultados de la revisión bibliográfica desde la declaración PRISMA 2020



Fuente: Figuera Ávila Paolina Antonieta (2023)

Debido a la complejidad de los cuidados, que requieren las personas con enfermedades terminales, es necesario lograr una atención oportuna, que permita determinar procesos para brindar una muerte digna a pacientes con estas condiciones. Por lo tanto, la formación en este ámbito se considera como necesaria para poder desempeñar sus labores con la mayor humanidad y profesionalidad posible (Velásquez, Benavides et al., 2023).



## **Institución de Educación superior en enfermería**

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), la enfermera se encuentra como primer enlace y punto de contacto. Es el vínculo más fuerte entre los sistemas de salud y los pacientes. En ese sentido, juega un papel importante, ya que permite proporcionar una excelente atención a las personas que necesitan este servicio, a través de la comunicación, las materias teóricas, la información, la buena gestión de recursos y las comunidades, entre otros. El profesional de enfermería debe contar con formación de carácter obligatorio en cuidados paliativos, integrando estas competencias en los planes de estudio de enfermería, tanto en pregrado como en posgrado, independientemente del área de especialización; y en su recomendación, se incluye el apoyo administrativo desde la salud (Astudillo, Casado, 2007).

## **Programas de Carrera de Enfermería**

Proporcionan formación para la atención de personas discapacitadas y enfermas terminales en situación de dependencia. Para cursar estos estudios, es necesario tener una licenciatura en ciencias de la salud, trabajo social, psicología o una carrera afín. El plan de cuidados paliativos busca ser reconocido desde un enfoque humanístico, que abarque la atención física, emocional, social y espiritual de las personas que enfrentan enfermedades terminales, así como la de sus familiares. El objetivo primordial de los cuidados paliativos es gestionar el dolor y otros síntomas de la enfermedad para asegurar que el paciente se encuentre lo más cómodo y consciente posible. (Velásquez, Benavides et al., 2023).

La incorporación de un programa en cuidados especializados a pacientes terminales, como parte de la atención, proporciona a los pacientes y sus familias una atención de mejora en su calidad de vida, predice, previene y trata enfermedades, y aborda varias necesidades, intelectuales y emocionales, de los pacientes, familiares y cuidadores. Es por ello, la importancia de incluir en todas las universidades temas o asignaturas sobre cuidados paliativos (Kim et al., 2020).

En Ecuador, según el Consejo Internacional de Enfermeras (2018), menciona que: “las obligaciones clave que tiene el profesional de la salud son: el cuidado, la protección, el fomento de un entorno seguro, investigación, participación en la política sanitaria y la gestión de pacientes y sistemas de salud, y educación” (p.18). Los beneficios de la formación en cuidados especializados a pacientes al final de la vida son proporcionar una contemplación holística; ayudar a los estudiantes a aprender a interactuar, comunicarse y comprender mejor a los pacientes; y el crecimiento personal que experimentan, les permite reflexionar. Es esta la importancia de incluir, en los programas de la carrera de enfermería, temas o asignaturas sobre los cuidados paliativos a los diferentes grupos etarios (Hernández et al., 2017).



## 4. DISCUSIÓN

Considerar esta área de atención centrada en el padecimiento, la honradez, las necesidades de atención y la calidad de vida del paciente al final de la vida. Es importante mencionar que todos enfrentamos el final de la vida en algún momento, y que muchos atravesarán esta etapa según sus características particulares y el periodo evolutivo en el que se encuentren. Sin embargo, todos tenemos derecho a optar por cuándo, cómo y dónde pasamos las etapas finales de la vida, y que la misma sea en condiciones adecuadas, con un buen manejo del dolor y sin vulneración de los derechos de dichos pacientes.

Es fundamental que las personas puedan expresar sus preocupaciones respecto a su condición o enfermedad, por lo que la comunicación y diversas formas de catarsis son esenciales en el contexto de final de vida. Los pacientes terminales encuentran seguridad, confianza y arraigo en sus familiares o cuidadores durante el transcurso de la enfermedad hasta su fallecimiento. Por lo tanto, es crucial que tanto los pacientes como sus familiares reciban un trato particularmente sensible en todas las áreas relacionadas con el cuidado del paciente.

Paul Watzlawick (1991), en su teoría de la comunicación humana, destaca la importancia de este nivel de interacción al señalar que es imposible no comunicar. Esto significa que cuando un paciente paliativo expresa exageradamente sus emociones o deja de hacerlo, está comunicando su sentir en función de sus necesidades. Como profesionales de la salud, es fundamental comprender que la conducta varía según las distintas etapas al final de la vida y las características individuales de cada persona.

De esta forma, se puede contribuir a un abordaje de primer nivel con eficiencia y eficacia, ya que, hoy en día, hay profesionales que solo saben dominar los equipos biomédicos como único recurso para satisfacer las necesidades físicas de sus pacientes. Sin embargo, al realizar este abordaje, es crucial considerar las emociones, los sentimientos y los deseos del consultante que atraviesa esta situación de fin de vida.

Se pueden tomar algunas medidas para recuperar la parte del cuerpo; sin embargo, en los casos en los que no se puede hacer nada, se debe procurar proporcionar relajación y atención a los síntomas del paciente. Este enfoque no debería afectar a los dos primeros aspectos mencionados, ya que todos son importantes y deben ser abordados de manera integral.

La Sociedad Española de Cuidados paliativos (2021) define estos cuidados como:

La atención integral, individualizada y continua de personas y sus familiares con una enfermedad avanzada, progresiva o terminal, que tiene síntomas múltiples, multifactoriales, y cambiantes, con alto impacto emocional, social, y espiritual, y alta necesidad y demanda de atención. Estas necesidades deben ser atendidas de manera competente con los objetivos de mejora del confort y la calidad de vida, definida por enfermos y familiares, y de acuerdo con sus valores, preferencias y creencias (Fernández, 2021, Pág. 21).

Se deben enfocar en satisfacer estas necesidades, considerando la implementación y el desarrollo de programas de educación e investigación, lo cual se relaciona con la necesidad de mejora continua, porque, afortunadamente, la ciencia se desarrolla constantemente de esta manera un ritmo rápido que algunas culturas tardan en lograr este progreso. A medida que los pacientes, las familias, los profesionales y los propios estudiantes reconocen estas brechas, se están desarrollando programas de capacitación específicos, según sea necesario para tratar a los pacientes en cuidados paliativos.

Estos programas deben ser accesibles a todos los profesionales sanitarios, adaptados para que sean accesibles a cuidadores y voluntarios, y deben estar disponibles no solo en las áreas de pacientes en etapa terminal, sino en todos los centros, sin discriminación, o en un sentido más amplio. Dado que actualmente, en algunos centros, las únicas personas que tienen acceso a un tratamiento psicológico hospitalario son los que presentan una situación de salud oncológica, siendo un error, porque las enfermedades que requieren de cuidados paliativos pueden descubrirse también fuera de la oncología.

## 5. CONCLUSIÓN

Los cuidados especializados para pacientes paliativos desempeñan un papel crucial en el desempeño de los profesionales de enfermería y en la atención a personas con situaciones de enfermedades terminales. Es fundamental que la formación en este tipo de cuidados se brinde en todas las etapas de profesionalización en la carrera de enfermería, debido a que existe una alta tasa de pacientes paliativos que no reciben los cuidados oportunos para mejorar su calidad de fin de vida.

Esta formación, en especial, permite que los profesionales de enfermería creen habilidades, destrezas y conocimientos sobre la atención que debe recibir los pacientes que enfrentan enfermedades terminales. Los cuidados al final de la vida son cuidados complejos, ya que no se enfocan en salvar la vida, sino en brindar una calidad de atención en los mismos, es un cuidado que va mucho más allá de un síntoma físico, sino en comprender los cambios conductuales y emocionales que pueden generarse en una persona que presenta una enfermedad terminal, quien está consciente de que en cualquier momento va a morir y no ha recibido una atención óptima para su enfermedad.

En conclusión, esta investigación refleja la importancia de integrar en la formación de los profesionales de enfermería, de la Universidad Iberoamericana del Ecuador, temas de cuidados paliativos, buscando asegurar que los estudiantes se encuentren vinculados a prácticas o estudios de casos donde se involucren los pacientes con cuidados paliativos. De igual manera, se persigue la actualización de los programas de la carrera de enfermería UNIB.E, donde se reflejen los avances de la práctica y las investigaciones sobre temas de cuidados paliativos. La capacitación

permanente y el dar apertura a recursos actualizados son fundamentales para garantizar que los profesionales de enfermería estén preparados para abordar las cambiantes necesidades de los pacientes y sus familias en el ámbito de los cuidados paliativos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso-Ruiz, M. E. (2019). *I Manual de Cuidados Paliativos de Extremadura. España: Junta de Extremadura.*
- Astudillo, W., Mendinueta, C., & Casado, A. (2007). Cómo afrontar mejor las pérdidas en cuidados paliativos. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 14(7), 511-526. Recuperado el 08 de enero de 2024, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1134-80462007000700007&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-80462007000700007&lng=es&tlng=es).
- Alcántara-Montero, A., & González-Curado, A. (2017). Guía práctica de la Sociedad Americana de Oncología Clínica sobre el tratamiento del dolor crónico en los supervivientes de cánceres en adultos. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 24(6), 361-362. <https://dx.doi.org/10.20986/resed.2016.3494/2016>
- Bermúdez-de-Castro, J. M., Martín-Torres, M., Martín-Francés, L., Modesto-Mata, M., Martínez-de-Pinillos, M., García, C., et al. (2017). Homo antecessor: The state of the art eighteen years later. *Quaternary International*, 433, 22-31.
- Justino, E. T., Kasper, M., Santos, K. S., Quaglio, R. C., Fortuna, C. M. (2020). Cuidados paliativos en la atención primaria a la salud: scoping review. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, 28. <https://www.scielo.br/j/rlae/a/HWx6CGNM9QFVMKPLt55NyyP/?lang=es&format=pdf>
- Fernández Gómez V. (2020-2021). Plan de cuidados paliativos de enfermería en pacientes con tumor cerebral o cáncer metastásico en el cerebro (Trabajo de Fin de Grado). Universidad de Valladolid. Valladolid. España.
- Figueredo Figueredo, A. L., León Aguilar, R., & Martínez Roselló, M. (2019). Procedimiento para el procesamiento de información científica en la DPI de la carrera Ingeniería Forestal. *Biblios*, (75), 46-61. <https://dx.doi.org/10.5195/biblios.2019.473>
- Novillo López M. Á. (2021). *Reseña de: Casado Rigalt, Daniel: Iberia colonizada. Revisión y síntesis de la protohistoria peninsular. Espacio Tiempo y Forma. Serie II, Historia Antigua*, 34(34), 289-292. <https://revistas.uned.es/index.php/ETFII/article/view/30798>
- OMS. (2020). *Cuidados paliativos*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/palliative-care>
- Ortiz-Mendoza, G., Huerta-Baltazar, M., Montoya-Ramírez, G., Cira-Huape, J., & Correa-Vieyra, G. (2022). Cuidados paliativos como intervención de enfermería en los últimos días de vida: revisión sistemática. *Sanus, Rev. Enf.*, 7. <https://doi.org/10.36789/revsanus.vi1.289>
- SECPAL. (2022). Guía de Cuidados Paliativos Sociedad Española de Cuidados Paliativos. Sociedad Española de Cuidados Paliativos. <https://www.secpal.org/>
- Vásquez Manríquez, A. (2023). Identificación de requerimiento de cuidados paliativos en pacientes hospitalizados en los servicios de medicina interna de un Hospital de Referen-

cia Peruano. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 23(1), 52-60. Epub 25 de enero de 2023. <https://dx.doi.org/10.25176/rfmh.v22i3.4621>

Velásquez-Manrique, A., Benavides-Luyo, C., Chaupi-Rojas, S., Andahua-Inuma, S., Andrade-Acuña, M., Sánchez-Ruiz, R., & Soto, A. (2023). Identificación de requerimiento de cuidados paliativos en pacientes hospitalizados en los servicios de medicina interna de un Hospital de Referencia Peruano. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 23(1), 52-60. <https://dx.doi.org/10.25176/rfmh.v22i3.4621>

Watzlawick P., Beavin Bavelas J., Jackson D. (1991). *Teoría de la Comunicación Humana*. Barcelona. España. Editorial Herder.

## ***Seguridad ocupacional en producción de combustible alternativo mediante pirólisis de neumáticos reciclados: técnicas innovadoras***

### ***Occupational safety in alternative fuel production by pyrolysis of recycled tires: innovative techniques***

Jefferson Llumiquinga<sup>1</sup> , Diego Pichoasamín<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Central del Ecuador, jflumiquinga@uce.edu.ec, Quito, Ecuador

<sup>2</sup> Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui, diego.pichoasmin@ister.edu.ec, Sangolquí, Ecuador

Autor para correspondencia: jflumiquinga@uce.edu.ec

#### **RESUMEN**

La pirólisis de neumáticos usados ha surgido como una opción prometedora ante la creciente necesidad de encontrar soluciones sostenibles para la gestión de residuos. El objetivo principal de este estudio es analizar la seguridad ocupacional de la producción de combustible alternativo mediante la pirólisis de neumáticos usados en una planta piloto en la parroquia Sangolquí-Ecuador. La metodología incluyó la revisión de literatura, la realización de análisis de riesgos y la propuesta de medidas de mitigación específicas para cada etapa del proceso de pirólisis. Los principales resultados destacan la identificación de riesgos clave, como la exposición a altas temperaturas, la presencia de productos químicos tóxicos y el manejo de materiales inflamables. Mediante las medidas de mitigación adecuadas, como el uso de equipos de protección personal, la capacitación del personal en seguridad ocupacional y la implementación de procedimientos de trabajo seguro, se puede garantizar un entorno laboral seguro y saludable. Este estudio subraya la importancia de priorizar la seguridad ocupacional en la industria de la pirólisis de neumáticos usados. Se recomienda la promoción de una cultura de seguridad y cumplimiento normativo en todas las etapas del proceso de pirólisis para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de esta industria.

**Palabras clave:** Gestión de residuos, Seguridad ocupacional, Pirólisis, Combustible alternativo, Sostenibilidad

#### **ABSTRACT**

Pyrolysis of used tires has emerged as a promising option in the face of the growing need to find sustainable solutions for waste management. The main objective of this study is to analyze the occupational safety of alternative fuel production by pyrolysis of used tires in a pilot plant in the parish of Sangolquí - Ecuador. The methodology included literature review, risk analysis and proposal of specific mitigation measures for each stage of the pyrolysis process. The main results highlight the identification of key risks, such as exposure to high temperatures, presence of toxic chemicals and handling of flammable materials. Appropriate mitigation measures, as

the use of personal protection equipment, the occupational safety training of personnel, and the implementation of safe work procedures, can ensure a safe and healthy work environment. This study highlights the importance of prioritizing occupational safety in the waste tire pyrolysis industry. The promotion of a culture of safety and regulatory compliance at all stages of the pyrolysis process is recommended to ensure the long-term sustainability of this industry.

**Key words:** Waste management, Occupational safety, Pyrolysis, Alternative fuels, Sustainability

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el manejo adecuado de los residuos sólidos representa un desafío importante para la sociedad, especialmente en lo que respecta a la gestión de neumáticos usados. Los neumáticos desechados son una fuente significativa de contaminación ambiental y un problema de salud pública debido a su lenta degradación y los riesgos asociados con su eliminación inadecuada. Frente a esta problemática, la pirólisis de neumáticos usados ha surgido como una alternativa prometedora para convertir estos desechos en recursos valiosos, particularmente en la producción de combustible alternativo (Gamboa et al., 2020).

La disposición inapropiada de neumáticos usados puede conducir a la contaminación del suelo, el agua y el aire, así como a la proliferación de enfermedades asociadas con vectores. Además, su incineración directa de neumáticos puede generar emisiones nocivas y contribuir al cambio climático. En este contexto, la pirólisis de neumáticos usados emerge como una solución innovadora que puede mitigar estos problemas, al convertir los desechos en valiosos productos y subproductos (Chew et al., 2021).

En los últimos años, ha habido un creciente interés en el desarrollo y la implementación de tecnologías de pirólisis para el tratamiento de neumáticos usados en todo el mundo. Varios estudios han investigado aspectos técnicos, económicos y ambientales, destacando sus potenciales beneficios y desafíos asociados. Sin embargo, aún existe la necesidad de abordar aspectos específicos relacionados con la seguridad ocupacional y la mitigación de riesgos en el proceso de producción de combustible alternativo mediante la pirólisis de neumáticos usados, aspecto que este estudio busca abordar de manera integral.

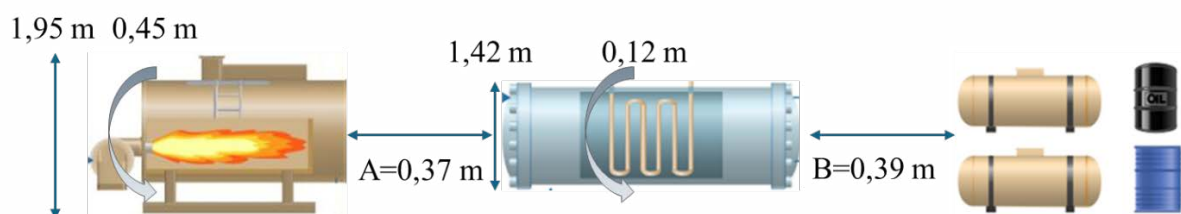
Este estudio reviste gran importancia en el ámbito de la seguridad ocupacional, dada la necesidad urgente de garantizar condiciones laborales seguras en la industria de la pirólisis de neumáticos usados. La manipulación de materiales inflamables, la exposición a altas temperaturas y la presencia de productos químicos tóxicos durante el proceso de producción de combustible alternativo representan riesgos significativos para la salud y la seguridad del personal involucrado. Por lo tanto, este estudio se justifica en su objetivo de identificar, analizar y mitigar los riesgos ocupacionales asociados con la pirólisis de neumáticos usados, con el fin de salvaguardar la integridad física y la salud de los trabajadores y promover un entorno laboral seguro y saludable.

En base a lo anteriormente fundamentado el objetivo principal de este estudio es analizar la seguridad ocupacional de la producción de combustible alternativo mediante la pirólisis de neumáticos usados, con el fin de contribuir al rollo de prácticas sostenibles en la gestión de residuos. Concretamente, se realiza un análisis del proceso de pirólisis de neumáticos usados, identificando sus principales etapas y productos obtenidos. Se evalúa los riesgos potenciales asociados con la producción de combustible alternativo mediante pirólisis y se proponen medidas de mitigación y protocolos de seguridad específicos para garantizar un entorno laboral seguro durante todo el proceso.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en la parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui perteneciente a la provincia de Pichincha, ciudad de Quito, Ecuador. Las coordenadas del sitio fueron 0° 22' 0.3" S; 78° 28' 11.4" O. La planta piloto presentó las siguientes características: el reactor tiene una forma cilíndrica rectangular con una altura de 1,95 m y un diámetro de 0,45 m, mientras que el condensador tiene una altura de 1,42 m, un diámetro equivalente de 0,12 m. a una distancia A de 0,37 m y una distancia B de 0,39 m (ver Figura 1).

**Figura 1.** Alturas, diámetros y distancias de los componentes de la planta piloto



Fuente: Elaboración propia, 2024

Para el estudio se utilizaron varios instrumentos para medir y analizar gases, y para evaluar el riesgo ocupacional durante la producción de combustible alternativo mediante pirólisis de neumáticos reciclados. El equipamiento incluyó un analizador de gases de combustión y sonda industrial, ambos de marca Testo y modelo T350, un tren isocinético y sonda de acero inoxidable, ambos de marca Clean Air Express y modelo Cateco Sampling Train. Es importante indicar que los equipos para las mediciones cuentan con su certificación de calibración.

El analizador de gases Testo T350 se usó para medir la composición de los gases generados en el proceso de pirólisis, y las mediciones se realizaron en la etapa de pirólisis y en las fases posteriores para monitorear las emisiones y garantizar la seguridad del entorno laboral. El Tren Isocinético y Sonda de Acero Inoxidable se emplearon para recolectar muestras de partículas y compuestos químicos presentes en el aire durante el proceso de pirólisis.

Para evaluar el riesgo ocupacional, se utilizó una combinación de datos de las mediciones de gases y partículas, junto con parámetros de seguridad ocupacional establecidos por normativas



y estándares internacionales. Se aplicó una metodología de análisis de riesgo que incluyó la identificación de fuentes de riesgo, la evaluación de la exposición de los trabajadores a gases y partículas, y la comparación con límites permisibles establecidos por organizaciones, como la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) y el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés).

Primeramente, se llevó a cabo un análisis de los procesos involucrados en la producción de combustible alternativo mediante pirólisis de neumáticos usados. Se examinó detalladamente cada etapa del proceso, desde la introducción de los neumáticos usados en el reactor de pirólisis hasta la gestión de los productos y subproductos resultantes. Para este análisis se consideraron diversos estándares y regulaciones para guiar y garantizar que se cumpliera con las buenas prácticas en materia de seguridad industrial. Para los estándares de la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés), se consideraron las normas ISO 45001:2018 e ISO 14001:2015, mientras que para las Regulaciones y Directrices Nacionales, se consideraron la NIOSH, OSHA y la Legislación Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Posteriormente, se identificaron los posibles riesgos ocupacionales asociados con cada etapa del proceso, incluyendo riesgos relacionados con la manipulación de materiales peligrosos, exposición a altas temperaturas, generación de gases y productos químicos y manejo de equipos y maquinaria, entre otros. Para evaluar y priorizar los riesgos ocupacionales, se utilizó la metodología de Análisis de Riesgos y Operabilidad (HAZOP).

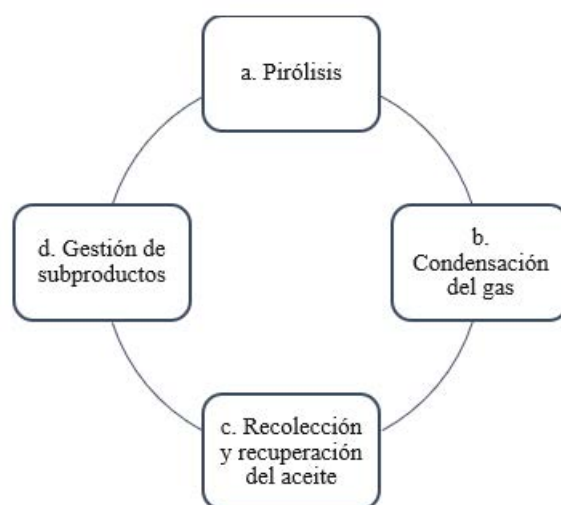
El análisis HAZOP se basó en un enfoque sistemático y estructurado que involucró a un equipo de trabajo para identificar posibles desviaciones en un proceso y evaluar sus consecuencias. Se comenzó definiendo el alcance del análisis HAZOP, identificando las etapas clave del proceso de pirólisis que requerían evaluación; el equipo revisó diagramas de proceso, procedimientos operativos y otros documentos relevantes para comprender completamente el proceso. El método HAZOP utilizó palabras guía, como “más”, “menos”, “ninguno”, “inverso”, para identificar posibles desviaciones del proceso normal y posibles causas subyacentes.

Una vez identificadas las desviaciones y peligros asociados, se evaluó cada riesgo en función de su probabilidad de ocurrencia y su impacto potencial en la seguridad de los trabajadores; esta evaluación permitió priorizar los riesgos en función de su nivel de gravedad y urgencia para la mitigación. Finalmente, con base en la evaluación y priorización de riesgos, el método HAZOP propuso medidas de mitigación para abordar los riesgos identificados.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron los aspectos clave del proceso de pirólisis y la producción de negro de humo, materia prima para la elaboración de carbón activado como subproducto. El proceso de producción de combustible alternativo a partir de neumáticos usados mediante pirólisis se desarrolló en una planta especializada que siguió los pasos acorde a la Figura 2.

**Figura 2.** Diagrama de los datos



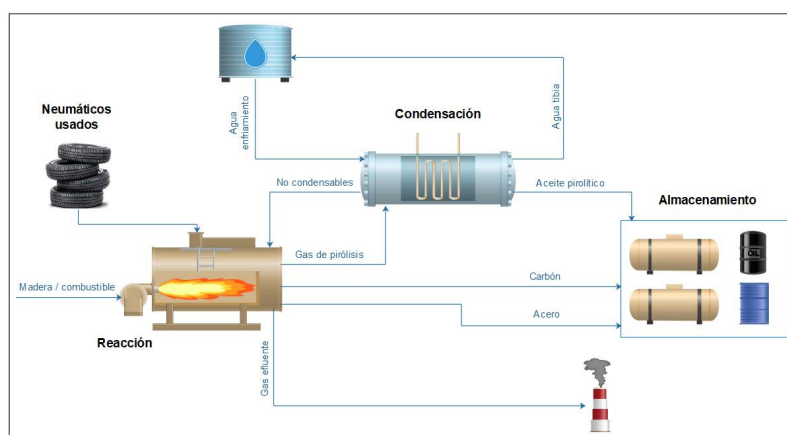
*Fuente: Elaboración propia, 2024*

En detalle, en el paso *a.) Pirólisis*, la introducción de neumáticos usados en el reactor de pirólisis, los cuales fueron sometidos a altas temperaturas, generando un gas de pirólisis como resultado de la reacción. *b.) Condensación del gas* de pirólisis, ocurre a través de un sistema de refrigeración. *c.) Recolección y recuperación del aceite* de pirólisis, se almacena en un tanque designado para su posterior uso como combustible alternativo. Los gases no condensables se dirigen a un sistema de recuperación para ser utilizados como combustible adicional para el calentamiento del reactor de pirólisis. Finalmente, *d.) Gestión de subproductos*, como el hollín, producido durante la pirólisis se emitió a través de una chimenea, mientras que el carbón y el alambre de acero resultantes, se almacenaron para su posible reutilización o disposición adecuada. Este proceso de transformación ofrece una solución innovadora para la gestión de neumáticos usados, convirtiéndolos en un recurso valioso y reduciendo así los desechos.

La planta de pirólisis se alimenta principalmente de tres tipos de entradas: neumáticos usados, madera/energía/combustible, y agua (ver Figura 3). Los neumáticos usados constituyen la materia prima principal para el proceso de pirólisis, mientras que la madera, la energía o el combustible se utilizan para alimentar el reactor y proporcionar el calor necesario para desencadenar la reacción de pirólisis. Se emplea agua como refrigerante en el condensador.

Por otro lado, la planta produce una variedad de salidas o productos resultantes del proceso de pirólisis. Entre estos está el aceite pirolítico, que se recolecta como un combustible alternativo aprovechable. Además, se obtiene carbón residual, que puede ser utilizado en diversas aplicaciones, como el carbón activado. El alambre de acero, otro subproducto, puede ser reciclado y utilizado en otras industrias, como acerías. Los gases no condensables, ricos en hidrocarburos, pueden ser empleados como combustible para diversas aplicaciones industriales, e incluso para calentar el propio reactor de pirólisis. Finalmente, el gas efluente, que se desprende del proceso, debe ser gestionado adecuadamente para minimizar su impacto ambiental (ver Figura 3).

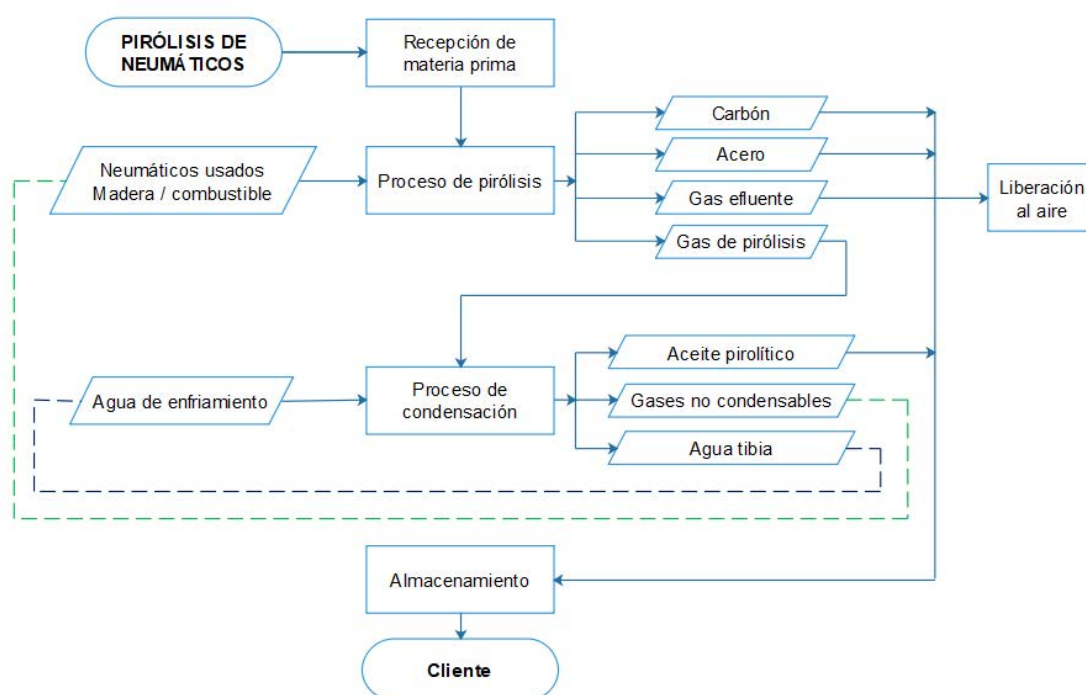
**Figura 3.** Proceso de producción de combustible alternativo



Fuente: Elaboración propia, 2024

En la Figura 4, se muestra un diagrama de flujo, de manera clara y comprensible el proceso de pirólisis.

**Figura 4.** Diagrama de flujo de proceso de producción de combustible alternativo



Fuente: Elaboración propia, 2024

Este diagrama representa los recursos necesarios para cada subproceso que abarca la transformación de neumáticos usados en productos y subproductos útiles. Además, identifica las entradas, como los neumáticos usados, madera/energía/combustible y agua, así como los productos finales, subproductos y residuos generados durante el proceso.

En este contexto, se puede maximizar el aprovechamiento de los productos generados en planta, particularmente, la producción de carbón activado mediante un método de activación química,

en cumplimiento con los requisitos establecidos en la normativa NTE INEN 1991.

El proceso de obtención de carbón activado mediante activación química implicó varias etapas clave y requirió el uso de ciertos materiales y maquinaria específica. Inicialmente, el carbón se sometió a un proceso de molienda para reducir su tamaño a una malla 20, lo que facilitó la absorción del ácido fosfórico durante la etapa de impregnación. A continuación, al carbón se le impregnó con una solución de ácido fosfórico al 85 %, dejándolo reposar por al menos 12 horas para garantizar una saturación adecuada. Posteriormente, se llevó a cabo un tratamiento térmico, en un horno a 550 °C, durante 1 hora, para activar el carbón.

El siguiente paso implicó el proceso de recuperación, donde el carbón se sumergió en una solución de ácido clorhídrico al 37 %, por 1 hora, a 30 °C; seguido de un período de agitación por 2 horas. Posteriormente, el carbón se lavó meticulosamente con agua potable para eliminar cualquier residuo de la solución. Finalmente, se secó en un horno a 105 °C, durante 1 hora, y se almacenó en tanques o costales plásticos en un entorno libre de humedad y agua.

En la Tabla 1 se presentan los potenciales riesgos y medidas de mitigación en el proceso de producción de combustible alternativo mediante pirólisis de neumáticos usados.

**Tabla 1.** Procesos, riesgos y medidas de mitigación en el proceso de producción de combustible alternativo

<b>Etapas del proceso</b>	<b>Riesgos identificados</b>	<b>Medidas de mitigación</b>
Combustión de neumáticos en el reactor de pirólisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposición a altas temperaturas</li> <li>- Posible liberación de gases tóxicos durante la pirólisis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de equipos de protección personal (EPP) adecuados</li> <li>- Capacitación del personal en manejo seguro de neumáticos</li> <li>- Uso permanente de protección respiratoria</li> </ul>
Condensación del gas de pirólisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo de quemaduras por contacto con equipos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de Trabajo Seguro (ATS) antes de iniciar actividades</li> <li>- Permiso de trabajo para trabajos en caliente</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposición a productos químicos durante la condensación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento preventivo de equipos</li> <li>- Uso permanente de protección respiratoria</li> </ul>
Recolección del aceite de pirólisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible derrame de aceite</li> <li>- Riesgo de resbalones y caídas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de recipientes herméticos para el almacenamiento</li> <li>- Capacitación en manejo seguro de sustancias químicas</li> <li>- Uso permanente de protección respiratoria</li> </ul>
Gestión de subproductos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposición al hollín durante la emisión por chimenea</li> <li>- Riesgo de lesiones por manipulación del carbón y acero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación de sistemas de control de emisiones</li> <li>- Entrenamiento en manipulación segura de subproductos</li> <li>- Uso permanente de protección respiratoria</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, 2024

Las medidas de mitigación propuestas están diseñadas para abordar los riesgos identificados en cada etapa del proceso de producción de combustible alternativo mediante la pirólisis de neumáticos usados. Estas medidas buscan garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable para el personal involucrado, así como minimizar el impacto en el medioambiente.

En primer lugar, se prioriza la protección del personal mediante el uso de equipos de protección personal (EPP) adecuados. Todos los equipos de protección utilizados están certificados y homologados para actividades de alto riesgo, garantizando que cumplen con las normas internacionales y nacionales de seguridad industrial. Entre estos equipos se incluyen trajes ignífugos y guantes resistentes al calor, diseñados para reducir el riesgo de lesiones por exposición a altas temperaturas durante la manipulación de los neumáticos y otros materiales.

Además, la capacitación del personal en el manejo seguro de neumáticos y sustancias químicas es fundamental para prevenir accidentes y garantizar prácticas laborales seguras. Esto incluye la identificación y gestión adecuada de riesgos, así como el conocimiento de los procedimientos de emergencia.

En cuanto al mantenimiento preventivo de equipos y la implementación de procedimientos de trabajo seguro, estas medidas contribuyen a prevenir accidentes relacionados con el funcionamiento de la maquinaria y la exposición a productos químicos, reduciendo así la probabilidad de incidentes y lesiones. Por otro lado, el uso de recipientes herméticos para el almacenamiento de aceite de pirólisis y la implementación de sistemas de control de emisiones ayudan a prevenir la contaminación del entorno de trabajo y minimizar el impacto ambiental.

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis de riesgos potenciales en el proceso de producción de combustible alternativo mediante pirólisis de neumáticos usados.

**Tabla 2.** Análisis de riesgos y priorización de medidas de mitigación

Etapa del proceso	Riesgos identificados	Medidas de mitigación
Combustión de neumáticos en el reactor de pirólisis	- Exposición a altas temperaturas	- Uso de equipos de protección personal (EPP) adecuados
	- Posible liberación de gases tóxicos durante la pirólisis	- Capacitación del personal en manejo seguro de neumáticos - Uso permanente de protección respiratoria
Condensación del gas de pirólisis	- Riesgo de quemaduras por contacto con equipos	- Análisis de Trabajo Seguro (ATS) antes de iniciar actividades - Permiso de trabajo para trabajos en caliente
	- Exposición a productos químicos durante la condensación	- Mantenimiento preventivo de equipos - Uso permanente de protección respiratoria

Etapas del proceso	Riesgos identificados	Medidas de mitigación
Recolección del aceite de pirólisis	- Posible derrame de aceite	- Uso de recipientes herméticos para el almacenamiento
	- Riesgo de resbalones y caídas	- Capacitación en manejo seguro de sustancias químicas
		- Uso permanente de protección respiratoria
Gestión de subproductos	- Exposición al hollín durante la emisión por chimenea	- Implementación de sistemas de control de emisiones
	- Riesgo de lesiones por manipulación del carbón y acero	- Entrenamiento en manipulación segura de subproductos
		- Uso permanente de protección respiratoria

Fuente: Elaboración propia, 2024

En la etapa de combustión de neumáticos en el reactor de pirólisis, el riesgo de exposición a altas temperaturas tiene una alta probabilidad y un alto impacto, dando como resultado un nivel de gravedad crítico y una prioridad de mitigación muy alta; esto sugiere que el contacto con superficies calientes u otras fuentes de calor intenso es una amenaza seria para la seguridad de los trabajadores. La mitigación requiere medidas inmediatas, como el uso de EPP resistentes al calor y la implementación de barreras térmicas para reducir la exposición.

En la misma etapa, se identificó el riesgo de liberación de gases tóxicos durante la pirólisis y, aunque la probabilidad es media, el impacto es alto, resultando en un nivel de gravedad mayor y una prioridad de mitigación alta. Esto implica que, aunque los gases tóxicos pueden no ser siempre liberados, cuando ocurre, el peligro para la salud es significativo. Para abordar este riesgo, se requiere la instalación de sistemas de extracción y ventilación adecuados, así como el uso de monitores de gases y mascarillas certificadas para los trabajadores.

De igual manera el riesgo de quemaduras por contacto con equipos en la etapa de condensación del gas de pirólisis presenta una probabilidad alta y un impacto medio, con un nivel de gravedad mayor y una prioridad de mitigación alta. Esto indica que el equipo utilizado en esta etapa puede ser peligroso si no se toman las precauciones adecuadas. Por ello, la mitigación implica medidas como señalización clara, uso de EPP, y procedimientos de trabajo seguros.

La mayoría de los riesgos identificados recaen en la categoría de nivel de gravedad moderada, con prioridad de mitigación media. Por ejemplo, el riesgo de exposición a productos químicos durante la condensación tiene baja probabilidad e impacto medio, pero aun así requiere atención para evitar complicaciones a largo plazo. También, se incluyen riesgos como posible derrame de aceite en la recolección, riesgo de resbalones y caídas, exposición al hollín en la gestión de subproductos y riesgo de lesiones por manipulación del carbón y acero.



Aunque estos riesgos tienen una probabilidad o impacto menor, requieren medidas de mitigación para evitar accidentes y garantizar la seguridad de los trabajadores. Se recomienda el uso de equipos de protección personal, señalización clara, y procedimientos de trabajo seguros para mitigar estos riesgos.

Finalmente, se propusieron medidas de seguridad y protocolos operativos específicos para garantizar un entorno laboral seguro en el transcurso de la producción y comercialización de combustible alternativo (ver Tabla 3). Estas medidas se basaron en los resultados del análisis de riesgos y las buenas prácticas en seguridad industrial.

**Tabla 3.** Medidas de seguridad y protocolo operativo en el proceso de producción de combustible alternativo

Medida de Seguridad / Protocolo Operativo	Descripción
Uso de equipos de protección personal (EPP)	Todos los trabajadores deberán usar EPP adecuado, incluyendo trajes ignífugos, guantes resistentes al calor y gafas de protección durante todas las etapas del proceso. Uso permanente de protección respiratoria.
Capacitación en seguridad ocupacional	Se proporcionará capacitación regular sobre seguridad ocupacional a todo el personal, incluyendo la identificación y gestión de riesgos, procedimientos de emergencia y uso seguro de equipos.
Implementación de procedimientos de trabajo seguro	Se establecerán y documentarán procedimientos de trabajo seguro para cada etapa del proceso, con énfasis en la manipulación segura de materiales y el uso adecuado de equipos. Antes de realizar actividades de alto riesgo, se requerirá un Análisis de Riesgo y un Permiso de Trabajo, especialmente para trabajos en caliente o con materiales peligrosos.
Inspecciones y mantenimiento preventivo de equipos	Se llevarán a cabo inspecciones periódicas de equipos y maquinaria, y se realizará mantenimiento preventivo de manera regular para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad.
Monitoreo de emisiones y control ambiental	Se instalarán sistemas de monitoreo de emisiones y se establecerán controles ambientales para minimizar el impacto en el medioambiente y garantizar el cumplimiento de regulaciones.
Plan de respuesta a emergencias	Se desarrollará un plan detallado de respuesta a emergencias que incluya procedimientos para manejar situaciones como incendios, fugas químicas o accidentes laborales. El plan también debe incluir ejercicios de simulacros regulares para evaluar la eficacia de los procedimientos y asegurarse de que el personal esté preparado para responder adecuadamente a las emergencias.

Fuente: Elaboración propia, 2024

Estas medidas y protocolos se basaron en los resultados del análisis de riesgos, así como en las medidas de mitigación realizadas previamente. Su implementación integral posterior puede garantizar un entorno laboral seguro y la minimización de riesgos laborales en todas las etapas de producción y comercialización de combustible alternativo.

Numerosos estudios respaldan la viabilidad y eficacia de la pirólisis de neumáticos usados como una forma efectiva de gestionar residuos y aprovechar su valor potencial (Samolada & Zabanio-tou, 2012) (Hoang et al., 2020). Por ejemplo, estudios han demostrado que el aceite pirolítico obtenido a partir de neumáticos reciclados puede ser utilizado como una fuente de combustible viable para la generación de electricidad en plantas de energía (Yaqoob, Teoh, Sher, et al., 2021) (Gamboa et al., 2020) (Toteva & Stanulov, 2020). Por tanto, este hallazgo sugiere que la pirólisis de neumáticos usados no solo contribuye a la gestión sostenible de residuos, sino que también



puede servir como una fuente alternativa de energía limpia y renovable.

Además, otras investigaciones han explorado las aplicaciones del carbón producido durante el proceso de pirólisis (Xia et al., 2017) (Pan et al., 2022), en las que han demostrado que el carbón derivado de neumático reciclado puede ser utilizado como un material de construcción sostenible (Abdulfattah et al., 2022). El carbón activado, en particular, ha demostrado ser efectivo en la purificación de agua, eliminando contaminantes y sustancias no deseadas (Rivera-Utrilla et al., 2011) (Bhatnagar et al., 2013) (Jjagwe et al., 2021), lo que lo convierte en una herramienta valiosa para abordar los desafíos de la calidad del agua en diversas comunidades.

A pesar de los beneficios potenciales asociados con la pirólisis de neumáticos usados, es importante tener en cuenta algunas limitaciones y desafíos. Por ejemplo, Chen et al. (2017), Ravindra et al. (2019) which will exert pressure on crop production and likely increase the agricultural crop residue. The present study estimates atmospheric emissions of various pollutants from crop residue burning using the Intergovernmental Panel on Climate Change guidelines. In India 488 Mt of total crop residue was generated during 2017, and about 24% of it was burnt in agricultural fields. This resulted in emissions of 824 Gg of Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>, Zhang et al. (2019) a comprehensive understanding of its function in the fragile earth environment is urgently needed. The study on the relationship between biochar properties and potential applications requires continuing research. This review provides new insights into the state-of-the-art accomplishments in the utilization of biochar in environmental management and covers three perspectives: firstly, mitigation of greenhouse gas (GHG señalan preocupaciones sobre posibles emisiones contaminantes durante el proceso de pirólisis y la necesidad de implementar medidas adecuadas de control de emisiones para mitigar cualquier impacto negativo en la calidad del aire y el medioambiente circundante.

A pesar de ello, la producción de combustible alternativo mediante pirólisis de neumáticos reciclados presenta una perspectiva prometedora para abordar múltiples desafíos en el panorama energético y medioambiental actual. Estudios respaldan la idea de que esta tecnología no solo contribuye a la diversificación de fuentes de energía, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles, sino que también ofrece beneficios significativos en términos de sostenibilidad y gestión de residuos (Babajó et al., 2019), (Chew et al., 2021), (Yaqoob et al., 2021).

Investigaciones recientes destacan que la pirólisis de neumáticos usados puede generar un combustible alternativo de alta calidad que puede sustituir parcial o totalmente a los combustibles fósiles convencionales, en diversas aplicaciones industriales y de transporte (dos Santos et al., 2020), (Mavukwana & Sempuga, 2022). Esta capacidad para aprovechar los recursos renovables disponibles, como los neumáticos desechados, para producir energía, representa un avance importante hacia la transición a una economía más verde y sostenible.

Además, el uso de gases no condensables como combustible para alimentar el proceso de pirólisis, como se indica en el presente estudio, ofrece una solución ingeniosa para cerrar el ciclo de energía y maximizar la eficiencia del sistema. Estudios como los de Nasir et al. (2013), Rozzi et

al. (2020) including hydrogen and natural gas, are considered viable alternatives to fossil fuels. Indeed, they play a fundamental role in those sectors that are difficult to electrify (e.g., road mobility or high-heat industrial processes, Sahoo et al. (2021), Sharma et al. (2021) han demostrado que esta práctica no solo reduce los costos operativos y energéticos asociados con la producción de combustible alternativo, sino que también minimiza las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos.

Sin embargo, a pesar de los beneficios potenciales asociados con la pirólisis de neumáticos usados, existen desafíos y consideraciones importantes que deben abordarse. Estudios han señalado preocupaciones sobre posibles impactos ambientales y de salud, asociados con la gestión de residuos derivados de la pirólisis, como la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV) y la generación de residuos sólidos (He et al., 2015) (Barabad et al., 2018), (Jayawardhana et al., 2019).

Estudios recientes han identificado la necesidad de desarrollar e implementar medidas efectivas de control de emisiones y manejo de residuos para mitigar los impactos negativos en la calidad del aire y el medioambiente circundante (Czajczyńska et al., 2017) (Das et al., 2019) (Ławińska et al., 2022). Además, se ha destacado la importancia de evaluar cuidadosamente el ciclo de vida completo de la tecnología de pirólisis, desde la recolección de neumáticos usados hasta la disposición final de los productos y subproductos generados.

En definitiva, la implementación efectiva de las medidas de mitigación recomendadas juega un papel fundamental en el éxito y la sostenibilidad de la pirólisis de neumáticos usados como método para la producción de combustible alternativo. Estas medidas no solo abordan los posibles riesgos asociados con el proceso, como la exposición a altas temperaturas, la liberación de gases tóxicos y el manejo seguro de los subproductos, sino que también garantizan un entorno laboral seguro y saludable para el personal involucrado.

Al priorizar la protección del personal, mediante el uso de equipos de protección personal adecuados y la implementación de protocolos operativos específicos, se puede reducir significativamente la probabilidad de incidentes y lesiones en el lugar de trabajo. Además, el monitoreo constante de las emisiones y el control ambiental son esenciales para minimizar el impacto en el medioambiente circundante y cumplir con las regulaciones ambientales. En última instancia, la adopción de medidas de seguridad y protocolos operativos recomendados no solo garantiza la seguridad y la salud de los trabajadores, sino que también contribuye a la viabilidad y la aceptación pública de la tecnología de pirólisis de neumáticos usados como una solución innovadora y sostenible para la gestión de residuos y la producción de energía alternativa.

#### 4. CONCLUSIONES

El proceso de pirólisis de neumáticos usados, si bien es una solución innovadora para la gestión de residuos y la producción de combustible alternativo, presenta desafíos significativos en términos de seguridad ocupacional. Este estudio ha puesto de manifiesto la importancia de implementar medidas

rigurosas para garantizar la protección del personal y reducir el riesgo de accidentes y la exposición a sustancias peligrosas durante la producción de combustible mediante pirólisis.

Una de las conclusiones principales es que la seguridad ocupacional debe ser la máxima prioridad en todos los aspectos del proceso de pirólisis. Las medidas de seguridad recomendadas incluyen el uso de EPP certificados y homologados, la capacitación constante en seguridad ocupacional, la implementación de procedimientos de trabajo seguro, el mantenimiento preventivo de equipos, y la realización de análisis de riesgo, ante actividades de alto riesgo, como trabajos en caliente. Además, la gestión de uso de permisos de trabajo y los ejercicios de simulacros forman parte integral de un entorno seguro.

El estudio también destaca la necesidad de monitorear continuamente las emisiones y mantener un ambiente de trabajo seguro, minimizando la exposición a gases tóxicos, productos químicos, y altas temperaturas. El plan de respuesta a emergencias y la creación de protocolos detallados para situaciones críticas, como incendios o fugas químicas, son esenciales para garantizar la seguridad del personal.

Por último, se recomienda que las empresas y organizaciones que implementen procesos de pirólisis establezcan una cultura de seguridad fuerte, donde todos los trabajadores estén comprometidos con prácticas seguras y la protección de su salud. Este compromiso debe ser sostenido mediante auditorías internas, revisiones regulares de procedimientos y la incorporación de mejoras continuas con base en lecciones aprendidas y avances tecnológicos.

Si bien el enfoque de este estudio fue la seguridad ocupacional en el proceso de pirólisis de neumáticos usados, se reconoce que este enfoque puede aplicarse a otros procesos similares en diferentes industrias. La seguridad debe ser un pilar fundamental para cualquier empresa que busque adoptar tecnologías innovadoras para la gestión de residuos y la producción de recursos alternativos.

## REFERENCIAS

- Abdulfattah, O., Alsurakji, I. H., El-Qanni, A., Samaaneh, M., Najjar, M., Abdallah, R., & Assaf, I. (2022). Experimental evaluation of using pyrolyzed carbon black derived from waste tires as additive towards sustainable concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 16, e00938. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00938>
- Babajó, S. A., Enaburekhan, J. S., & Rufai, I. A. (2019). Review on production of liquid fuel from co-pyrolysis of biomass with scrap/waste tire. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 23(8), Article 8. <https://doi.org/10.4314/jasem.v23i8.10>
- Barabad, M. L. M., Jung, W., Versoza, M. E., Lee, Y., Choi, K., & Park, D. (2018). Characteristics of Particulate Matter and Volatile Organic Compound Emissions from the Combustion of Waste Vinyl. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071390>
- Bhatnagar, A., Hogland, W., Marques, M., & Sillanpää, M. (2013). An overview of the modification methods of activated carbon for its water treatment applications. *Chemical Engineering Journal*, 219, 499-511. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.12.038>

- Chen, J., Li, C., Ristovski, Z., Milic, A., Gu, Y., Islam, M. S., Wang, S., Hao, J., Zhang, H., He, C., Guo, H., Fu, H., Miljevic, B., Morawska, L., Thai, P., Lam, Y. F., Pereira, G., Ding, A., Huang, X., & Dumka, U. C. (2017). A review of biomass burning: Emissions and impacts on air quality, health and climate in China. *Science of The Total Environment*, 579, 1000-1034. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.025>
- Chew, K. W., Chia, S. R., Chia, W. Y., Cheah, W. Y., Munawaroh, H. S. H., & Ong, W.-J. (2021). Abatement of hazardous materials and biomass waste via pyrolysis and co-pyrolysis for environmental sustainability and circular economy. *Environmental Pollution*, 278, 116836. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116836>
- Czajczyńska, D., Anguilano, L., Ghazal, H., Krzyżyńska, R., Reynolds, A. J., Spencer, N., & Jouhara, H. (2017). Potential of pyrolysis processes in the waste management sector. *Thermal Science and Engineering Progress*, 3, 171-197. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2017.06.003>
- dos Santos, R. G., Rocha, C. L., Felipe, F. L. S., Cezario, F. T., Correia, P. J., & Rezaei-Gomari, S. (2020). Tire waste management: An overview from chemical compounding to the pyrolysis-derived fuels. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22(3), 628-641. <https://doi.org/10.1007/s10163-020-00986-8>
- Gamboa, A. R., Rocha, A. M. A., dos Santos, L. R., & de Carvalho, J. A. (2020). Tire pyrolysis oil in Brazil: Potential production and quality of fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109614. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109614>
- He, Z., Li, G., Chen, J., Huang, Y., An, T., & Zhang, C. (2015). Pollution characteristics and health risk assessment of volatile organic compounds emitted from different plastic solid waste recycling workshops. *Environment International*, 77, 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.01.004>
- Hoang, A. T., Nguyen, T. H., & Nguyen, H. P. (2020). Scrap tire pyrolysis as a potential strategy for waste management pathway: A review. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1745336>
- Jayawardhana, Y., Gunatilake, S. R., Mahatantila, K., Ginige, M. P., & Vithanage, M. (2019). Sorptive removal of toluene and m-xylene by municipal solid waste biochar: Simultaneous municipal solid waste management and remediation of volatile organic compounds. *Journal of Environmental Management*, 238, 323-330. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.097>
- Jjagwe, J., Olupot, P. W., Menya, E., & Kalibbala, H. M. (2021). Synthesis and Application of Granular Activated Carbon from Biomass Waste Materials for Water Treatment: A Review. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(4), 292-322. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.03.003>
- Ławińska, O., Korombel, A., & Zajemska, M. (2022). Pyrolysis-Based Municipal Solid Waste Management in Poland—SWOT Analysis. *Energies*, 15(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/en15020510>
- Mavukwana, A., & Sempuga, C. (2022). Recent developments in waste tyre pyrolysis and gasification processes. *Chemical Engineering Communications*, 209(4), 485-511. <https://doi.org/10.1080/00986445.2020.1864624>
- Nasir Uddin, Md., Daud, W. M. A. W., & Abbas, H. F. (2013). Potential hydrogen and non-condensable gases production from biomass pyrolysis: Insights into the process variables. *Renewable*

- and *Sustainable Energy Reviews*, 27, 204-224. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.031>
- Pan, X., Lian, W., Yang, J., Wang, J., Zhang, Z., Hao, X., Abudula, A., & Guan, G. (2022). Downer reactor simulation and its application on coal pyrolysis: A review. *Carbon Resources Conversion*, 5(1), 35-51. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2021.12.003>
- Ravindra, K., Singh, T., & Mor, S. (2019). Emissions of air pollutants from primary crop residue burning in India and their mitigation strategies for cleaner emissions. *Journal of Cleaner Production*, 208, 261-273. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.031>
- Rivera-Utrilla, J., Sánchez-Polo, M., Gómez-Serrano, V., Álvarez, P. M., Alvim-Ferraz, M. C. M., & Dias, J. M. (2011). Activated carbon modifications to enhance its water treatment applications. An overview. *Journal of Hazardous Materials*, 187(1), 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.01.033>
- Rozzi, E., Minuto, F. D., Lanzini, A., & Leone, P. (2020). Green Synthetic Fuels: Renewable Routes for the Conversion of Non-Fossil Feedstocks into Gaseous Fuels and Their End Uses. *Energies*, 13(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/en13020420>
- Sahoo, K., Kumar, A., & Chakraborty, J. P. (2021). A comparative study on valuable products: Bio-oil, biochar, non-condensable gases from pyrolysis of agricultural residues. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23(1), 186-204. <https://doi.org/10.1007/s10163-020-01114-2>
- Sharma, A., Khatri, D., Goyal, R., Agrawal, A., Mishra, V., & Hansdah, D. (2021). Environmentally Friendly Fuel Obtained from Pyrolysis of Waste Tyres. En D. Tripathi & R. K. Sharma (Eds.), *Energy Systems and Nanotechnology* (pp. 185-204). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-1256-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-16-1256-5_11)
- Toteva, V., & Stanulov, K. (2020). Waste tires pyrolysis oil as a source of energy: Methods for refining. *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, 36(2), 143-158. <https://doi.org/10.1177/1477760619895026>
- Xia, W., Niu, C., & Ren, C. (2017). Enhancement in floatability of sub-bituminous coal by low-temperature pyrolysis and its potential application in coal cleaning. *Journal of Cleaner Production*, 168, 1032-1038. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.119>
- Yaqoob, H., Teoh, Y. H., Jamil, M. A., & Gulzar, M. (2021). Potential of tire pyrolysis oil as an alternate fuel for diesel engines: A review. *Journal of the Energy Institute*, 96, 205-221. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2021.03.002>
- Yaqoob, H., Teoh, Y. H., Sher, F., Jamil, M. A., Murtaza, D., Al Qubeissi, M., UI Hassan, M., & Mujtaba, M. A. (2021). Current Status and Potential of Tire Pyrolysis Oil Production as an Alternative Fuel in Developing Countries. *Sustainability*, 13(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/su13063214>
- Zhang, C., Zeng, G., Huang, D., Lai, C., Chen, M., Cheng, M., Tang, W., Tang, L., Dong, H., Huang, B., Tan, X., & Wang, R. (2019). Biochar for environmental management: Mitigating greenhouse gas emissions, contaminant treatment, and potential negative impacts. *Chemical Engineering Journal*, 373, 902-922. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.05.139>



## ***Análisis de riesgos laborales en la industria metal-mecánica en el Cantón Quevedo - Provincia de Los Ríos***

### ***Analysis of occupational hazards in the metal-mechanic industry in the Quevedo Canton - Province of Los Ríos***

Kelvin Diego Moposita Ortega<sup>1</sup> , Darwin Rolando Moposita Ortega<sup>2</sup> , Miguel Angel Briones Espinoza<sup>3</sup> , Manuel Ubaldo León Ganchozo<sup>4</sup> , Jefferson Patricio Mawyin Véliz<sup>5</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, kmopositao@uteq.edu.ec, Quevedo, Ecuador

<sup>2</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, darwinrort.moposita@uteq.edu.ec, Quevedo, Ecuador

<sup>3</sup> Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, miguelbriones@itscv.edu.ec, Quevedo, Ecuador

<sup>4</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, mleon@uteq.edu.ec, Quevedo, Ecuador

<sup>5</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, jmawyinv@uteq.edu.ec, Quevedo, Ecuador

## **RESUMEN**

La recopilación organizada de normas, procedimientos, acciones y recomendaciones que establecen los objetivos y distribuyen responsabilidades a los distintos niveles jerárquicos de una empresa se enfoca en la prevención de riesgos laborales. Esta investigación se centró en desarrollar una propuesta para crear una empresa de consultoría especializada en la gestión y prevención de riesgos laborales para las empresas metalmecánicas del cantón Quevedo. Para lograr este objetivo, se llevó a cabo un diagnóstico situacional sobre la importancia, influencia y manejo de los riesgos laborales en la industria metalmecánica. Mediante el análisis de riesgos laborales realizado en las 50 empresas se evalúa abarcando los riesgos físicos, mecánicos, químicos, ergonómicos, psicosociales y accidentes mayores. Para ello, se analizaron tres tipos de riesgos en el desarrollo de la investigación, abarcando los posibles peligros que podrían afectar la salud y seguridad de los trabajadores. Los resultados indicaron que los riesgos moderados representan un 22% de presencia en los talleres, los riesgos importantes un 34%, y los riesgos intolerables un 44%.

**Palabras clave:** Metal-mecánica, Gestión, Prevención, Riesgos laborales

## **ABSTRACT**

The organized compilation of norms, procedures, actions and recommendations that establish objectives and distribute responsibilities to the different hierarchical levels of a company focuses on the prevention of occupational risks. This research focused on developing a proposal to create a consulting firm specialized in the management and prevention of occupational hazards for metalworking companies in the canton of Quevedo. To achieve this objective, a situational diagnosis was carried out on the importance, influence and management of occupational risks in the metalworking industry. The analysis of occupational risks carried out in the 50 companies was used to evaluate physical, mechanical, chemical, ergonomic, psychosocial and major accident risks. For this purpose, three types of risks were analyzed in the development of the

research, covering the possible hazards that could affect the health and safety of workers. The results indicated that moderate risks represent 22% of the presence in the workshops, major risks 34%, and intolerable risks 44%.

**Key words:** Metal-mechanics, Management, Prevention, Occupational risk

## 1. INTRODUCCIÓN

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), aproximadamente 2.2 millones de personas fallecen anualmente en todo el mundo debido a accidentes y enfermedades laborales, una cifra que aparentemente está en ascenso. Adicionalmente, cada año ocurren alrededor de 270 millones de accidentes laborales y se reportan 160 millones de nuevos casos de enfermedades profesionales (Trabajo, 2019).

Este trabajo de investigación tiene como objetivo garantizar que las actividades de las empresas del sector metalmecánico no causen incidentes o accidentes que perjudiquen a las personas, los bienes o el entorno. En caso de que ocurran, se proporcionan directrices para actuar de manera adecuada y resolverlos (Humanos, 2014).

Se observó que en las áreas de producción de las empresas del cantón Quevedo hay una considerable desorganización de materiales, ya que los obreros los dejan de manera desordenada debido a la falta de señalización sobre su ubicación adecuada. Además, no se implementan medidas de seguridad en la manipulación de materiales. Aunque los trabajadores son conscientes del peligro, no toman precauciones (ORTEGA, 2014). Esto ocurre porque en la bodega y en la sección metalmecánica no se proporcionan equipos de protección personal, a pesar de que los trabajadores manipulan constantemente láminas de herramientas cortantes. Estas condiciones encontradas en las empresas estudiadas son atribuibles a la falta de un procedimiento establecido para la gestión de inventarios de materiales y herramientas.

En el proceso de lavado tenemos que muchas veces lo realizan con guantes rotos, sin mascarillas sin importarles el riesgo de que pueda causarles el desoxidante en la piel, de igual manera al momento de realizar la limpieza de las industrias el polvo es demasiado contaminante y lo hacen sin mascarilla. Además, en los procesos de pintura tampoco toman precauciones se observa que transitan por las cámaras de pintado sin mascarillas, el pintor sin ropa adecuada y una mascarilla pésima.

La recopilación organizada de normativas, procedimientos, acciones y recomendaciones que establecen los objetivos y distribuyen responsabilidades entre los diversos niveles jerárquicos de una empresa está dirigida a la prevención de riesgos laborales, asegurando así la gestión efectiva de los elementos que afectan los diversos procesos (Antonio Creus, 2014).



Diariamente surge un debate en la gerencia debido a que los trabajadores no utilizan los implementos de seguridad, y en caso de un accidente, la responsabilidad siempre se atribuye al trabajador y no a la empresa (Kelvin Moposita, 2022a, 2022b). Esto se debía a una tendencia a buscar culpables, lo que resultaba en discusiones que se cerraban rápidamente y se generaban informes de accidentes sin realizar las adecuadas investigaciones o mitigaciones. No se exploraban las razones por las cuales los trabajadores no utilizaban los implementos de seguridad ni se les consultaba al respecto, quedando todo centrado en la elaboración del informe y en la búsqueda de responsabilidades individuales (ROIG TORELLO, 2005).

Con el análisis de los riesgos se pretende abordar el problema con el objetivo de centrarse en la misión de reducir los riesgos laborales dentro del sector metalmecánico. Esto incluye la construcción de un concepto de riesgo basado en la percepción de los actores sociales, como los trabajadores de la industria. La recolección de información para este estudio implica la observación directa de los hechos en su entorno natural.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Metodología cuantitativa

Esta metodología permitió desarrollar una medición sistémica, utilizando ciencias básicas y técnicas estadísticas, específicamente aplicadas a la seguridad industrial. Al considerar el objeto de investigación, se logró una máxima objetividad en el análisis de los grupos de trabajo y los incidentes, esto permitió identificar de manera precisa los riesgos y aplicar medidas preventivas efectivas.

### Metodología cualitativa

Se analizó el comportamiento de los riesgos y la seguridad en el entorno industrial mediante un enfoque cualitativo, utilizando un análisis individual y subjetivo que partió de casos específicos de incidentes y prácticas de seguridad para llegar a una investigación interpretativa. Este método, basado en la teoría permitió que los planteamientos y las hipótesis teóricas fueran refutados, modificados, rechazados o aceptados según los hallazgos obtenidos, mejorando así las estrategias de prevención y mitigación de riesgos.

### Método inductivo

Se emplearon técnicas de experimentación y observación en el ámbito de la seguridad industrial, partiendo de generalidades para llegar a la identificación de hechos específicos y recurrentes. Este enfoque permitió el análisis de casos particulares dentro del contexto industrial, lo que facilitó la extracción de conclusiones y la validación empírica de las hipótesis planteadas. Este proceso ayudó a mejorar la comprensión de los riesgos y a implementar medidas preventivas eficaces en entornos industriales.

## **Método analítico**

Se utilizó el análisis de la situación actual como punto de partida para el desarrollo e implementación de este método, lo que facilitó la identificación y el análisis detallado de los diversos procesos en las empresas metalmecánicas. Esta aproximación permitió una comprensión exhaustiva de los riesgos inherentes a dichos procesos, así como la formulación de estrategias efectivas para su gestión y control.

## **Tipo de investigación**

### ***Descriptiva***

Las características, propiedades y aspectos críticos de los procesos en seguridad industrial dentro de las empresas metalmecánicas proporcionan un marco detallado para evaluar y describir las condiciones operativas. Este análisis sistemático ha permitido identificar y comprender las causas fundamentales de incidentes y riesgos inherentes, estableciendo así una base sólida para la observación objetiva y la implementación de mejoras en la gestión de la seguridad.

### ***Explicativa***

Con esta técnica se definieron los hechos y sus relaciones causa efecto.

### ***Diseño metodológico***

La recopilación y análisis de los datos relacionados con el tema se llevó a cabo mediante las siguientes actividades:

### **Investigación fundamental**

La información obtenida a partir de la investigación se extrapola de la muestra a la población general, lo que contribuye al enriquecimiento tanto del conocimiento teórico como del conocimiento aplicado.

### **Investigación acción**

Mediante cambios en la realidad, se une la práctica a través de la toma de decisiones con énfasis en lo teórico y de carácter ideográfico.

### **De campo**

Se aplicó la técnica de la encuesta en las empresas consideradas para el estudio.

### **Descriptiva**

Resaltando las cualidades más importantes se utilizó la tabulación de información para la comparación de los resultados y caracterizar los elementos constitutivos del proyecto.

### **Población**

La población para el presente estudio está conformada por 50 empresas de la actividad Metal-mecánica ubicadas en el cantón Quevedo, considerando los subsectores de industrias básicas,

productos metálicos, se las caracteriza por formar parte de la denominación de MYPIMES, con una población total de 100 empleados.

### **Muestra**

En esta investigación cuenta con una población total de 100 empleados, por ser una población finita se considerará la muestra a toda la población.

## **3. RESULTADOS**

### **Tabulación y análisis de la encuesta**

Se aplicó un instrumento de evaluación para la toma de información, generando los siguientes resultados:

#### **1. ¿Cuántos accidentes laborales ocurrieron en su empresa en el último año 2014?**

**Tabla 1.** Número de accidentes laborales ocurrieron en su empresa en el último año 2014

Rango	Nº Encuestados	Porcentajes
Entre 0 y 5	20	20
Entre 5-10	50	50
10 o más	30	30
Total	100	100

El 50 % de los encuestados expresaron que en el último año existieron entre 5 y 10 accidentes, el 20 % entre 0 y 5, y 30% 10 o más.

#### **2. ¿Con que frecuencia ocurrieron?**

**Tabla 2.** Con qué frecuencia ocurrieron los accidentes laborales en su empresa en el último año

Rango	Nº Encuestados	Porcentajes
Diaria	5	5
Semanal	50	50
Quincenal	25	25
Mensual	10	10
Otros	10	10
Total	100	100

El 50% manifestaron que la frecuencia fue semanal, el 25% quincenal, 10% mensual, el 10 % especifico otros y el 5% diaria.

#### **3. ¿El nivel de gravedad fue?**

**Tabla 3.** Nivel de gravedad de los accidentes laborales en su empresa en el último año

Rango	N° Encuestados	Porcentajes
Alto	10	10
Medio	70	70
Bajo	20	20
Total	100	100

Según los resultados el 80% de los accidentes presentan un rango medio o superior de gravedad.

#### 4. ¿Según su criterio los accidentes ocasionados se atribuyeron al operador o a la máquina-herramienta?

**Tabla 4.** Que se repite en los accidentes laborales en su empresa en el último año

Rango	N° Encuestados	Porcentajes
Operario	40	40
La máquina o herramienta	60	60
Total	100	100

El 60% de la repetencia de los accidentes es por la maquina o herramienta, mientras que el 40% es responsabilidad del operario.

#### 5. ¿Cuántas horas dejó el operario de trabajar?

**Tabla 5.** Cuántas horas dejó el operario de trabajar

Rango	N° Encuestados	Porcentajes
1 a 5	60	60
6 a 10	25	25
10 o mas	15	15
Total	100	100

El 60% de los operarios involucrados dejaron de laborar de 1 a 5 horas (Incidente < 8 horas), 25% de 6 a 10 horas (Incidente - Accidente) y el 15% 10 o más horas (Accidente > 8 horas).

#### 6. ¿Se optó por reemplazar el puesto del operario que sufrió el accidente?

**Tabla 6.** Tuvo que desocupar otro puesto para cubrir al operario herido

Rango	N° Encuestados	Porcentajes
Si	80	80
No	10	10
A veces	10	10
Total	100	100

En el 80% de los casos los empleados fueron removidos para cubrir esos puestos de trabajo.

#### 7. ¿La empresa ha afrontado alguna demanda judicial?

**Tabla 7.** Ha afrontado alguna demanda judicial

Rango	N° Encuestados	Porcentajes
Si	10	10
No	90	90
Total	100	100

Rango	Nº Encuestados	Porcentajes
Si	30	30
No	55	55
A veces	15	15
Total	100	100

El 55% de los empleados manifiestan que la empresa no ha tenido demandas judiciales por accidentes laborales, mientras el 30% manifiesta que sí.

## 8. ¿Cumplió la empresa con pedidos solicitados en tiempo y forma requerida?

**Tabla 8.** Cumplió con sus pedidos en tiempo y forma

Rango	Nº Encuestados	Porcentajes
Totalmente	25	25
Parcialmente	55	55
No cumplió	20	20
Total	100	100

El 55 % de los empleados informaron que la empresa cumplió con sus clientes parcialmente, mientras que el 25% totalmente, y el 20% no cumplió.

## 9. ¿La empresa tiene estructurado sistemas de gestión de seguridad y salud para prevenir lesiones, enfermedades?

**Tabla 9.** La empresa tiene estructurado sistemas de gestión de seguridad y salud para prevenir lesiones, enfermedades

Rango	Nº Encuestados	Porcentajes
Si	0	0
No	90	90
Parcialmente	10	10
Total	100	100

El 90% de las empresas no tienen estructurado sistemas de gestión de seguridad, y el 10% lo tiene parcialmente.

## 10. ¿Se lleva un registro de incidentes y accidentes laborales en la empresa?

**Tabla 10.** Se lleva un registro de incidentes y accidentes laborales en la empresa

Rango	Nº Encuestados	Porcentajes
Si	10	10
No	90	90
Total	100	100

El 90% de las empresas no llevan registro ni controles de los accidentes ocurridos en las operaciones.

## 11. ¿Tiene conocimiento de consultoras existentes en la ciudad?

**Tabla 11.** Tiene conocimiento de consultoras existentes en la ciudad

Rango	N° Encuestados	Porcentajes
Si	0	0
No	100	100
Total	100	100

El 100% de los empleados desconoce de la existencia de empresas consultoras.

## 12. ¿Usted estaría dispuesto a ser parte de un sistema de seguridad y salud en el trabajo en la organización?

**Tabla 12.** Usted estaría dispuesto a ser parte de un sistema de seguridad y salud en el trabajo en la organización

Rango	N° Encuestados	Porcentajes
Si	90	90
No	5	5
Parcialmente	5	5
Total	100	100

El 90% de los encuestados manifiestan que si se encuentran interesados en formar parte de un sistema de seguridad en su área de trabajo.

## 13. ¿Conoce usted si la empresa tiene establecido política y objetivos sobre seguridad y salud ocupacional?

**Tabla 13.** Conoce usted si la empresa tiene establecido política y objetivos sobre seguridad y salud ocupacional

Rango	N° Encuestados	Porcentajes
Si	10	10
No	75	75
Parcialmente	15	15
Total	100	100

El 75 % de la población considerada expresaron que no existen definidas políticas ni objetivos orientados a la seguridad en la empresa.

## 14. ¿Cuál de los siguientes factores de riesgo tiene mayor incidencia en la empresa?

**Tabla 14.**Cuál de los siguientes factores tiene mayor incidencia en la empresa

Rango	Nº Encuestados	Porcentajes
Físicos	15	15
Químicos	25	25
Biológicos	5	5
Mecánicos	55	55
Total	100	100

Según el 25% de los encuestados los factores que mayor incidencia tienen en la salud de los empleados son los mecánicos, el 25% los químicos el 15% físicos y el 5% biológicos.

### 15. ¿Cada qué tiempo recibe capacitación como medida preventiva en seguridad y salud ocupacional?

**Tabla 15.** Cada qué tiempo recibe capacitación como medida preventiva en seguridad y salud ocupacional

Rango	Nº Encuestados	Porcentajes
Semestral	0	0
Quimestral	25	25
Anual	15	15
Nunca	60	60
Total	100	100

El 60% de los encuestados no reciben capacitación sobre seguridad en el trabajo nunca, mientras que el 25% quimestral y el 15% anual.

### Descripción actual de la industria metalmecánica en Quevedo

Las industrias metalmecánicas en el cantón, están dedicadas básicamente a la fabricación y suministro de bienes de capital para el sector agroindustrial, industrias de alimentos y en la elaboración de infraestructuras de diferentes instalaciones.

Los procesos empleados para la producción de manera general consisten en, recepción de la materia prima, traslado del material al taller de fabricación, fabricación de piezas o equipos según planos o moldes, inspección de piezas y productos fabricados, traslado de los equipos y piezas al taller de pintura, pintura y acabado, inspección para el montaje, se traslada la obra y finalmente se inspecciona, almacena o se entregan los equipos.

Los resultados de la evaluación en cada uno de los puestos de trabajos donde hay un precedente (accidentes e incidentes) 100 encuestados de 50 empresas, fueron identificados y evaluados en cada uno de los factores de riesgos latentes, entre ellos los riesgos psicosocial, físico, mecánico, ergonómico entre otros.

### Resumen de matriz de análisis y evaluación actual de riesgos de trabajo en 100 puestos de trabajo en 50 empresas

Las siguientes matrices se plasma el número de riesgos que se han identificado en los talleres



como se puede observar a continuación:

### Riesgos físicos

**Tabla 16.** Cualificación de Riesgos físicos

RIEGOS FÍSICOS			
Factores físicos	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable
Temperatura alta	9	4	3
Temperatura baja	0	0	3
Ruido	0	5	5
Vibraciones	0	0	2
Radiación no ionizante (UV,IR, electromagnética)	0	0	2
TOTAL	9	9	15
%	27	27	46

En la cualificación de riesgos físicos, al analizar el factor ruido muestra un resultado de riesgo intolerable en las áreas de los talleres, ocasionado por utilizar algunos instrumentos de trabajo como el esmeril que sobrepasan el límite permisible para el oído humano en 85 dB según el decreto ejecutivo 255 de Seguridad y Salud en el Trabajo.

### Riesgos mecánicos

**Tabla 17.** Cualificación de Riesgos mecánicos

RIEGOS MECÁNICOS			
Factores mecánicos	Riesgo	Riesgo	Riesgo
	moderado	importante	intolerable
Piso irregular, resbaladizo	0	0	3
Obstáculos en el piso	0	13	20
Ausencia de Orden y Limpieza	0	5	19
Maquinaria desprotegida	0	0	5
Caída de objetos por derrumbamiento o desprendimiento	0	1	0
Proyección de sólidos o líquidos	2		4
TOTAL	2	19	51
%	3	26	71

En la cualificación de riesgos mecánicos los factores obstáculos en el piso y la ausencia de orden y limpieza son los que más sobresalen como riesgos intolerables en áreas de los talleres.

### Riesgos químicos

**Tabla 18.** Cualificación de Riesgos químicos

RIEGOS QUÍMICOS			
Factores químicos	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable
Vapores de metales o gases	0	0	2
TOTAL	0	0	2
%	0	0	100

En la cualificación de riesgos químicos el factor de vapores o gases muestra de dos puestos de trabajo se obtuvo un total de riesgo intolerable en ambos es decir 100%.

### Riesgos ergonómicos

**Tabla 19.** Cualificación de Riesgos ergonómicos

RIEGOS ERGONÓMICOS			
Factores ergonómicos	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable
Sobreesfuerzo físico	0	3	4
Levantamiento manual de objetos	0	2	0
Movimiento corporal repetitivo	11	0	0
Posición forzada (de pie, sentada, encorvada, acostada)	11	4	0
TOTAL	22	9	4
%	63	26	11

En la cualificación de riesgos ergonómicos los factores posición forzada y movimiento corporal repetitivo representan un riesgo moderado en 22 puestos es decir más del 63%, esto debido a que los trabajadores pasan mucho tiempo sentados de pie o encorvados.

### Riesgos psicosociales

**Tabla 20.** Cualificación de Riesgos psicosociales

RIEGOS PSICOSOCIALES			
Factores psicosociales	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable
Alta responsabilidad	0	5	0
Trabajo monótono	5	0	0
TOTAL	5	5	0
%	50	50	0

En la cualificación de riesgos psicosociales se puede observar que el trabajo monótono y las altas responsabilidades impuestas a los trabajadores muestran un resultado de 5 riesgos moderados e importantes, compartido en 50% cada uno de estos.

### Riesgos de accidentes mayores

**Tabla 21.** Cualificación de Riesgos de accidentes mayores

RIEGOS DE ACCIDENTES			
Factores de riesgos de accidentes mayores	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable
Manejo de inflamables y/o explosivos		3	4
Sistema eléctrico defectuoso		15	
TOTAL		18	4
%	0	82	18

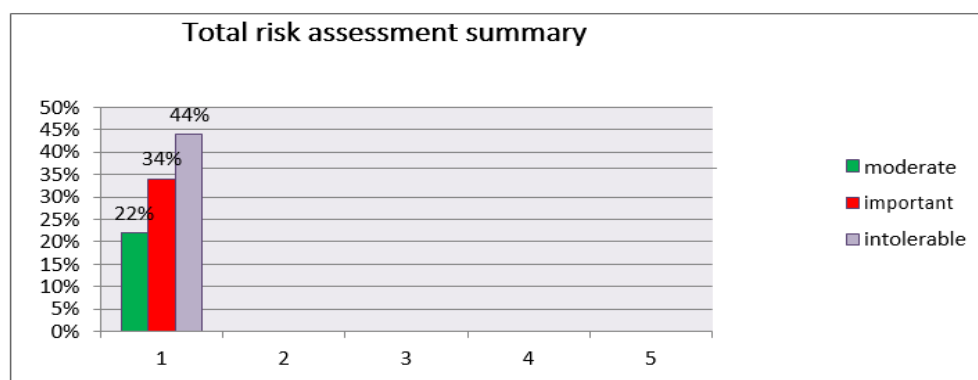
En la cualificación de riesgos de accidentes mayores manifiesta que la mayor parte de instalaciones eléctricas están deterioradas al mostrar un riesgo importante de 15.

### Resumen total de evaluación de riesgos actual

**Tabla 22.** Resumen total de la evaluación de riesgos actual en 100 puestos de trabajo en 50 empresas

RESUMEN TOTAL DE LA EVALUACIÓN DE RIEGOS			
Riesgos	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable
Físicos	9	9	15
Mecánicos	2	19	51
Químicos			2
Ergonómicos	22	9	4
Psicosociales	5	5	
Accidentes mayores		18	4
TOTAL	38	60	76
%	22	34	44

**Figura 1.** Resumen evaluación de riesgos



### Análisis de riesgo contra incendio y explosiones

Según las visitas técnicas realizadas se observa el peligro de incendio en una taller o industria metalmecánica es un factor de riesgo importante por la presencia de combustibles, proyecciones de soldaduras instalaciones eléctricas en mal estado.

### Deficiencias con respecto al riesgo contra incendio y explosiones

- Una explosión o incendio podría ocurrir si la empresa no cuenta con una señalización

adecuada que advierta sobre la presencia de materiales inflamables.

- Deterioro de los equipos contra incendio (extintores portátiles y fijos).

### **Análisis del estado de orden y limpieza**

Después de visitar varios talleres y empresas, se identificaron problemas relacionados con el orden y la limpieza. En algunos lugares se observó que el orden, la ubicación de algunas máquinas y equipos no lo realizan de la manera debida ubicando cada objeto en su correcto lugar.

### **Localización de recipientes para desechos**

- En algunos talleres se observa una carencia de recipientes adecuados para el almacenamiento de desechos, además no existe una clasificación de estos desechos como lo exige la norma ISO 14001 del Medio ambiente.
- Solo usan recipientes comunes y en algunos lugares no existen recipientes para almacenar los desechos.

### **Deficiencias detectadas con respecto al orden y la limpieza**

- La mayor parte de los desperdicios son desechados de forma incorrecta por no existir recipientes adecuados para el almacenamiento.
- Existe un exceso en la acumulación significativa de objetos innecesarios en los establecimientos como: elementos mecánicos, botellas, madera, etc.

### **Análisis de uso de equipos de protección personal**

En las visitas realizadas en los diferentes establecimientos se observó los trabajadores no usan adecuadamente los Equipos de protección personal (EPP) debido a que la mayor parte de ellos no tienen conocimiento sobre la importancia de utilizar estos equipos.

### **Deficiencias con respecto al uso de equipos de protección individual**

- Las dotaciones de EPP de los trabajadores están deterioradas.
- Los trabajadores no están debidamente capacitados sobre el uso de los EPP.
- El personal no está capacitado hacia una cultura de seguridad.

## **4. DISCUSIÓN**

Las empresas consultoras, también conocidas como empresas de consultoría, son entidades de servicios profesionales especializadas con experiencia y conocimiento específico en un área determinada. Estas empresas proporcionan asesoramiento y consultoría a otras empresas, grupos de empresas, países u organizaciones en general. El 90% de las empresas no tienen estructurado sistemas de gestión de seguridad, no llevan registro ni controles de los accidentes ocurridos en

las operaciones, en el Cantón Quevedo no existen empresas que oferten asesoría en seguridad y gestión de riesgos laborales(Kurb, 2008).

Este sector es crucial en el desarrollo de proyectos estratégicos y es un importante generador de empleo, requiriendo una cadena productiva que incluye operarios, mecánicos, técnicos, herreros, soldadores, electricistas, torneros e ingenieros. Los factores de riesgos que mayor incidencia tienen en la salud de los empleados en el sector metalmecánico son los mecánicos con el 25%, el 25% los riesgos químicos el 15% riesgos físicos y el 5% riesgos biológicos(Guerrero Velastegui, 2014). De manera general para esta investigación se realizó la agrupación de todos los riesgos presentados en los talleres dando como resultado que el 22% corresponden a un riesgo moderado, 34% a un riesgo importante y un 44% a un riesgo intolerable.

El estudio técnico se fundamenta en un análisis de la función de producción, el cual describe cómo se deben combinar los insumos y recursos utilizados por el proyecto para alcanzar de manera efectiva y eficiente los objetivos previstos. Se elaboró un diagrama de flujo del proceso que determinó los requisitos necesarios para el funcionamiento de la empresa y la ubicación estratégica de las instalaciones (García Muiña, 2016).

La profundidad de los estudios varía según el proyecto, el momento y el tiempo de ejecución, abarcando la determinación de hasta qué punto los ingresos del proyecto cubren los costos. Además, se evalúa la rentabilidad de la inversión y se proporciona información confiable al respecto. El proyecto puede soportar una disminución del ingreso en un 45% y un aumento en los costos de un 75 %, el costo beneficio de la investigación para la implementación de la propuesta es de 1.72, por lo tanto, la operación de la empresa genera 72 centavos de ganancia por cada dólar que se invierta, por lo tanto, se considera que factible de poderlo implementar(Chain, 2004).

## 5. CONCLUSIONES

Mediante la encuesta se estableció que el 30% de las empresas consideradas como muestra en el último año han tenido más de 10 accidentes laborales teniendo una incidencia del 55% los factores mecánicos, con un nivel de gravedad medio del 70%, lo que ocasiona que el 20 % de las empresas no han cumplido a tiempo con sus clientes.

El 90% de las empresas no tienen estructurado sistemas de seguridad en las operaciones, sin llevar registro de accidentes. El 60% no recibe nunca capacitación como medida preventiva de capacitación.

En la evaluación de riesgos físicos, al analizar el factor del ruido, se identificó un riesgo intolerable en las áreas de los talleres. Este riesgo se debe al uso de herramientas como el esmeril, las cuales exceden los límites permitidos de decibelios para la seguridad auditiva humana.

En los riesgos mecánicos, los factores de obstáculos en el piso y desorden se destacan como riesgos intolerables. En cuanto a los riesgos químicos, los vapores o gases representan un

riesgo intolerable. Por otro lado, los factores de posición forzada y movimiento corporal repetitivo se categorizan como riesgo moderado, debido a que los trabajadores pasan largos períodos de tiempo en posiciones sentadas, de pie o encorvadas durante sus actividades laborales.

Después de visitar varios talleres y empresas, se detectaron problemas significativos relacionados con el orden y la limpieza. Se observó que en algunos lugares el orden y la ubicación de máquinas y equipos no es el adecuado, y, además, se identificó un déficit considerable en cuanto a la limpieza de los establecimientos.

El análisis de riesgos en 50 empresas muestra que el 22% de los riesgos son moderados, siendo menos probables de causar daños severos. Un 34% de los riesgos son importantes y requieren medidas de mitigación serias. Los riesgos intolerables representan el 44%, indicando una alta probabilidad de daños graves o fatales y una situación alarmante que demanda intervención inmediata.

## REFERENCIAS

- Antonio Creus, J. M. (2014). *Seguridad e Higiene en el Trabajo. Un enfoque Integral*. Buenos Aires: Alfaomega.
- Chain, N. S. (2004). *Evaluación de proyectos de inversión en la Empresa*. PEARSON EDUCATION S.A.
- García Muiña, E. y. (2016). Marco para la mejora de la capacidad tecnologica en PYMES Metalmecánicas. *Consejo Latinoamericano de escuelas de administración*, 177-210.
- Guerrero Velastegui, C. A. (2014). *Tesis de Grado: Diseño de un modelo de gestión estratégica para PYMES metalmecanicas de Tungurahua*. Tungurahua: Departamento de investigación y posgrado de la Universidad Católica de Tungurahua.
- Humanos, M. d. (2014). *Manual de seguridad e higiene del trabajo*. Ecuador: Departamento de Seguridad e Higiene del Trabajo.
- Kelvin Moposita, M. A. (2022). Design and simulation of an artificial vision sorting machine and cocoa pulping machine. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 4035-4057.
- Kurb, M. (2008). *La consultoria de empresas. Guía para la profesión*. Mexico: Limusa.
- ORTEGA, D. R. (2014). *Propuesta para la creación de una empresa de servicios consultora en gestión y prevención de riesgos del trabajo para la industria metal mecánica en el Cantón Quevedo Provincia de los Ríos, año 2014*. Quevedo: Tesis de Grado, UTEQ.
- ROIG TORELLO, J. (2005). *Sistema de Gestión de Prevención de los Riesgos Laborales: una visión empresarial*. MADRID.
- Trabajo, O. I. (2019). *SEGURIDAD Y SALUD EN EL CENTRO DEL FUTURO DEL TRABAJO*. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo .



# MEMORIAS DEL PRIMER SIMPOSIO

Medicina Felina e Introducción  
a la Farmacología Veterinaria  
2024





### COMITÉ ORGANIZADOR

Francisco Javier Velástegui Lara MVZ  
Docente Escuela de Veterinaria  
ISTS

Karla Novoa Medina MVZ  
Directora de la Escuela de Veterinaria  
ISTS

### COMITÉ CIENTÍFICO

Francisco Javier Velástegui Lara MVZ  
Docente Escuela de Veterinaria  
ISTS

Karla Novoa Medina MVZ  
Directora de la Escuela de Veterinaria  
ISTS

## PRESENTACIÓN

El Instituto Superior Tecnológico Superarse, a través de la Escuela de Veterinaria y la Carrera de Tecnología en Cuidado Canino, tiene como objetivo formar profesionales capaces de atender ampliamente necesidades de las mascotas, esto gracias al estudio en las diferentes áreas de la Veterinaria, el cual permite ser un apoyo al médico Veterinario. El Simposio de Medicina en Felinos e Introducción a la Farmacología Veterinaria, evento que se realizó en modalidad On-line mediante la plataforma Teams del 25 al 28 de marzo del 2024, es un evento organizado con la finalidad de poner en contacto directo a los jóvenes profesionales con el escenario laboral actual en concordancia con los requerimientos de conocimiento y experiencia que hoy en día se exige en la rama de la Medicina Veterinaria. Tener el conocimiento sobre la base de la preparación recibida en las aulas, es un valor agregado que todo prestador de servicios veterinarios debe tener y al que todos deberían acceder. Propiciar un conocimiento más profundo sobre los fundamentos de los procesos a aplicar, así como su funcionamiento y modo de acción en la aplicación de la medicina en todas sus ramas, forma parte de la preparación y exigencia para llegar al cumplimiento del principal objetivo de la medicina que es mantener la salud. Dentro de las especies animales que el ser humano ha criado como animales de compañía, se encuentran los felinos, cuyas características tanto fisiológicas como comportamentales han declarado a esta especie como una de las más diversas al mostrar diferentes patrones en reacción a la aplicación de tratamientos médicos y etológicos, además de requerir mayores habilidades para su correcto manejo, crianza y mantenimiento, permitiendo actualizar conocimientos básicos y conocer información relevante para el correcto desenvolvimiento profesional frente a rama de la Medicina Veterinaria cuyo campo en servicios veterinarios crece y se expande.

El objetivo general del evento se refiere a establecer una conexión y acercamiento de los jóvenes profesionales al ambiente laboral según su preparación mediante el conocimiento profundo de los fundamentos clínicos y médicos que permitan interesar el crecimiento profesional.

Los ejes temáticos abarcados fueron:

- **Problemas gastrointestinales en gatos:** Enfermedades gastrointestinales frecuentes, Síntomas y signos de problemas digestivos, Estrategias de manejo alimentario
- **Problemas respiratorios en gatos:** Afecciones respiratorias comunes, asma felina: diagnóstico y tratamiento; prevención de enfermedades respiratorias.
- **Problemas dermatológicos en gatos:** Alergias en gatos, problemas de piel y pelaje, cuidados dermatológicos preventivos
- **Problemas urinarios en gatos:** Enfermedades y afecciones del tracto urinario, síntomas y manejo de infecciones, prevención de cálculos y obstrucciones
- **Problemas de comportamiento en gatos:** Estrés y su impacto en el comportamiento, problemas comunes: agresión, marcaje, ansiedad, estrategias de modificación de conducta
- **Manejo de emergencias en gatos:** Reconocimiento de signos de emergencia, primeros auxilios para gatos, protocolos de respuesta rápida
- **Farmacología en animales de compañía:** Manejo de medicamentos, grupos terapéuticos más utilizados en clínica, reacciones adversas y efectos secundarios
- **Farmacología en animales de producción:** Grupos terapéuticos principales, tiempos de retiro, cálculos de dosis

## Problemas gastrointestinales en gatos: enfermedades gastrointestinales frecuentes, síntomas y signos de problemas digestivos, estrategias de manejo alimentario



Paz Diana Alejandra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Médico Veterinario Zootecnista, Magíster en Epidemiología para la Salud Pública

La Dra. Diana Alejandra Paz Valladares, se tituló como Médico Veterinario en la Universidad Central del Ecuador en el año 2012, en el año 2023 recibe el título como Magíster en Epidemiología para la Salud Pública otorgado por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, durante su preparación académica ha participado en diversos cursos, talleres y seminarios entre los que destacan: Epidemiología Espacial, Metodología de censos de animales de compañía, Bioética y derecho animal, Medicina de pequeñas especies, Anestesia, analgesia y manejo de equipos en práctica quirúrgica entre otros. Durante su trayectoria profesional ha laborado en la Fundación de Bienestar Animal Imbabura, Spay Project, Fundación AMICI Cannis, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, entre otros, además es propietaria del Centro Veterinario Wiwacuna.

### RESUMEN

Los problemas gastrointestinales en gatos son un tema de interés clínico debido a su prevalencia y diversidad de causas. Esta presentación revisa las enfermedades gastrointestinales más frecuentes, sus síntomas característicos y las estrategias de manejo alimentario para mejorar la salud digestiva de los felinos. Los trastornos digestivos en gatos se manifiestan a través de diversos síntomas como heces blandas o líquidas, constipación, flatulencias, vómitos, regurgitación y decaimiento. Entre las causas comunes se incluyen infecciones virales y bacterianas, parásitos, enfermedades metabólicas o endocrinas, ingestión de sustancias no aptas para consumo animal, medicamentos, sustancias tóxicas, alergias alimentarias, inflamación crónica del intestino, cuerpos extraños y estrés. El diagnóstico de estos trastornos requiere una completa revisión médica junto con exámenes complementarios para identificar la causa subyacente. Para prevenir estos problemas, se recomienda proporcionar atención médica desde los primeros meses de vida del gato, establecer adecuados sistemas de vacunación y desparasitación, así como realizar revisiones anuales durante toda su vida. Es crucial evitar la automedicación y mantener fuera del alcance objetos dañinos para los felinos. Además, se enfatiza en desarrollar estrategias de alimentación acordes a la edad y especie del gato. Dado que son carnívoros estrictos, se debe priorizar una dieta rica en proteínas animales para garantizar la obtención de aminoácidos esenciales como la arginina y taurina. Se recomienda que al menos el 25% de las calorías diarias provengan de fuentes proteicas, siendo esta su principal fuente de energía. En conclusión, esta presentación proporciona una visión integral sobre los problemas gastrointestinales en gatos, destacando la importancia del diagnóstico temprano, la prevención y el manejo alimentario adecuado para mejorar la calidad de vida y salud digestiva de estos animales.

## Problemas respiratorios en gatos: Afecciones respiratorias comunes, asma felina: diagnóstico y tratamiento; prevención de enfermedades respiratorias



Carreño Camila<sup>1</sup>

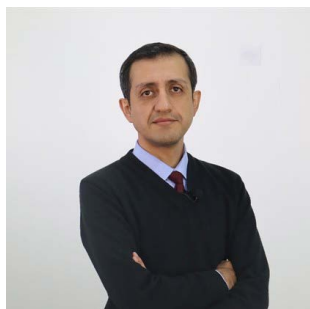
<sup>1</sup> Médico Veterinario Zootecnista

La Dra. Camila Carreño, recibió su título como Médico Veterinario Zootecnista en la Universidad de las Américas UDLA en el año 2008, posee amplia experiencia en clínica habiendo laborado en la Provincia de Santo Domingo, ciudad de La Concordia, en la Clínica veterinaria Snoopy, Hospital Veterinario Dogtours Cat en la ciudad de Quito, Proyecto de Manejo de Fauna Urbana del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito y de manera particular con desarrollo de cirugías de tejidos blandos y diagnóstico clínico. Ha participado de varios eventos para su preparación profesional entre los que destacan el Congreso “Nación de los Gatos”, “Congreso Veterinario de León” y varios “Congresos de la Asociación de Médicos Veterinarios especialistas en Pequeñas Especies AMVEPE”.

### RESUMEN

La salud de los gatos puede verse afectada por una variedad de problemas respiratorios, que van desde la bronquitis hasta el asma felina. Este resumen explora las enfermedades respiratorias más comunes en los felinos, incluyendo su diagnóstico, tratamiento y medidas preventivas. La bronquitis, tanto aguda como crónica, se caracteriza por dificultad para respirar, episodios de tos y ruidos al respirar. La insuficiencia respiratoria felina surge como consecuencia de infecciones respiratorias no tratadas adecuadamente, dificultando la ventilación y los niveles de oxígeno. La neumonía felina, una infección grave que afecta los pulmones, presenta síntomas como tos, escalofríos y dificultad para respirar, siendo más peligrosa en gatos jóvenes o ancianos. La rinotraqueitis, o gripe felina, es una infección viral altamente contagiosa, mientras que la rinitis inflama el revestimiento mucoso nasal, causando estornudos y congestión. El asma felina, una enfermedad bronquial crónica, se asocia con inflamación de las vías aéreas, hiperplasia epitelial y constricción del músculo liso, manifestándose con tos, dificultad para respirar y sonidos respiratorios anormales. El diagnóstico de estas afecciones implica pruebas de laboratorio como hemogramas y análisis de imágenes como radiografías, descartando infecciones mediante citología y cultivos. El tratamiento varía según la gravedad del cuadro clínico e incluye oxigenoterapia, broncodilatadores, esteroides y antiinflamatorios. En conclusión, el ponente proporciona una visión detallada de los problemas respiratorios en gatos, destacando la importancia del diagnóstico precoz, el manejo adecuado y las medidas preventivas para mejorar la calidad de vida y salud respiratoria de los felinos.

## Problemas dermatológicos en gatos: Alergias en gatos, problemas de piel y pelaje, cuidados dermatológicos preventivos



Velastegui Lara Francisco Javier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Médico Veterinario Zootecnista

El Dr. Francisco Javier Velástegui Lara, obtiene su título como Médico Veterinario Zootecnista en la Universidad Central del Ecuador en el año 2013, posee un diplomado en Bioestadística Aplicada a la Agroforestería por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE de Costa Rica. Posee experiencia de más de 10 años en manejo clínico de animales de compañía y de producción. Ha prestado sus servicios profesionales en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP como investigador en el programa de Ganadería, en donde ha logrado participar como co-autor de diversas publicaciones científicas. Se desempeñó como Médico Veterinario en el Proyecto de Manejo de Fauna Urbana de la Secretaría de Salud del Distrito Metropolitano de Quito y en la Unidad de Bienestar Animal UBA del Municipio de la misma ciudad. Es propietario de “Consultores VetVerinarios Mikha – Salud y Bienestar Animal”.

### RESUMEN

Los problemas dermatológicos en gatos son una preocupación frecuente entre los propietarios y veterinarios, abarcando una variedad de afecciones que van desde la alopecia hasta las úlceras cutáneas. A continuación, se presenta un enfoque detallado sobre las enfermedades cutáneas del gato, sus múltiples causas, diagnóstico y tratamiento. La anamnesis es fundamental para el diagnóstico, iniciando con preguntas específicas sobre cambios en el entorno del gato que puedan provocar comportamientos de acicalamiento excesivo y alopecia. Los síntomas de prurito pueden ser engañosos, ya que los gatos tienden a ocultar el lamido excesivo, lo que puede confundir al propietario. Las causas de la alopecia en gatos pueden ser variadas, desde dermatofitosis hasta demodicosis y alopecia paraneoplásica. Las enfermedades alérgicas, como la alergia a las pulgas y la alergia alimentaria, también pueden desencadenar síntomas de prurito y pérdida de pelo. Otros patrones de reacción cutánea incluyen dermatitis miliar, úlceras autoinducidas y el complejo granuloma eosinofílico (CGE), cada uno con sus propias características distintivas y diagnósticos diferenciales. El diagnóstico diferencial de estas enfermedades implica pruebas específicas como raspados cutáneos para identificar la presencia de ectoparásitos como *Demodex gatoi*. El tratamiento varía según la causa subyacente, con opciones que van desde terapias sintomáticas como glucocorticoides y antihistamínicos hasta tratamientos específicos para infecciones secundarias, como antibióticos en casos de úlceras autoinducidas y dermatitis alérgica a la picadura de pulgas. Mediante esta presentación, el ponente proporciona un enfoque integral para el diagnóstico y tratamiento de problemas dermatológicos en gatos, destacando la importancia de una anamnesis exhaustiva y pruebas diagnósticas precisas para abordar adecuadamente las causas subyacentes de las afecciones cutáneas felinas.

## Problemas urinarios en gatos: Enfermedades y afecciones del tracto urinario, Síntomas y manejo de infecciones, Prevención de cálculos y obstrucciones



Erazo Brito Linda Viviana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Médico Veterinario Zootecnista

La Dra. Linda Viviana Erazo Brito recibió su título como Médico Veterinario Zootecnista en la Universidad Central del Ecuador en el año 2018, posee un diplomado en Ecografía Veterinaria realizado en la Universidad Central del Ecuador y un Posgrado en Cardiología Veterinaria realizado en la Universidad Católica de Salta Buenos Aires Argentina. Dentro de su experiencia laboral ha prestado sus servicios en la Clínica Veterinaria PATVETEC, Clínica Veterinaria VETERPET, Laboratorio de Histopatología de la UCE y actualmente en la Clínica Veterinaria VETSALUD. Ha realizado cursos en varias temáticas entre las que incluyen: Abordaje del paciente cardíopata, citología oncológica, inmunología y cardiología, medicina interna y ha participado en eventos tales como el Congreso Felino AMVEPE FIAVAC WSABA 2023, posee una publicación con el tema: Caracterización molecular de variantes de parvovirus canino basados en el gen VP2 en perros domésticos afectados en el Ecuador.

### RESUMEN

Los problemas urinarios en gatos son una preocupación común para propietarios y veterinarios, temas abordados en esta presentación con un enfoque técnico sobre las enfermedades del tracto urinario inferior felino (FLUTD) y el síndrome de Pandora, también conocido como cistitis idiopática felina (FIC). La FLUTD presenta una variedad de signos clínicos, incluyendo cistitis, disuria, polaquiuria, hematuria y obstrucción uretral, con cambios de comportamiento y aumento en el lamido como respuestas al dolor. El síndrome de Pandora, o FIC, se caracteriza por una activación crónica del sistema nervioso central debido al estrés, con factores predisponentes que incluyen edad, dieta, cambios de hábitos y estrés ambiental. El diagnóstico de estas afecciones implica una historia clínica detallada, examen físico y pruebas diagnósticas como hemograma, análisis de orina, cultivo bacteriano, radiografías y ultrasonido. La prevención de cálculos y obstrucciones se centra en cambios en la dieta, aumento del consumo de agua y mantenimiento de un ambiente libre de estrés. El tratamiento de la FLUTD y el FIC después de la obstrucción uretral implica el monitoreo cuidadoso de la producción de orina, el uso de sondas uretrales atraumáticas y el manejo del dolor con analgésicos como la buprenorfina. En casos de cistitis bacteriana, se recomienda el uso de antibióticos como amoxicilina/clavulánico, adaptados según la gravedad y recurrencia de la afección. En conclusión, la ponente proporciona una guía para el manejo de problemas urinarios en gatos, destacando la importancia de la identificación temprana, el tratamiento adecuado y la prevención de recurrencias mediante estrategias de manejo del estrés y cuidado dietético.



## **Problemas de comportamiento en gatos: Estrés y su impacto en el comportamiento. Problemas comunes: agresión, marcaje, ansiedad. Estrategias de modificación de conducta**



Guerrero Herrera Ana Karina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Médico Veterinario Zootecnista, Máster en Etología Clínica

La Dra. Ana Karina Guerrero Herrera recibió su título como Doctora en Medicina veterinaria y Zootecnia en la Universidad Central del Ecuador en el año 2005, recibe el título de Máster en Etología Clínica por parte de la Universidad Autónoma de Barcelona España, se ha desenvuelto como docente en la Universidad Central del Ecuador y Universidad de las Américas UDLA, Ha participado de varios eventos académicos tales como el Seminario de etología clínica en la Universidad San Francisco de Quito, actualmente se encuentra cursando una maestría en terapia asistida por animales. Además de este simposio se encuentra como ponente en el Diplomado Internacional de Etología Aplicada. Actualmente se desempeña como especialista en etología en la Unidad de Bienestar Animal del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito rehabilitando caninos y felinos con problemas comportamentales para su proceso de recuperación integral.

### **RESUMEN**

Los problemas de comportamiento representan una parte significativa de las consultas veterinarias relacionadas con gatos, con el estrés desempeñando un papel crucial en su desarrollo. Se observa que los gatos manejan la ausencia de sus propietarios de manera más eficiente que los perros, y las relaciones de dominancia son menos relevantes en su comportamiento. El estrés en los gatos puede manifestarse a través de diversas conductas problemáticas, como la reducción del consumo de alimentos, cambios en los patrones de acicalamiento, marcaje con orina, agresividad y ansiedad. Las causas de estrés incluyen enfermedades, falta de estímulos, cambios en el hogar y alteraciones en el círculo social del gato. Para reducir el estrés en los gatos, es crucial identificar sus causas y brindarles un entorno enriquecido y seguro. El enriquecimiento ambiental, que implica proporcionar actividades y recursos adecuados para satisfacer las necesidades naturales del gato, es fundamental. La “gatificación” del hogar, que incluye áreas de juego, descanso y rascado, promueve el bienestar físico y mental del felino. Además, la zona de eliminación debe estar bien ubicada y equipada para evitar problemas de micción inadecuada, que constituyen una queja común en las consultas de comportamiento. El marcaje con orina, una conducta distintiva de los gatos, puede abordarse mediante la castración y el uso de ansiolíticos, así como asegurando condiciones adecuadas en la bandeja de arena. La agresividad es otro problema común en gatos, con diversas causas y tipos. Identificar la causa subyacente es crucial para el manejo efectivo de este comportamiento no deseado. El rascado con uñas, una conducta natural en los gatos, puede controlarse proporcionando superficies adecuadas para rascar y evitando la extracción de las uñas. En resumen, comprendiendo las causas del estrés y los problemas de comportamiento en los gatos, los propietarios pueden implementar estrategias efectivas de modificación de conducta para mejorar el bienestar y la convivencia con sus mascotas felinas.



## Manejo de emergencias en gatos - Reconocimiento de signos de emergencia - Primeros auxilios para gatos - Protocolos de respuesta rápida



Arias Cárdenas, Jorge Leonardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Médico Veterinario Zootecnista

El Doctor Jorge Leonardo Arias Cárdenas recibe su título de Médico Veterinario Zootecnista otorgado por la Universidad Central del Ecuador en el año 1989. Fue el primer Médico Veterinario en ejercer la profesión de medicina de fauna silvestre en el Ecuador. Durante su amplia trayectoria ha trabajado en el Vivarium de Quito, ha realizado pasantías en el Zoológico de Cali Colombia en donde aprendió sobre la fabricación de dardos para anestesia a distancia, trabajó en las Islas Galápagos siendo pionero en el trabajo con tortugas. Ha brindado asesorías en varios zoológicos como el Zoo de Guayllabamba, Eco Zoo San Martín de Baños, centros de rescate en Tambillo, Puyo, Ibarra en Ecuador y Tumbes en Perú. Ha participado como conferencista en temas relacionados a fauna silvestre en todo el territorio ecuatoriano, Perú y Colombia. Ha colaborado como investigador asociado y catedrático en universidades como la Universidad Católica del Ecuador y la Universidad de las Américas UDLA. Ha sido colaborador en más de 15 tesis de grado y 30 artículos científicos. Además, ha prestado servicios como consultor para la FAO, USAID, MAE y MDMQ, así como ha participado en más de 20 filmaciones para cadenas internacionales tales como National Geographic, Animal Planet y televisoras nacionales e internacionales.

### RESUMEN

Los primeros auxilios para gatos son esenciales para abordar situaciones de emergencia, pero es fundamental comprender los límites de la atención que podemos brindar en casa y la importancia de buscar ayuda profesional. Al encontrarnos ante un gato herido, debemos realizar una evaluación inicial de su estado para proporcionar información crucial al veterinario de guardia y agilizar su atención. La deshidratación en gatos, especialmente durante los meses cálidos, puede representar un riesgo significativo para su salud. Es crucial identificar los signos de deshidratación, como encías secas y falta de elasticidad en la piel, y administrar suero fisiológico oral para rehidratar al gato mientras se busca atención veterinaria. En casos de accidentes graves, como atropellos o caídas, es importante proteger al gato de nuevos peligros y proporcionarle soporte adecuado mientras se lo traslada al veterinario. Es crucial manejar al gato herido con cuidado y buscar atención veterinaria lo antes posible para abordar posibles lesiones internas o fracturas.

En situaciones de hemorragia, aplicar una compresa fría sobre la herida puede ayudar a detener el sangrado, pero es fundamental buscar atención veterinaria de inmediato. Además, el envenenamiento es una emergencia grave que requiere intervención veterinaria urgente, y los propietarios deben abstenerse de inducir el vómito a menos que sea recomendado por un profesional. Las quemaduras y la electrocución también requieren atención veterinaria inmediata, y es cru-

cial proporcionar los primeros auxilios adecuados antes de trasladar al gato al veterinario. Además, los propietarios deben estar preparados con un botiquín de primeros auxilios que incluya suministros básicos como gasas, vendas y termómetro digital. En conclusión, los propietarios de gatos deben estar preparados para abordar emergencias médicas y comprender cuándo es necesario buscar ayuda profesional. La rápida evaluación y el manejo adecuado de las situaciones de emergencia pueden marcar la diferencia en el pronóstico y la recuperación del gato.

## Farmacología en animales de compañía: Manejo de medicamentos. Grupos terapéuticos más utilizados en clínica. Reacciones adversas y efectos secundarios



Guerrero Echegaray, Ana Jacqueline<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Médico Veterinario Zootecnista

La Dra. Ana Jacqueline Guerrero Echegaray recibe su título como Médico Veterinario Zootecnista en la Universidad Central del Ecuador en el año 2015, como parte de su preparación participó del Seminario Taller en Ecografía en Pequeños Animales y Caballos, Conferencia Magistral del Plan Nacional Apícola de Agrocalidad, curso Internacional de Anestesiología dictado por FIAVAC AMVEPE, curso de Primeros Auxilios y atención al paciente en la comunidad, entre otros. Ha prestado servicios profesionales en la Clínica Veterinaria Animal Fan, Clínica Veterinaria Full Mascotas, y Clínica Veterinaria Animanía, de la cual es Propietaria

### RESUMEN

La farmacología veterinaria desempeña un papel fundamental en el tratamiento de enfermedades y el manejo del dolor en animales de compañía. Comprender los diferentes grupos terapéuticos y las vías de administración de medicamentos es esencial para garantizar un tratamiento eficaz y seguro. Los medicamentos actúan modificando las funciones vitales de un organismo, y su farmacocinética estudia el proceso desde la administración hasta la excreción. Las vías de administración incluyen la oral, rectal, intravenosa, intramuscular y subcutánea, cada una con ventajas y limitaciones específicas en términos de absorción y rapidez terapéutica. En el manejo del dolor y la anestesia, se utilizan diversos grupos farmacológicos. Los analgésicos y anestésicos se dividen en niveles según su efecto en el sistema nervioso central (SNC). Desde tranquilizantes y sedantes hasta narcóticos y anestesia general, cada nivel de anestesia cumple un propósito específico en la inducción y mantenimiento de la anestesia. Entre los agentes anestésicos inyectables más comunes se encuentran los barbitúricos, los agentes disociativos y los fenoles. Cada uno tiene ventajas y limitaciones en términos de duración de la anestesia, efectos secundarios y costos asociados. La anestesia general inhalatoria es otra opción, utilizando agentes como el isoflurano, sevoflurano y desflurano. Estos agentes son menos hepatotóxicos y proporcionan un despertar rápido y suave, pero requieren equipo especializado y premedicación previa. Además de la anestesia, los antiinflamatorios, reguladores del apetito, medicamentos gastrointestinales y antiinfecciosos son fundamentales en el tratamiento de diversas enfermedades en animales de compañía. Los antiinflamatorios no esteroides (AINEs), los antibióticos y los antiparasitarios son ejemplos de fármacos ampliamente utilizados en la práctica clínica. En conclusión, el manejo de medicamentos en animales de compañía requiere un conocimiento profundo de los diferentes grupos terapéuticos, sus indicaciones y posibles efectos secundarios. Un enfoque integral en la selección y administración de medicamentos es esencial para garantizar el bienestar y la salud de las mascotas.

## Farmacología en animales de producción. Grupos terapéuticos principales. Tiempos de retiro. Cálculos de dosis



Rosero Yáñez, Jéssica Elizabeth<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Médico Veterinario Zootecnista

La Dra. Jéssica Elizabeth Rosero Yáñez recibió su título de Médico Veterinario Zootecnista por la Universidad Central del Ecuador. Se ha desempeñado profesionalmente en el medio de animales de producción, especialmente avícola y ganadero desde los inicios de su carrera profesional, destacándose en su experiencia laboral en empresas como Incubandina S.A a cargo de granjas de producción y levante, Avícola Rosero en donde realizó la implementación de procesos para la obtención de permisos de AGROCALIDAD y Labigen, encargándose de logística y toma de muestras avícolas para procesos de vigilancia sanitaria y diagnóstico en las provincias de Chimborazo y Cotopaxi.

### RESUMEN

La farmacología en animales de producción desempeña un papel crucial en la salud y el bienestar del ganado. Comprender los grupos terapéuticos principales, los tiempos de retiro y los cálculos de dosis es esencial para garantizar un uso seguro y efectivo de los medicamentos en el campo. Los antiparasitarios son fundamentales para el control de parásitos internos y externos en animales de producción. Se utilizan albendazol y fenbendazol por vía oral para la desparasitación interna, con tiempos de retiro de 11 días. La ivermectina, administrada por vía subcutánea, se utiliza para la desparasitación externa, con un tiempo de retiro de 21 días. En cuanto a los antibióticos, se emplean penicilinas, sulfadiazina más trimetopim, tilosina y cefalosporina para tratar diversas enfermedades infecciosas en el ganado. Cada antibiótico tiene una dosis específica y tiempos de retiro tanto para carne como para leche, asegurando la seguridad alimentaria y el bienestar animal. Los antiinflamatorios, tanto esteroidales como no esteroidales, son utilizados para aliviar la inflamación y el dolor en el ganado. La dexametasona y el flunixin son ejemplos de estos fármacos, con dosis y tiempos de retiro específicos para garantizar su efectividad y seguridad. Los suplementos vitamínicos, como el selenio, yodo, fósforo, complejo B y otros, se administran para corregir deficiencias nutricionales y mejorar la salud del ganado. Estos suplementos no tienen tiempos de retiro, lo que los hace ideales para su uso en la fase previa a la reproducción. Además de los antiparasitarios, antibióticos, antiinflamatorios y suplementos vitamínicos, otros fármacos como protectores hepáticos, diuréticos, antihistamínicos y reconstituyentes de flora bacteriana son utilizados en el manejo de diversas condiciones en el ganado. En resumen, el conocimiento de los grupos terapéuticos principales, las dosis recomendadas, los tiempos de retiro y las condiciones de almacenamiento son fundamentales para garantizar un uso seguro y efectivo de los medicamentos en la producción animal, contribuyendo así a la salud y el bienestar del ganado y la seguridad alimentaria.

## BASES INDEXADAS



## BUSCADORES



## PLATAFORMA DE EVALUACIÓN

MIAR

CONECTIVIDAD

REVISTA CIENTÍFICA  
**CONECTIVIDAD**