

FINI BUS

**Revista Científica de
Ingeniería, Industria y
Arquitectura**



Volumen 8, Número 16, Julio - Diciembre 2025
ISSN: 2737-6451



Vol.
8

FINI
BUS



Contenido
Vol. 8, No. 16
Julio - Diciembre, 2025

6

Las revistas científicas como agentes para de democratización del conocimiento.

PScientific journals as agents for the democratization of knowledge

Antonio Zavala-Alcívar

8

Fibras vegetales en bloques de adobe: sistematización de características técnicas y contextos geográficos.

Plant fibers in adobe blocks: systematization of technical characteristics and geographical contexts

Andrea Cristina Goyes-Balladares; Roberto Carlos Moya-Jiménez

19

Influencia en costos de un edificio de diez pisos de hormigón con sistema dual, cambiando el espesor de los muros de corte

Influence on costs of a ten-story concrete building with dual system by changing the thickness of the shear walls

Miguel Ángel Constante-Castro; Erik Gabriel Villavicencio-Cedeño

35

La arquitectura portuaria y su impacto en el desarrollo urbano de las ciudades costeras ecuatorianas. Una revisión narrativa de literatura

Port architecture and its impact on the urban development of Ecuadorian coastal cities. A narrative literature review

Diego Gregorio Zambrano-Arteaga; Adrián Eliceo Reyna-García

47

Infraestructura Urbana y Seguridad Vial en Querétaro

Urban Infrastructure and Road Safety in Querétaro

Paulina Olguín-Ferruzca

53

Incidencia de la morfología urbana en la configuración del sistema de movilidad del casco central de Rocafuerte

Influence of Urban Morphology on the Configuration of the Mobility System in Rocafuerte's Central Core

Yiradel Saltos-Montes; Andrea Bonilla-Ponce; Vania Mora-Albán

60

Protección Jurídica de Bienes Patrimoniales en caso de conflictos armados

Legal Protection of Cultural Property in the Event of Armed Conflicts

Luis Masterrena-Alcívar; Nathaly Montes-Mera; Manuel Barcia-Moreira

69

Elaboración de una Infusión con Base Cáscara de Pitahaya (*Hylocereus undatus*) Deshidratada

*Development of an Infusion Based on Dehydrated Pitahaya (*Hylocereus undatus*) Peel*

Carlos Palacios-Castro; Carmen Vera-Mieles; Alexandra Velásquez-Santos; Lourdes Saltos-Zambrano

77

Análisis de las principales fallas en máquinas cerradoras utilizadas en el sector pesquero

Analysis of the Main Failures in Can Seaming Machines Used in the Fishing Industry

John Toala-Mera; Roberto Delgado-Delgado; Gissella García-Loor

86

Mejoras en la calidad del mantenimiento vehicular empleando herramientas de la Industria 4.0

Improving the quality of vehicle maintenance using Industry 4.0 tools

Juan Carlos Anchundia; Ciaddy Rodríguez-Borges; Jesús Alberto Pérez-Rodríguez

95

Análisis de la distorsión inducida por soldadura y la tensión residual en placas de acero y su efecto en la resistencia al pandeo

Analysis of welding-induced distortion and residual stress in steel plates and their effect on buckling resistance

Erick Salgado-Cedeño; Francisco Paredes-Mera

106

Análisis del contexto para la mejora del Proceso de Vinculación con la Sociedad en la Carrera de Arquitectura de la Universidad Técnica de Manabí

Analysis of the Context for Improving the Community Engagement Process in the Architecture Program at the Technical University of Manabí

Olga Briones-Ordoñez; Ciaddy Rodríguez-Borges

119

Análisis comparativo de competencias emprendedoras según género en estudiantes universitarios de carreras de Ingeniería, Industria y Construcción.

Comparative Analysis of Entrepreneurial Competencies by Gender in University Students of Engineering, Industry, and Construction Fields

Lindsay Rangel-Anchundia; Noemí Peña-Miguel; Lázaro Echegaray Eizaguirre

Editorial

Las revistas científicas como agentes para de democratización del conocimiento

Scientific journals as agents for the democratization of knowledge

Antonio Zavala-Alcívar ^[1] 



[1] Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Manta, Ecuador.

Autor para correspondencia: antonio.zavala@uleam.edu.ec

En el marco de la sociedad contemporánea del conocimiento, caracterizada por la velocidad del cambio, complejidad de disrupciones globales y toma de decisiones basadas en evidencia científica, la ciencia se ha reafirmado como motor de soluciones transformadoras de la sociedad. Pero esta transformación solo es posible cuando el conocimiento científico generado no permanece en espacios cerrados, sino que se comparte, aplica y se mejora. Este conocimiento, entendido como un bien público global, alcanza el proceso transformador cuando circula fuera del entorno académico, y permite conectar con los desafíos reales de la sociedad. En este sentido, las revistas científicas cumplen su rol protagónico como agentes de democratización del conocimiento.

Históricamente, las revistas científicas han sido pilares para el avance del conocimiento, garantizando la calidad metodológica, certificando la autoría, y fomentando el diálogo entre pares especialistas. Las revistas desempeñan un papel primordial en este ecosistema, al constituirse como la plataforma para la validación, preservación y difusión de la investigación académica. Su contribución al conocimiento científico no es discutible, han pasado de ser simples repositorios de publicaciones, a constituirse en infraestructuras críticas de la ciencia, tecnología e innovación.

No obstante, el impacto efectivo de las revistas científicas depende por completo de la capacidad de ser accesible, útiles y epistemológicamente inclusivas. Su arquitectura tradicional de difusión, caracterizada por la exclusión de públicos no especializados, se ha convertido en una barrera persistente. Las revistas científicas deben ser plataformas de movilización de conocimiento orientadas al beneficio colectivo, e integrando tres dimensiones fundamentales: 1) acceso abierto y multiformato; 2) conexión con políticas públicas y actores sociales reales; y 3) innovación editorial con inclusión saberes.

In the context of the contemporary knowledge society, characterized by rapid change, the complexity of global disruptions and decision-making based on scientific evidence, science has reaffirmed itself as the driving force behind solutions that transform society. But this transformation is only possible when the scientific knowledge generated does not remain in closed spaces, but is shared, applied and improved. This knowledge, understood as a global public good, achieves the transformative process when it circulates outside the academic environment, and makes it possible to connect with the real challenges of society. In this sense, scientific journals fulfill their leading role as agents for the democratization of knowledge.

Historically, scientific journals have been pillars for the advancement of knowledge, guaranteeing methodological quality, certifying authorship, and fostering dialogue between peer specialists. Journals play an essential role in this ecosystem, constituting the platform for the validation, preservation and dissemination of academic research. Their contribution to scientific knowledge is not debatable; they have gone from being simple repositories of publications to become critical infrastructures of science, technology and innovation.

However, the effective impact of scientific journals depends entirely on their ability to be accessible, useful and epistemologically inclusive. Their traditional dissemination architecture, characterized by the exclusion of non-specialized audiences, has become a persistent barrier. Scientific journals should be platforms for knowledge mobilization oriented to collective benefit, and integrating three fundamental dimensions: 1) open access and multiformat; 2) connection with public policies and real social actors; and 3) editorial innovation with knowledge inclusion.

El acceso abierto es necesario, pero no suficiente. Es imperativo de las revistas crear canales complementarios accesibles que permitan la apropiación social del conocimiento sin comprometer su integridad científica. Es necesario incluir implicaciones prácticas orientadas al fomento de la política pública, aplicaciones tecnológicas e impacto territorial que potencialice la sinergia entre el conocimiento generado y las necesidades estructurales reales de la sociedad. Pero esta democratización del conocimiento, también implica que se promuevan investigaciones con pertinencia local, un enfoque interdisciplinario e inclusión de problemáticas y saberes regionales.

Es este escenario, la Revista Científica *FINIBUS*, editada por la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, es un ejemplo de compromiso con estos principios. Su política de acceso abierto, su enfoque en áreas técnicas de alto impacto como la ingeniería, la industria, la arquitectura y la planificación territorial, y su orientación hacia la transferencia de conocimiento aplicado, permiten consolidar un espacio editorial alineado con las demandas de la ciencia y la región.

Hoy más que nunca, las Revista Científica *FINIBUS* tienen la oportunidad y la responsabilidad de actuar como ese puente entre el conocimiento especializado y las demandas regionales. En ese camino, *FINIBUS* debe consolidarse como una revista de alta calidad científica, y un instrumento efectivo de democratización del conocimiento al servicio de la región.

El reto es grande. Pero también lo es la oportunidad.

Open access is necessary, but not sufficient. It is imperative for journals to create complementary accessible channels that allow the social appropriation of knowledge without compromising its scientific integrity. It is necessary to include practical implications oriented to the promotion of public policy, technological applications and territorial impact that potentiate the synergy between the knowledge generated and the real structural needs of society. But this democratization of knowledge also implies the promotion of research with local relevance, an interdisciplinary approach and the inclusion of regional problems and knowledge.

In this scenario, the FINIBUS Scientific Journal, published by the Faculty of Engineering, Industry and Architecture of the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, is an example of commitment to these principles. Its open access policy, its focus on high impact technical areas such as engineering, industry, architecture and territorial planning, and its orientation towards the transfer of applied knowledge, allow the consolidation of an editorial space aligned with the demands of science and the region.

Today more than ever, the FINIBUS Scientific Journal has the opportunity and the responsibility to act as a bridge between specialized knowledge and regional demands. On this path, FINIBUS must consolidate itself as a journal of high scientific quality, and an effective instrument for the democratization of knowledge at the service of the region.

The challenge is great. But so is the opportunity.

Artículo de revisión

Fibras vegetales en bloques de adobe: sistematización de características técnicas y contextos geográficos

Andrea Cristina Goyes-Balladares^[1]  Roberto Carlos Moya-Jiménez^[1] 

[1] Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universitat Politècnica de València (UPV). Valencia, España.

[2] Facultad de Diseño y Arquitectura. Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE). Universidad Técnica de Ambato (UTA). Ambato, Ecuador



Autor para correspondencia: agoybal@upv.edu.es

Resumen

El uso de fibras vegetales en la fabricación de bloques de adobe representa una estrategia sostenible para mejorar las propiedades mecánicas y físicas de este material tradicional. Con el objetivo de sistematizar las características técnicas documentadas, este estudio presenta un caso de estudio basado en quince investigaciones experimentales sobre la incorporación de fibras naturales en bloques de adobe. La metodología empleada consistió en la recopilación y organización de variables como dimensiones de los bloques, tipos y porcentajes de dosificación, ensayos aplicados y limitaciones reportadas. Los resultados evidenciaron que las fibras más utilizadas fueron la paja, cabuya, agave, bambú, palma y cáñamo, destacando mejoras en la resistencia a la compresión, flexión y absorción de agua. Asimismo, se observó que propiedades como la conductividad térmica y la durabilidad frente a la humedad fueron menos exploradas. La procedencia geográfica de los estudios analizados refleja la adaptación de estas técnicas a contextos locales, aprovechando recursos disponibles en regiones de América Latina, Europa, Asia y África. Como conclusión, la sistematización realizada aporta una visión integral sobre el comportamiento técnico del adobe reforzado con fibras vegetales, identificando tanto su potencial en la construcción sostenible como las principales limitaciones asociadas, especialmente en relación con la humedad y la falta de estandarización. Este trabajo ofrece una base útil para futuras investigaciones orientadas a optimizar el uso de materiales naturales en la edificación, promoviendo soluciones constructivas eficientes y adaptadas a las condiciones locales.

Palabras Clave: *adobe; fibras vegetales; tecnologías de la construcción; sostenibilidad.*

Review

Plant fibers in adobe blocks: systematization of technical characteristics and geographical contexts

Abstract

The use of plant fibers in the manufacture of adobe blocks represents a sustainable strategy for improving the mechanical and physical properties of this traditional material. With the aim of systematizing the documented technical characteristics, this study presents a case study based on fifteen experimental investigations on the incorporation of natural fibers into adobe blocks. The methodology employed consisted of the compilation and organization of variables such as block dimensions, dosage types and percentages, tests performed, and reported limitations. The results showed that the most commonly used fibers were straw, cabuya, agave, bamboo, palm, and hemp, highlighting improvements in compressive strength, flexural strength, and water absorption. Likewise, it was observed that properties such as thermal conductivity and durability against moisture were less explored. The geographical origin of the analyzed studies reflects the adaptation of these techniques to local contexts, taking advantage of resources available in regions of Latin America, Europe, Asia, and Africa. In conclusion, the systematization conducted provides a comprehensive view of the technical behavior of plant fiber-reinforced adobe, identifying both its potential for sustainable construction and its main associated limitations, particularly in relation to moisture and lack of standardization. This work provides a useful basis for future research aimed at optimizing the use of natural materials in construction, promoting efficient construction solutions adapted to local conditions.

Keywords: *adobe; plant fibers; construction technologies; sustainability.*

1. Introducción

El adobe, constituido principalmente por una matriz de barro combinada con fibras vegetales como la paja y otros agregados naturales, se ha consolidado como un material fundamental en la construcción, gracias a su bajo costo y la simplicidad inherente de su fabricación (Dominguez-Santos & Moya Bravo, 2022; Franco Miguel et al., 2022; Mostafa & Uddin, 2016). Desde épocas remotas, las civilizaciones han aprovechado los recursos naturales disponibles en su entorno inmediato, destacando especialmente el uso de materiales de origen biológico como componentes esenciales en la edificación (Pinta Soto, 2022).

Históricamente, las fibras naturales han demostrado ser una solución eficiente para contrarrestar las limitaciones intrínsecas del adobe, como su baja resistencia a la compresión y la formación de fisuras estructurales (Balila & Vahdati, 2024; López et al., 2019). La incorporación de fibras en la matriz de barro varía según la disponibilidad local de recursos, abarcando desde hojas de plantas como la cabuya y el sisal, hasta fibras provenientes de cáscaras de frutas como la piña, el plátano o el coco. Estas fibras, según (Eslami et al., 2022), no solo incrementan la estabilidad estructural del adobe, sino que también reducen su densidad y contribuyen a minimizar su impacto ambiental, posicionándolo como un material sostenible y eficiente para la construcción contemporánea.

El uso de materiales de origen natural, además de ser una opción sostenible, responde a la necesidad de mitigar los efectos adversos generados por los materiales industrializados, como la alta huella de carbono, la toxicidad y la degradación ambiental. Su biodegradabilidad, carácter renovable y la disponibilidad local no solo contribuyen a la reducción de costos en la fabricación, sino que también garantizan un menor impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida del material, posicionándolos como alternativas viables en el diseño y producción de materiales de la construcción (Jani et al., 2009; Mellaikhafi et al., 2022).

La incorporación de fibras vegetales en el adobe aporta beneficios significativos en términos de rendimiento mecánico y térmico, mejorando propiedades como la resistencia a la compresión, la durabilidad y la capacidad de aislamiento. Sin embargo, para lograr estas mejoras, es esencial establecer proporciones óptimas de las fibras incorporadas, ya que un exceso puede generar efectos contraproducentes, como una disminución en la cohesión estructural o una mayor susceptibilidad a fracturas (Serebe et al., 2024).

Calatan et al. (2016), mencionan que la formulación ideal para una mezcla de adobe incluye entre un 9 % y un 10 % de contenido de arcilla, complementado con un 30 % a 40 % de

paja, lo que resulta en una notable mejora tanto en la resistencia mecánica como en la plasticidad del material.

Por otro lado, investigaciones recientes han resaltado la eficacia de fibras específicas, como el bagazo de agave, las cuales contribuyen significativamente a incrementar la resistencia a la compresión (Caballero-Caballero et al., 2018). Mostafa & Uddin (2016) demostraron que la incorporación de fibras vegetales en la mezcla de adobe contribuye significativamente a mejorar su resistencia a la tracción y compresión, gracias a la formación de una matriz isotrópica. Esta estructura homogénea se logra mediante la interacción entre los componentes del suelo y una red tridimensional formada por las fibras, lo que optimiza las propiedades mecánicas del material. Entre los casos más relevantes se encuentra el uso del bagazo de agave *Angustifolia*, que al añadirse en una proporción del 1,0 % con una longitud de 25 mm, incrementa notablemente la resistencia a la compresión de la mampostería de adobe (Caballero-Caballero et al., 2018). No obstante, este refuerzo presenta un efecto limitado en la resistencia a la flexión, con un incremento del 7,01 %, lo que resalta la importancia de mantener proporciones adecuadas en la adición de fibras.

Por su parte, Acosta Bustamante & Cruz Alvis (2024) sostienen que el añadido de fibra de caña de azúcar al 5% al adobe, evidencia un incremento del 29.68% en la resistencia a compresión, un aumento del 19.04% en la resistencia a tracción, una mejora del 67.48% en la resistencia a compresión de muretes, y un incremento del 65.33% en la resistencia a compresión diagonal de muretes. A su vez, Espinoza-Sanchez (2024) manifiesta que el adobe muestra una mayor resistencia a la compresión a medida que se incrementa el porcentaje de fibras de agave añadidas. Mientras que el adobe convencional con paja alcanza una resistencia de 25 kg/cm², al incorporar hasta un 1.50% de fibras de agave, la resistencia se incrementa a 30.13 kg/cm², lo que representa un aumento del 20.54% en comparación con el adobe tradicional.

Falen-Loconi & Garcia-Leon (2024) concluyen que la adición de un 1.5% de aserrín combinada con porcentajes de 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3.0% de fibra de cabuya mejora de manera significativa las propiedades físicas y mecánicas del adobe. El mejor desempeño se obtiene con la mezcla de 1.5% de aserrín y 2.0% de fibra de cabuya, logrando valores de resistencia de 9.60 kg/cm² en pilas, 0.79 kg/cm² en muretes, 6.96 kg/cm² en tenacidad a la flexión y 21.94 kg/cm² en compresión de cubos. Al comparar el uso de fibras de ichu y pino, Vasquez-Vasquez et al. (2023) sostiene que la resistencia a la compresión obtenida al utilizar fibra de ichu es un 16,61% mayor en comparación con la fibra de pino al 2,5% de incorporación. Además, supera en un 18,69% la resistencia obtenida con un 5% de fibra de pino y en un 32,28% cuando el nivel de fibra de pino alcanza el 7%. En cuanto a la evaluación mecánica de la flexión, la fibra de ichu

al 2.5% presenta una resistencia de 33.02 kg/cm², lo que representa un desempeño superior frente a la fibra de pino, cuyos valores de resistencia son de 27.07 kg/cm², 25,20 kg/cm² y 26,00 kg/cm² para niveles de 2,5%, 5% y 7%, respectivamente.

La optimización del desempeño del adobe mediante fibras naturales también se evidencia en la mejora de la tenacidad a la flexión y la resistencia al impacto, como lo indica la incorporación de un 0,5 % de fibras con longitudes de 7 mm (Serebe et al., 2024). Este ajuste no solo incrementa la capacidad del material para resistir cargas dinámicas, sino que también mejora su comportamiento frente a la formación de grietas. El uso de materiales naturales como estos no solo promueve la sostenibilidad gracias a su biodegradabilidad y carácter renovable, sino que también aprovecha recursos locales que garantizan su disponibilidad y accesibilidad. Además, este enfoque permite conservar técnicas tradicionales y ofrece una alternativa viable frente a la creciente industrialización de materiales de construcción (Minke, 2001). Estas características refuerzan la relevancia de los materiales naturales como una opción eficiente y sostenible en el sector de la construcción.

Esta investigación no evalúa la eficacia del refuerzo del adobe, sino que sistematiza y compara las características técnicas de estudios experimentales sobre la incorporación de fibras vegetales. Mediante el análisis de dimensiones, dosificación, porcentajes, ensayos y limitaciones, junto al contexto geográfico, se ofrece una visión estructurada del conocimiento actual. El objetivo es proporcionar una base organizada y comparativa que contribuya a futuras investigaciones orientadas a la formulación de criterios técnicos y al desarrollo de soluciones sostenibles adaptadas a distintos entornos.

2. Metodología

Esta investigación siguió un enfoque cualitativo descriptivo-comparativo, utilizando el estudio de casos múltiples para sistematizar y comparar características técnicas de estudios sobre la incorporación de fibras vegetales en bloques de adobe. Se seleccionaron quince casos de la literatura científica, superando el rango habitual de trabajos similares, con el fin de abarcar una mayor diversidad de fibras, dosificaciones, ensayos y contextos geográficos. Esta amplitud permitió identificar patrones comunes, variaciones significativas y ofrecer una base sólida para futuras investigaciones en diseño sostenible de materiales constructivos.

La selección y tratamiento de los casos se realizó siguiendo cuatro etapas:

1. Criterios de inclusión y exclusión: Se consideraron estudios publicados en los últimos quince años, incluyendo artículos indexados en bases como *Scopus*, *Web of Science*

y *Google Scholar*, así como trabajos de titulación de las áreas de ingeniería civil y arquitectura. Todos los estudios debían contener resultados cuantitativos derivados de ensayos experimentales aplicados a bloques de adobe con incorporación de fibras vegetales. Se excluyeron aquellos trabajos que no abordaran directamente esta temática o que carecieran de información técnica suficiente para su análisis comparativo.

2. Parámetros de selección de casos: Se incluyeron investigaciones que cumplieran con:

- Tamaño de muestra representativo y datos cuantitativos claros;
- Diversidad geográfica, priorizando estudios de América Latina, Europa, Asia y Norteamérica, para reflejar variaciones técnicas asociadas a condiciones climáticas y disponibilidad de materiales;
- Evaluación de propiedades físicas y mecánicas, especificando procedimientos experimentales y normativas aplicadas.

El proceso de identificación, selección y evaluación de los estudios incluidos en esta investigación se sistematizó mediante el diagrama de flujo PRISMA 2020, tal como se muestra en la **Figura 1**.

Inicialmente, se identificaron 60 registros a través de bases de datos académicas y búsquedas por citas. Tras la eliminación de 8 registros duplicados y 10 exclusiones por motivos temáticos o técnicos, se sometieron a evaluación 52 estudios únicos. De estos, 30 fueron descartados durante la revisión inicial por no cumplir con los criterios básicos de inclusión. Los 22 estudios restantes fueron evaluados en su versión completa, y 7 de ellos fueron excluidos por razones como la falta de datos cuantitativos, ausencia de fibras vegetales en el material estudiado o deficiencias metodológicas en los ensayos. Finalmente, 15 estudios fueron incluidos para la sistematización y análisis comparativo. Este proceso permitió garantizar la transparencia, trazabilidad y rigurosidad metodológica del corpus de estudios analizados.

3. Sistematización de datos: La información recopilada fue organizada en tablas comparativas y figuras resumen, considerando variables como dimensiones de los bloques, tipos de dosificación, proporciones utilizadas, ensayos aplicados, limitaciones reportadas y procedencia geográfica. Este proceso facilitó la clasificación de los casos según criterios técnicos comunes y permitió reconocer tendencias metodológicas, materiales predominantes y patrones de aplicación.

4. Análisis comparativo: Se realizaron comparaciones entre casos con características técnicas similares para evaluar las variaciones metodológicas, constructivas o contextuales. Asimismo, se identificaron las relaciones

entre el tipo de fibra utilizada, las propiedades evaluadas y las condiciones de fabricación, reconociendo fortalezas y vacíos en la documentación técnica, así como

oportunidades para profundizar en líneas de investigación aún poco exploradas, como la durabilidad a largo plazo o la estandarización de métodos de ensayo.

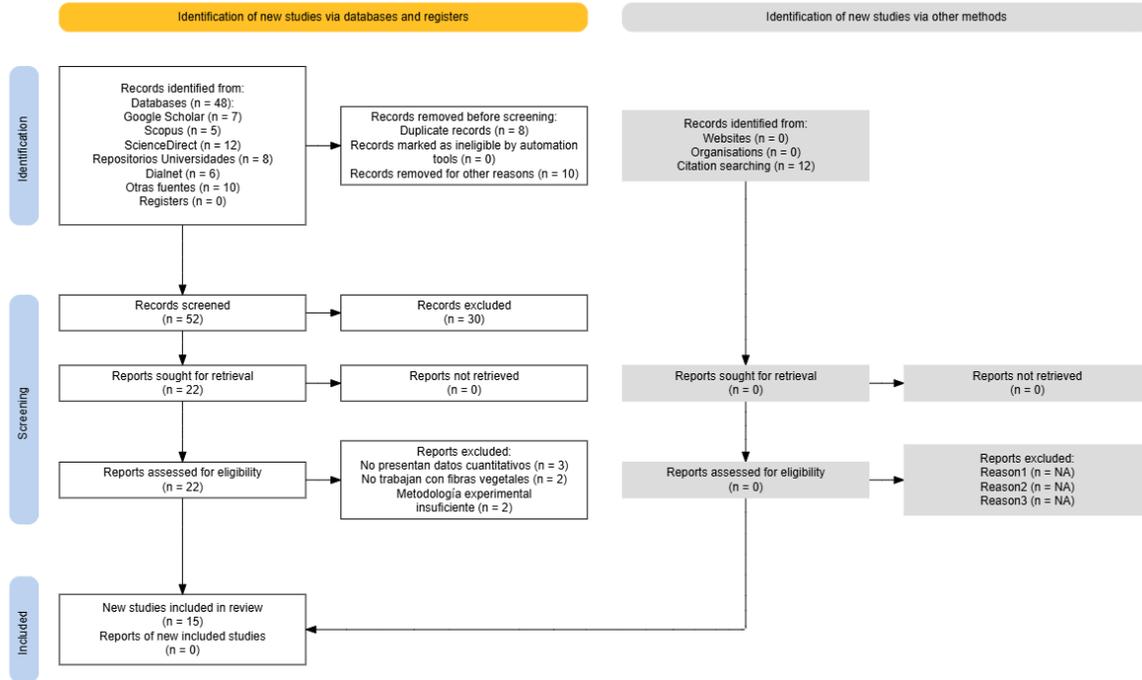


Figura 1: Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de identificación, selección y evaluación de estudios sobre la incorporación de fibras vegetales en bloques de adobe.

3. Resultados

3.1 Fibras y propiedades

Se registraron quince tipos de fibras vegetales o sus derivados utilizados como refuerzo en la matriz tradicional de bloques de adobe. Entre ellos se encuentran la fibra de coco, cabuya, agave, paja (incluida la paja de cebada),

cañamo, palma, acículas de pino, fibras provenientes de cáscara de banana y de piña, así como fibras de caña de azúcar, bambú, yute y tatora. La **Figura 2** presenta estas quince fibras incorporadas en los distintos estudios revisados, junto con la puntuación asignada en función del nivel de mejora técnica destacada en las propiedades del adobe.

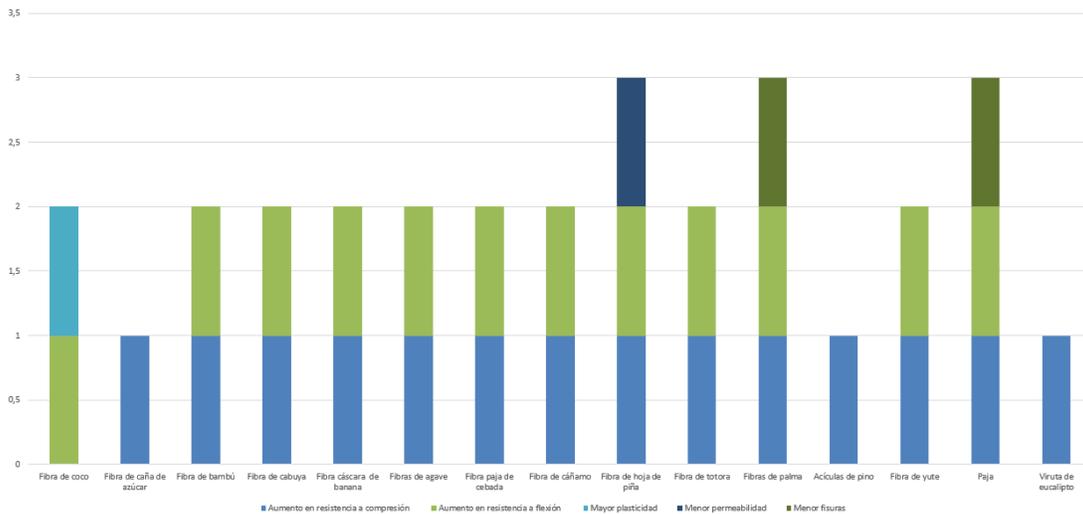


Figura 2: Fibras añadidas a la matriz de adobe y propiedades mejoradas.

Las fibras de hoja de piña (Fernández & Flores, 2021), fibra de palma (Oskouei et al., 2017) y paja (Calatan et al., 2016; Llumitasis Chicaiza & Siza Salazar, 2017; Montenegro Echeverría, 2019; Oskouei et al., 2017; Parisi et al., 2015; Patnaik et al., 2019) alcanzaron el puntaje máximo de 3, destacándose como los materiales más versátiles, ya que mejoran tanto la resistencia a compresión y flexión como otras características como reducción de fisuras o mayor plasticidad.

Componentes como la fibra de bambú (Del Rio Marino, 2022), fibra de cabuya (López et al., 2019; Montenegro Echeverría, 2019) fibra de cáscara de banana (Mostafa & Uddin, 2016), fibra de agave (Caballero-Caballero et al., 2018), fibra de cebada (Laborel-Préneron et al., 2017), fibra de cañamo (Calatan et al., 2016; Laborel-Préneron et al., 2017), fibra de totora (Laime Ancalle, 2020), fibra de yute (Sanchez Guevara, 2023), logrando 2 puntos, principalmente por su capacidad para mejorar las propiedades mecánicas como ,mayor resistencia a compresión y flexión. De la misma manera la fibra de coco (Giraldelli et al., 2021; Ticona, 2020) obtuvo una puntuación de 2 puntos mejorando la resistencia a esfuerzos de flexión y una mayor plasticidad.

Por otro lado, materiales como la fibra de caña de azúcar (Herrera & Nuñez, 2021), acículas de pino (Jové-Sandoval et al., 2018) y viruta de eucalipto (Márquez Domínguez, 2018), obtuvieron solo 1 punto relacionado directamente con el aumento de resistencia a la compresión, siendo menos versátiles y limitados en su aporte a propiedades específicas. Este resultado puede indicar su uso más especializado o complementario en lugar de como componentes principales en aplicaciones donde se requiere una mejora en más propiedades.

Es importante mencionar que la utilización de la paja en 6 estudios, siendo el componente lignocelulósico más utilizado para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del adobe. Este subproducto agroindustrial, proveniente del procesamiento de cereales como el trigo, la cebada y la avena, se genera a partir de los tallos residuales que quedan tras la cosecha. El trigo, uno de los principales cultivos a nivel mundial, ocupa el tercer lugar en términos de producción global, después del arroz y el maíz. Su paja presenta una morfología tubular hueca, característica que favorece su desempeño estructural en aplicaciones de construcción sostenible. Por otro lado, la cebada, conocida por su adaptabilidad a entornos climáticos extremos, incluyendo zonas montañosas y tropicales, y la avena, que prospera en regiones templadas y frías, ofrecen propiedades complementarias que amplían la aplicabilidad de la paja en contextos agroclimáticos diversos (Laborel-Préneron et al., 2016)

Dentro del análisis, las fibras vegetales clasificadas como componentes leñosos, como las virutas de eucalipto,

demonstraron un destacado potencial para mejorar la resistencia a la compresión en bloques de adobe. Este comportamiento refleja las propiedades intrínsecas de su estructura celular y su capacidad para reforzar la matriz del material base (Lawrence et al., 2009).

Cada tipo de fibra vegetal contribuye a mejorar distintas propiedades del adobe. Se identifican cinco variables técnicas, de las cuales destacan dos como las más recurrentes: el aumento en la resistencia a la compresión (línea azul oscuro) y el aumento en la resistencia a la flexión (línea roja).

Las fibras con mejor comportamiento global son la fibra de hoja de piña, fibra de palma y la paja, que aparecen asociadas simultáneamente a tres propiedades clave. Estas fibras no solo refuerzan las capacidades mecánicas (compresión y flexión), sino que también contribuyen a la reducción de fisuras, lo cual evidencia su versatilidad y rendimiento integral.

Un segundo grupo de fibras, como la fibra de bambú, cabuya, cáscara de banana, agave, paja de cebada, cañamo, totora y yute, muestran mejoras tanto en compresión como en flexión, aunque no se asocian a mejoras adicionales como menor fisuración o plasticidad, lo que las ubica en una categoría intermedia de efectividad.

Por otro lado, fibras como la fibra de coco presentan un patrón particular, ya que no contribuyen a la resistencia a la compresión, pero sí mejoran la flexión y aportan a una mayor plasticidad. Este comportamiento sugiere que su incorporación podría ser más útil en contextos donde se busca flexibilidad del material sin requerir altas exigencias estructurales. Finalmente, se observan componentes de efecto limitado, como la fibra de caña de azúcar, acículas de pino y viruta de eucalipto, que se vinculan únicamente con la mejora en resistencia a la compresión. Esto indica que, si bien pueden aportar al refuerzo del adobe, su efecto es más específico y focalizado, lo que restringe su aplicación en soluciones donde se demanda un mejoramiento multidimensional del material.

3.2 Componente añadido, bloque y dosificación

El análisis de los estudios revisados evidencia una amplia variedad en las características técnicas de los bloques de adobe reforzados con fibras vegetales, reflejando enfoques diversos en cuanto a dimensiones, métodos de dosificación, tipos de pruebas aplicadas y contextos de ejecución. Esta diversidad no solo responde a metas estructurales o de desempeño, sino también a la adaptación a los recursos disponibles y a las tradiciones constructivas de cada región. Las dimensiones de los bloques varían significativamente, desde prototipos reducidos diseñados para pruebas controladas en laboratorio hasta piezas de mayor tamaño orientadas a aplicaciones prácticas en obra. Las

metodologías de dosificación, por su parte, fluctúan entre criterios basados en peso o volumen, ajustándose al tipo de fibra utilizada y al grado de estabilización requerido, con el objetivo de optimizar aspectos como la resistencia mecánica, el comportamiento frente a la humedad y el aislamiento térmico. La **Tabla 1** recoge de manera sistemática estos aspectos, ofreciendo un panorama comparativo de las soluciones y configuraciones técnicas empleadas en los distintos estudios.

La información revela una amplia diversidad en las características técnicas y metodológicas de los estudios analizados que incorporan fibras vegetales en bloques de adobe. Uno de los primeros aspectos que destaca es la variabilidad en las dimensiones de los bloques evaluados. Estas van desde formatos compactos utilizados principalmente en ensayos de laboratorio, como cilindros de 5 cm de diámetro por 10 cm de altura o bloques cúbicos de 5x5x5 cm, hasta unidades de mayor escala como los bloques de 40x20x10 cm, más cercanos a aplicaciones constructivas reales. Esta variación responde a diferentes objetivos experimentales: los bloques pequeños permiten una manipulación más precisa en laboratorio y requieren menos material, facilitando estudios comparativos rápidos, mientras que los bloques de gran tamaño buscan evaluar el desempeño estructural en condiciones de uso final, considerando parámetros como resistencia continua, menor número de uniones y comportamiento global en obra.

Las estrategias de dosificación analizadas muestran que el método más común es el basado en peso seco de la tierra, aplicado a la mayoría de las fibras como caña de azúcar, bambú, cabuya, paja de cebada, hoja de piña, totora, yute, viruta de eucalipto, así como parte del cáñamo y coco. Este método permite ajustar con precisión el contenido de fibra y comparar propiedades mecánicas entre estudios. Por ejemplo, la fibra de coco se dosifica entre 5% y 10%, mejorando la cohesión y la resistencia a tracción, mientras que la cabuya se emplea entre 1.5% y 2.5% para mantener una buena integración sin comprometer la densidad. La fibra de bambú presenta proporciones más amplias (4% a 8%), reflejando procesos de ajuste según el contexto.

Por otro lado, la dosificación por volumen se aplica en materiales como las acículas de pino (1:3 fibra-tierra), buscando una distribución homogénea, y en la paja, con porcentajes de hasta 60% orientados a mejorar el aislamiento térmico y acústico, aunque con el riesgo de afectar la resistencia si no se estabiliza adecuadamente.

También se identificaron métodos intermedios, como el uso del peso unitario del bloque (fibra de coco) y combinaciones de peso seco con estabilización en cemento en el caso del cáñamo, donde se emplean proporciones de fibra entre 0.5% y 2% junto con un 3.5% de cemento, priorizando la

resistencia mecánica a costa de un mayor impacto económico y ambiental.

3.3 Componente añadido y tipos de ensayos

Se registraron 28 tipos de ensayos en los estudios analizados, enfocados en evaluar las propiedades físicas, mecánicas, térmicas y de durabilidad de los bloques de adobe reforzados con fibras vegetales. Los más recurrentes fueron el análisis granulométrico del suelo (1) y la determinación de los límites de Atterberg (2), esenciales para caracterizar la composición y plasticidad del material. También se aplicaron observaciones de retracción (3) y pruebas de consumo de agua y trabajabilidad (4) para evaluar el comportamiento de la mezcla fresca.

En cuanto a propiedades mecánicas, destacaron los ensayos de resistencia a la compresión (5), tracción indirecta (6) y flexión (7). La relación del material con la humedad fue abordada mediante los ensayos de absorción de agua (8), contenido de humedad (10), durabilidad contra el agua (24), comportamiento frente al agua (26) y resistencia al agua (28). Otros ensayos relevantes incluyeron la relación de vacíos (9), compactación (11), conductividad térmica (12), retracción axial (13) y densidad aparente (14). Se incorporaron pruebas avanzadas como compresión axial (15), compresión diagonal (16), tracción de la fibra (17), ensayos en mesa vibratoria (18), aplastamiento (19), humedad óptima (20), análisis químico del suelo (21) y curvas de tensión-deformación (22).

Finalmente, se realizaron observaciones de grietas (23), y ensayos de ductilidad y adherencia (25) y flexión de tres puntos (27), enfocados en evaluar la resistencia del material frente a deformaciones y cargas específicas. Esta variedad de ensayos permitió una caracterización integral del adobe reforzado, con énfasis en su desempeño mecánico y su comportamiento ante la humedad.

Con respecto a los ensayos realizados, se evidencia una clara concentración en pruebas mecánicas, particularmente en el ensayo de resistencia a la compresión (5), que se presenta como el más común. Este resultado responde a la necesidad de validar el desempeño estructural básico del bloque de tierra estabilizado, especialmente en construcciones portantes o sometidas a carga.

Le siguen en frecuencia los ensayos de resistencia a la flexión (7), relevantes para analizar el comportamiento del bloque ante esfuerzos indirectos o distribuidos, particularmente cuando se emplean fibras que aportan cierta flexibilidad, como paja, agave o yute. En tercer lugar, se encuentran los ensayos de absorción de agua (8), fundamentales para determinar la resistencia del bloque frente a la humedad, un aspecto crítico en regiones con climas tropicales o alta pluviosidad.

Tabla 1: Especificaciones técnicas de bloques de adobe con incorporación de fibras vegetales en estudios experimentales.

Componente añadido	Dimensiones del bloque (cm)	Tipo de dosificación	Dosificación	Tipo de ensayo	Limitaciones	Ciudad/ País	Fuente
Fibra de coco	40x15x10	Peso seco de tierra	5%, 10%	1, 2, 3, 4	a, b, g	Brasil	(Giraldelli et al., 2021)
	30x15x10	Peso unitario del bloque	0.5%, 1.0%, 2.0%	5, 6, 7, 8	b, a, u, c	Puno, Perú	(Ticona, 2020)
Fibra de caña de azúcar	40x20x10	Peso seco de tierra	5.88%, 11.76%	1, 5, 8, 9, 10	e, f, g	Cajamarca, Perú	(Herrera & Nuñez, 2021)
Fibra de bambú	32x16x8	Peso seco de tierra	4%, 6%, 8%	1, 2, 5, 7, 8, 10	b, g, a	Huancavelica, Perú	(Del Rio Marino, 2022)
Fibra de cabuya	29.2x15.4x8.4	Peso de tierra seca	1.5%, 1.75%, 2%, 2.5%	1, 2, 5, 7, 17	i, j, d	Apurímac, Perú	(López et al., 2019)
	40x10x10	Peso de tierra seca	20%, 30%, 50%	1, 2, 5, 10, 11	b, e	Imbabura, Ecuador	(Montenegro Echeverría, 2019)
Fibras de agave	29.2x15.4x8.4	Peso de tierra seca	0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.0%	1, 5, 7, 20, 21	k, l, g, m	Oaxaca, México	(Caballero-Caballero et al., 2018)
Fibra de banana	24x 12x 9 12x12x9	Peso en relación con el cemento	5%	5, 7	n, o	Alabama, Estados Unidos	(Mostafa & Uddin, 2016)
Paja de cebada	Cilindros de 5cm diámetro y 10 cm de altura	Peso seco de tierra	3%, 6%	5, 13, 14	p, q	Toulouse, Francia	(Laborel-Préneron et al., 2017)
Fibras de cañamo	16x4x4 30x30x4	Volumen de la mezcla de tierra	3%, 9%, 10%, 15%	5, 7, 12, 13, 14, 23	b, n, z	Cluj-Napoca, Rumanía	(Calatan et al., 2016)
	Cilindros de 5cm diámetro y 10 cm de altura	Peso seco de tierra	3%, 6%	5, 13, 14	p, q, s, t	Toulouse, Francia	(Laborel-Préneron et al., 2017)
Fibras de hoja de piña	24x12x10	Peso seco de tierra	1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%	7, 8, 15, 16	b, p, u, v	Churcampá, Perú	(Fernández & Flores, 2021)
Fibra de Totora	30x15x10	Peso seco de tierra	1.5%, 3%, 4.5%	5, 7, 8	b,h	Puno, Perú	(Laime Ancalle, 2020)
Fibras de palma	22x22x7 22x11x7	Peso de mezcla	0.3%, 0.6%, 0.9%	5, 6, 24	w, x, y	Teherán, Irán	(Oskouei et al., 2017)
Acúculas de pino	29x14x10	Volumen	1 volumen de fibra por 3 volúmenes de suelo	5, 7, 22, 25, 26	g, l, z, v, ab, ac	Valladolid, España	(Jové-Sandoval et al., 2018)
Fibra de Yute	35x15x10	Peso seco de tierra	0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%	7, 8, 15, 16	g, i, j	Pimentel, Perú	(Sanchez Guevara, 2023)
Paja	16x4x4 30x30x4	Volumen de la mezcla de tierra	10%, 30%, 40%, 60%	5, 7, 12, 13, 14	ad, z, ae, af	Cluj-Napoca, Rumanía	(Calatan et al., 2016)
	30x15x10	Peso seco de tierra	3%	5, 18	k, af	Ambato, Ecuador	(Llunitasig Chicaiza & Siza Salazar, 2017)
	30x15x10	Peso seco de tierra	20%, 30%, 50%	1, 2, 5, 19, 24	p, ag	Imbabura, Ecuador	(Montenegro Echeverría, 2019)
	22x22x7 22x11x7	Peso de mezcla	0.3%, 0.6%, 0.9%	5, 6, 24	w, x, y	Teherán, Irán	(Oskouei et al., 2017)
	40x20x10	Peso de mezcla	0.5%, 3.0%	15, 27	ah	Solarussa, Cerdeña, Italia	(Parisi et al., 2015)
	19x9x9	Peso seco de tierra	0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Estabilizada con 3.5% de cemento	5, 28	g, r	Wolaita Sodo, Etiopía	(Patnaik et al., 2019)
Viruta de eucalipto	20x30x7	Peso seco de tierra	1.5%, 3.0%, 4.5%	5, 7, 8	g, v	Chincha Alta, Ica, Perú	(Márquez Dominguez, 2018)

Otros ensayos menos frecuentes incluyen aquellos asociados a propiedades especializadas del material. Por ejemplo, el ensayo de conductividad térmica (12) y el ensayo de retracción axial durante el secado (13), presentes en estudios que priorizan el confort térmico o el control de fisuración. También se destacan el ensayo de durabilidad frente al agua (24) y pruebas como la observación visual de grietas (23), aplicados a fibras como el cáñamo, la cabuya y la paja, en contextos donde la degradación por humedad o la aparición de fisuras representa un riesgo.

El análisis sugiere que fibras como la paja, la fibra de coco, la fibra de cabuya y el cáñamo están asociadas a una mayor variedad de ensayos, lo que evidencia su amplio uso en estudios experimentales y su potencial como refuerzo en bloques de tierra. En cambio, fibras como la viruta de eucalipto, la fibra de banana o las acículas de pino se vinculan a un número limitado de pruebas, posiblemente por tratarse de materiales menos explorados o con aplicaciones específicas.

3.4 Componente añadido y limitaciones.

Se registraron 33 limitaciones en los estudios sobre la incorporación de fibras vegetales en bloques de adobe, evidenciando desafíos técnicos, constructivos y contextuales. Entre las más frecuentes destacan la vulnerabilidad a las condiciones climáticas (a), el esfuerzo en la homogeneización (b), el manejo cuidadoso (c) y las limitaciones geográficas y de contexto (d). También se identificó la dependencia de materiales locales (e), la mayor absorción de agua (f) y la prolongación del secado (g).

Otras limitaciones incluyen la falta de comparación con otros refuerzos (h), el mayor costo relativo (i), la necesidad de control en la mezcla (j), la formación de vacíos (k) y la adhesión limitada fibra-matriz (l). Se suman los costos de producción (m), la vulnerabilidad al agua (n) y la restricción en altura de las construcciones (o).

Asimismo, se documentó la variabilidad de los agregados vegetales (p), la necesidad de estandarización (q), los límites en durabilidad (r), la retracción e higroscopicidad (s), las dificultades normativas (t), la presencia de grietas durante el secado (u) y la susceptibilidad a la humedad (v). Se señalaron problemas como la variabilidad en el rendimiento de fibras (w), la dificultad en medición de propiedades (x), el desempeño desigual de bloques (y), la variabilidad mecánica (z), las limitaciones artesanales (ab), el incremento limitado en flexión (ac), la dependencia del tratamiento de fibras (ad), la rotura en mezclas altas (ae), la degradación biológica (af), la saturación por humedad (ag) y la distribución irregular de fibras (ah).

El análisis de los estudios revisados pone en evidencia una serie de limitaciones técnicas recurrentes vinculadas a la incorporación de fibras vegetales en bloques de adobe, las

cuales condicionan tanto su desempeño como su viabilidad en aplicaciones constructivas. Entre las restricciones más mencionadas destaca la mayor absorción de agua (f) y la susceptibilidad a la humedad (v), factores críticos que afectan la durabilidad de los bloques en climas húmedos o en construcciones expuestas. Esta vulnerabilidad se asocia directamente a las propiedades higroscópicas de las fibras utilizadas, lo que, en ausencia de tratamientos estabilizantes, incrementa el riesgo de saturación por humedad (ah), degradación biológica (af) y, en consecuencia, limita la vida útil del material.

Otra limitación significativa identificada es la formación de grietas durante el secado (u), producto de fenómenos de retracción e higroscopicidad (s). Este comportamiento es especialmente frecuente en mezclas con porcentajes elevados de fibra o con adhesión fibra-matriz limitada (l), generando tensiones internas que comprometen la integridad estructural del bloque. Además, se reportan casos de rotura de fibras en mezclas con altas proporciones (ae) y problemas de distribución irregular de las fibras (ah), lo que repercute en un desempeño desigual de los bloques (y) y en una marcada variabilidad en el comportamiento mecánico (z).

Desde una perspectiva operativa, varias investigaciones señalaron el esfuerzo incrementado en la homogeneización (b) y la necesidad de un manejo cuidadoso (c) durante el proceso de fabricación, especialmente cuando se trabaja con fibras largas o poco flexibles. Asimismo, se identificaron costos de producción (m) y un mayor costo relativo (i) en aquellos casos que requieren tratamientos previos o estabilización adicional, lo que puede limitar su competitividad frente a materiales convencionales.

A nivel normativo y metodológico, se evidencia una falta de comparación con otros refuerzos (h), junto con dificultades de comparación entre normas (t) y la persistente necesidad de estandarización (q). Estas limitaciones regulatorias dificultan la validación y adopción masiva de estos sistemas constructivos, especialmente en regiones donde los marcos legales son más estrictos. Se destacan restricciones derivadas de las limitaciones geográficas y de contexto (d) y la dependencia de materiales locales (e), que condicionan la replicabilidad de estas soluciones fuera de su entorno de origen. Esta dependencia refuerza la naturaleza contextualizada del uso de fibras vegetales, pero también plantea desafíos para su integración en estrategias globales de construcción sostenible.

3.4 Componente añadido y geografía.

El análisis geográfico revela que la incorporación de fibras vegetales en bloques de adobe está profundamente condicionada por el contexto local, donde factores como recursos disponibles, clima, tradiciones constructivas y normativas definen la selección de materiales y metodologías.

En América Latina (Perú, Ecuador, México), predomina el uso de fibras autóctonas como paja, cabuya, bambú y totora, con dosificaciones basadas en peso seco y proporciones variables según la fibra. Los ensayos se centran en resistencia a la compresión y absorción de agua, priorizando soluciones económicas adaptadas a contextos rurales, sin un enfoque riguroso en durabilidad o comportamiento térmico.

En Europa (Francia, Rumanía, España, Italia), el enfoque es más técnico y regulado, incorporando fibras como cáñamo o acículas de pino bajo criterios de eficiencia energética y durabilidad. Se aplican metodologías mixtas de dosificación y ensayos especializados (conductividad térmica, retracción, resistencia a la humedad), alineados con políticas de construcción sostenible y estándares de confort.

En Asia (Irán) y África (Etiopía), las soluciones responden a condiciones ambientales extremas, empleando fibras locales con estabilización moderada para mejorar la resistencia a la humedad y soportar ciclos térmicos severos, destacando ensayos de durabilidad y fisuración. El estudio de América del Norte (EE.UU.) presenta un enfoque experimental, orientado al aprovechamiento de residuos como la cáscara de banana, aplicando normativas internacionales (ASTM) y metodologías sistemáticas para validar su viabilidad técnica en contextos industriales.

La aplicación de fibras vegetales en adobe es una práctica altamente contextualizada, determinada por la interacción entre recursos, clima, capacidades técnicas y regulaciones. Esta diversidad refleja la adaptación local, pero también evidencia la falta de criterios unificados para comparar el desempeño a nivel global, lo que dificulta la transferencia tecnológica y la adopción masiva en la construcción sostenible.

4. Conclusiones

Este estudio permitió mirar de forma estructurada cómo distintas fibras vegetales, aplicadas en bloques de adobe, aportan soluciones técnicas que, aunque diversas, comparten un mismo propósito: mejorar un material tradicional sin perder de vista la sostenibilidad y el aprovechamiento de recursos locales. Fibras como la hoja de piña, la palma y la paja han demostrado ser aliadas versátiles, capaces de fortalecer tanto la resistencia como la durabilidad del adobe. En contraste, otras fibras ofrecen mejoras más puntuales, lo que invita a pensar en su uso estratégico según las necesidades específicas de cada proyecto.

A lo largo del análisis, fue evidente que no todo son ventajas. Persisten desafíos importantes, especialmente en relación con la humedad, la variabilidad de resultados y la falta de normas claras que orienten la aplicación de estas técnicas de manera uniforme. Estos obstáculos nos recuerdan que el camino hacia una construcción verdaderamente sostenible

no solo depende de rescatar materiales naturales, sino también de perfeccionar los procesos y establecer criterios que den confianza y seguridad en su uso. Incorporar fibras vegetales en bloques de adobe es más que una técnica; es una manera de reconectar la construcción con su entorno, aprovechando lo que la naturaleza ofrece sin comprometer el futuro. No obstante, aún queda mucho por hacer. Es necesario seguir investigando cómo extender la vida útil de estos materiales, cómo protegerlos mejor frente a condiciones adversas, y cómo lograr que las buenas prácticas locales se transformen en referentes globales.

Las próximas investigaciones tienen la oportunidad de explorar tratamientos ecológicos, combinar fibras con materiales reciclados o desarrollar herramientas que ayuden a elegir la mejor solución según el contexto. Así, se podrá avanzar hacia una construcción más consciente, eficiente y respetuosa con el medio ambiente, donde la tradición y la innovación caminen de la mano.

Referencias

- Acosta Bustamante, J. X., & Cruz Alvis, M. E. (2024). Estudio de las propiedades mecánicas y microestructurales del adobe con fibra de caña de azúcar y pseudotallo de banano. [*Trabajo de fin de grado, Universidad Señor de Sipán*]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/13161>
- Balila, A., & Vahdati, M. (2024). Biomimicry in construction: Glycoprotein-stabilised adobe bricks for enhanced compressive strength inspired by termites mounds. *Construction and Building Materials*, 438. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137077>
- Caballero-Caballero, M., Chinas-Castillo, F., Montes Bernabé, J. L., Alavéz-Ramírez, R., & Silva Rivera, M. E. (2018). Effect on compressive and flexural strength of agave fiber reinforced adobes. *Journal of Natural Fibers*, 15(4), 575–585. <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1349709>
- Calatan, G., Hegyi, A., Dico, C., & Mircea, C. (2016). Determining the Optimum Addition of Vegetable Materials in Adobe Bricks. *Procedia Technology*, 22 (October 2015), 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.01.077>
- Del Rio Marino, D. (2022). Incorporación de fibra de bambú para el mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe, Pelatana, Huancavelica, 2022. [*Trabajo de fin de grado, Universidad César Vallejo*]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86754>
- Dominguez-Santos, D., & Moya Bravo, J. A. (2022). Structural and mechanical performance of adobe with the addition of high-density polyethylene fibres for the construction of low-rise buildings. *Engineering Failure*

- Analysis*, 139.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106461>
- Eslami, A., Mohammadi, H., & Banadaki, H. M. (2022). Palm fiber as a natural reinforcement for improving the properties of traditional adobe bricks. *Construction and Building Materials*, 325.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126808>
- Espinoza-Sanchez, M. (2024). Influencia de la fibra de agave en los esfuerzos admisibles del adobe comunidad campesina de Rambrampata, Chota. [Trabajo de fin de grado, Universidad Nacional Autónoma del Chota].
<https://repositorio.unach.edu.pe/items/947b5599-1860-4b16-adb5-1909fd54e578>
- Falen-Loconi, W., & Garcia-Leon, F. (2024). Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe con adición de fibra de cabuya y aserrín [Trabajo de fin de grado, Universidad Señor de Sipán].
<https://hdl.handle.net/20.500.12802/13300>
- Fernández, H. M. R., & Flores, F. L. D. (2021). Comportamiento físico mecánico en muros de albañilería de adobe con fibras de hoja de piña - pseudotallo de plátano, Cajamarca – 2021. [Trabajo de fin de grado, Universidad César Vallejo]
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Franco Miguel, F., de Oliveira Valin, M., & Ferreira Antunes, K. (2022). Avaliação do desempenho físico entre blocos de adobe com adição de pó de pedra comparados com adições de esterco e serragem. *Revista Sítio Novo*, 6(2), 32. <https://doi.org/10.47236/2594-7036.2022.v6.i2.32-41p>
- Giraldelli, M. A., Alves Pereira, O., Dos Santos, S. F., Brasil, M. A., & Teodoro Pinheiro, S. K. (2021). Técnica de alvenaria adobe: Reprodução do método construtivo com e sem o uso de fibra vegetal. *Uniciências*, 25(1), 10–13. <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2021v25n1p10-13>
- Herrera, D., & Nuñez, C. (2021). Influencia de la fibra de caña de azúcar, en el incremento de la resistencia a la compresión del adobe, San Ignacio 2021. [Trabajo de fin de grado, Universidad César Vallejo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/70225>
- Jani, G. K., Shah, D. P., Prajapatia, V. D., & Jain, V. C. (2009). Gums and mucilages: Versatile excipients for pharmaceutical formulations. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(5), 309–323.
- Jové-Sandoval, F., Barbero-Barrera, M. M., & Flores Medina, N. (2018). Assessment of the mechanical performance of three varieties of pine needles as natural reinforcement of adobe. *Construction and Building Materials*, 187, 205–213.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.187>
- Laborel-Préneron, A., Aubert, J.-E., Magniont, C., Maillard, P., & Poirier, C. (2017). Effect of Plant Aggregates on Mechanical Properties of Earth Bricks. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 29(12), 1–12.
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0002096](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002096)
- Laborel-Préneron, A., Aubert, J. E., Magniont, C., Tribout, C., & Bertron, A. (2016). Plant aggregates and fibers in earth construction materials: A review. *Proceedings of The Ice - Construction Materials*, 111, 719–734.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.119>
- Laime Ancalle, G. (2020). Diseño de elaboración del adobe incorporando la fibra de Totorá para reforzar las propiedades físico y mecánico – Huancavelica 2020. [Trabajo de fin de grado, Universidad César Vallejo, Universidad César Vallejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50095/Laime_AG-SD.pdf?sequence=1
- Lawrence, M., Heath, A., & Walker, P. (2009). Compressive strength of extruded unfired clay masonry units. *Proceedings of The Ice - Construction Materials*, 162(August), 105–112.
<https://doi.org/10.1680/coma.2009.162.3.105>
- Llumisag Chicaiza, S. M., & Siza Salazar, A. L. (2017). Estudio De La Resistencia a Compresión Del Adobe Artesanal Estabilizado Con Paja, Estiércol, Savia De Penca De Tuna, Sangre De Toro Y Análisis De Su Comportamiento Sísmico Usando Un Modelo a Escala. [Trabajo de fin de grado, Universidad Técnica de Ambato].
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26585>
- López, X., Torbisco, D., Rodriguez, J., & Eyzaguirre, C. (2019). Benefits of cabuya fiber in the mechanical properties of compacted adobe. *Proceedings of International Engineering, Sciences and Technology Conference, IESTEC 2019*, 455–460.
<https://doi.org/10.1109/IESTEC46403.2019.00088>
- Márquez Dominguez, J. (2018). Estabilización del adobe con adición de viruta de Eucalipto, Chíncha 2018. [Trabajo de fin de grado, Universidad César Vallejo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/27153>
- Mellaikhafi, A., Tilioua, A., & Benallel, A. (2022). Thermal performance assessment of a wall built with earth-based adobes and reinforced with pinnate leaves fibers. *Materials Today: Proceedings of 3rd International Congress on Materials & Structural Stability*, 58. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.296>
- Minke, G. (2001). Manual para la construcción con tierra. Editorial Fin de Siglo.

- Montenegro Echeverría, M. (2019). Caracterización del adobe reforzado con fibras naturales y artificiales para la recuperación de construcciones tradicionales en la Comuna de Zuleta. [Trabajo de fin de grado, Universidad Técnica de Ambato]. In Universidad Central Del Ecuador Facultad De Arquitectura Y Urbanismo. <https://bit.ly/3CBP4Pg>
- Mostafa, M., & Uddin, N. (2016). Experimental analysis of Compressed Earth Block (CEB) with banana fibers resisting flexural and compression forces. *Case Studies in Construction Materials*, 5, 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2016.07.001>
- Oskouei, A. V., Afzali, M., & Madadipour, M. (2017). Experimental investigation on mud bricks reinforced with natural additives under compressive and tensile tests. *Construction and Building Materials*, 142, 137–147. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.065>
- Parisi, F., Asprone, D., Fenu, L., & Prota, A. (2015). Experimental characterization of Italian composite adobe bricks reinforced with straw fibers. *Composite Structures*, 122, 300–307. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2014.11.060>
- Patnaik, B., Kassahun, G., & Mohammed, Y. (2019). Improving the Strength of Adobe Units Using Eragrostis Teff Straw Fiber for Sustainable Construction , Wolaita Sodo, Ethiopia. *Internation Journal Of Advance Research And Innovative Ideas In Education*, 5(5), 416–428.
- Pinta Soto, C. V. (2022). Actividad Biológica de la especie *Malva sylvestris* (Malva común). [Tesis de final de grado, Universidad Central del Ecuador]. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b5385c9a-a3bc-4331-8e71-9a306d013c08/content>
- Sanchez Guevara, E. Y. (2023). Análisis de las Propiedades Mecánicas del Adobe Elaborado con Fibras de Yute. [Trabajo de fin de grado. Universidad de Sipán]. <https://orcid.org/0000-0001-5401-2566>
- Serebe, Y. A. A., Ouedraogo, M., Sere, A. D., Sanou, I., Zagre, W.-K. J. E., Aubert, J.-E., Gomina, M., & Millogo, Y. (2024). Optimization of kenaf fiber content for the improvement of the thermophysical and mechanical properties of adobes. *Construction and Building Materials*, 431. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136469>
- Ticona, J. (2020). Análisis comparativo entre el adobe tradicional y el adobe reforzado con fibras de coco, Huancané, Puno - 2019. [Trabajo de fin de grado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57615>
- Vasquez-Vasquez, L., Mosqueira-Ramírez, H., & Mosqueira-Moreno, M. A. (2023). Analysis of the Mechanical and Physical Properties of Adobe

Compacted with Ichu and Pine Fibers. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 2023-July, 1–10. <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.395>

Contribución de los autores (CRediT)

Goyes-Balladares, A.: Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Recursos materiales, Software, Validación, Visualización, Redacción – borrador original. **Moya-Jiménez, R.:** Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Metodología, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción – revisión y edición.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0

Artículo de investigación

Influencia en costos de un edificio de diez pisos de hormigón con sistema dual, cambiando el espesor de los muros de corte

Miguel Ángel Constante-Castro ^[1]  Erik Gabriel Villavicencio-Cedeño ^[1] 



[1] Facultad de Ciencias Técnicas. Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM). Jipijapa, Ecuador.

Autor para correspondencia: erik.villavicencio@unesum.edu.ec

Resumen

El objetivo de esta investigación es determinar la influencia de los costos de seis edificios de diez niveles de hormigón con sistema dual variando el espesor de los muros. Para ello se desarrolló varios modelos matemáticos de seis edificios manteniendo la misma distribución de elementos estructurales, y a su vez se consideró alcanzar una deriva máxima inelástica aproximada al 1.80%, misma que se corroboró mediante un análisis dinámico espectral empleando los códigos de diseño: ACI 318-19 y NEC-15. La investigación tiene una tipología aplicada con un nivel de profundidad descriptiva y documental que hacen referencia a la recopilación de datos teóricos para el análisis lineal de las estructuras y el comportamiento de los muros de cortes. A través de un enfoque cuantitativo se presentan los resultados a manera de comparación – técnica, demostrando que no existen diferencias significativas en el comportamiento estructural, no así en el término económico se evidencia que el acero de refuerzo y el concreto influyen notablemente el edificio al aumentar el espesor de los muros de cortes.

Palabras Clave: *análisis lineal; muros de cortes; sistema dual; derivas de piso; presupuesto referencial.*

Influence on costs of a ten-story concrete building with dual system by changing the thickness of the shear walls

Abstract

The objective of this research was to determine the influence of the costs of six ten-story concrete buildings with a dual system by varying the thickness of the walls. To do this, several mathematical models of six buildings were developed, maintaining the same distribution of structural elements, and at the same time, it was considered to reach a maximum inelastic drift of approximately 1.80%, which was corroborated by a spectral dynamic analysis using the design codes: ACI 318-19 and NEC-15. The research has an applied typology with a level of descriptive and documentary depth that refers to the collection of theoretical data for the linear analysis of the structures and the behavior of the shear walls. Through a quantitative approach, the results are presented as a technical comparison, demonstrating that there are no significant differences in the structural behavior, but not in the economic term. It is evident that the reinforcing steel and the concrete significantly influence the building by increasing the thickness of the shear walls.

Keywords: *linear analysis; shear walls; dual system; floor drifts; reference budget.*

1. Introducción

En la actualidad, la optimización de costos en las obras civiles, sobre todo en construcciones de edificios con grandes alturas es un tema crucial tanto para ingenieros y constructores. Por ello, surge la necesidad de realizar comparaciones exhaustivas de varios modelos donde se evalúen las dimensiones de las estructuras y el volumen de los materiales que se utilizarán.

A su vez se debe analizar la importancia de las acciones sísmica que se pueden presentar en la zona o región donde se pretende desarrollar el proyecto, con el fin de garantizar la seguridad tanto de los ocupantes como del estado físico de la misma estructura.

Por lo tanto, el uso de un sistema dual tendrá una relevancia muy particular, dado que los muros de corte al trabajar en conjunto con los pórticos, ofrecen una solución integral al soportar grandes cargas y a su vez disipar energía sísmica de manera eficiente.

Dado que el lugar donde se ha planteado diseñar el edificio es la región costa del Ecuador (zona que presenta altas actividades sísmicas), el modelo arquitectónico tendrá una vista en planta y elevación regular para evitar posibles vulnerabilidades que en el diseño son muy comunes como: la excentricidad, torsión en la estructura, derivas de piso y el porcentaje de cortante absorbido por los muros de cortes.

Por tal motivo, la razón más evidente e importante de esta investigación es determinar a través de un análisis comparativo-técnico el comportamiento sísmico de los edificios mediante el método dinámico espectral, y evidenciar la influencia en costos de los edificios variando el espesor de los muros, mantenido una deriva inelástica aproximada de 1.80%

2. Fundamentación teórica

2.1. Sistema estructural con muros de corte

Este sistema garantiza que el edificio tenga mejor control de derivas, desplazamientos y fuerzas laterales que son causadas por el sismo estático y dinámico. Por esta y otras razones, el sistema dual debería ser tomado más en cuenta y realizar estudios pertinentes que ayuden a entender de una mejor manera el comportamiento óptimo de estos elementos (McCormac & Brown, 2017).

2.2. Distribución de muros en planta

La disposición de los muros es un criterio muy importante desde el planteamiento arquitectónico para que la estructura sea eficiente y lograr reducir la excentricidad, ya que la mala ubicación desplaza el centro de masa del centro de rigidez. La Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC – 15), al igual que otros códigos de diseño y construcción, hacen

hincapié que, en un edificio con sistema dual, los muros de corte deben ubicarse lo más simétrico posible, debido que cualquier excentricidad generará momentos de torsión (Ver **Figura 1**).

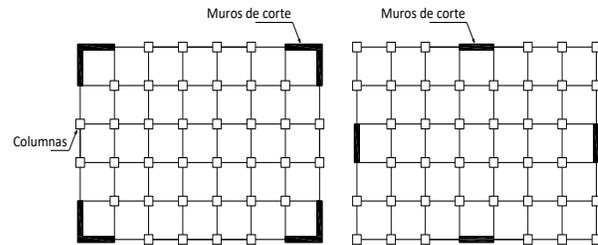


Figura 1: Distribución simétrica de muros cortantes.

Guerra & Chacón (2010) explica que el sistema disperso tiene la desventaja de producir torsión, debido que el centro de masa queda alejado del centro de rigidez, conociéndose a esta distancia como la excentricidad del edificio (Ver **Figura 2**).

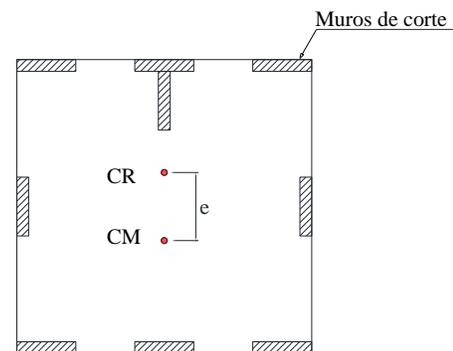


Figura 2: Distribución dispersa de muros genera excentricidades.
Fuente: Guerra. M y Chacón. D (2010).

2.3 Elementos de bordes

En la sección 18.10.6.4 del American Concrete Instituto (ACI 318-19), indica que se requerirá de elementos de bordes especial por dos condiciones, la primera, es cuando el esfuerzo a compresión es $\sigma > 0.2f_c$, y la segunda condición será cuando:

$$C \geq \frac{l_w}{600 * \left(\frac{1.5\delta_u}{h_{wcs}} \right)}$$

Donde:

δ_u : desplazamiento máximo del diseño estructural.

h_{wcs} : altura del muro de corte

2.4 Agrietamiento en elementos estructurales según la NEC - 15

Las columnas deberán trabajar con un agrietamiento del $0.8 I_g$ y las vigas con un $0.5 I_g$, mientras, para estructuras sin subsuelos, los muros de corte deben tener un agrietamiento del $0.6 I_g$ en los dos primeros pisos.

2.5 Espectro de respuesta elástico

El espectro de respuesta elástico S_a , es utilizado para conocer las respuestas de las estructuras ante los efectos sísmicos, permitiendo evaluar y determinar si la edificación necesita ser reforzada para cumplir con los requerimientos del código local (NEC - SE - DS, 2015) (Ver **Figura 3**).

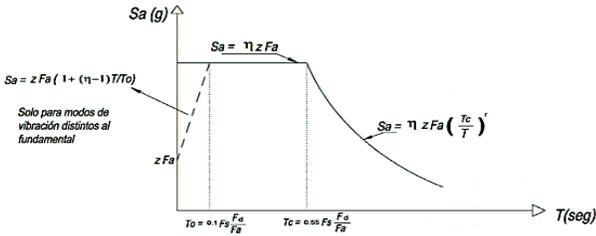


Figura 3: Adaptado del código NEC-SE-DS (2015) p. 33.

2.6 Resistencia de diseño

En la sección 11.5.1.1 del ACI 318-19 se menciona que cada combinación de diseño debe cumplir con $\phi S_n \geq U$ en todas las secciones de los muros, es decir, las cargas y momentos nominal deberán satisfacer las solicitaciones actuantes en el muro (Comité ACI 318, 2019).

Donde:

ϕ : Factor de reducción de capacidad.

S_n : Resistencia nominal del elemento estructural.

U : Solicitación última que actúa en el elemento estructural.

2.7 Análisis de Precios unitarios (APU)

Cada rubro estará compuesto por: equipos, mano de obra, materiales, gastos administrativos y utilidad. Para el desarrollo de estos, se tomarán los salarios mínimos elaborados por el Departamento Técnico – Respaldo: Comisión CAMICON. Así mismo, se ocuparán los precios referenciales de los materiales, publicados por la cámara de la construcción del Ecuador.

2.8 Software aplicado para la modelación y análisis estructural.

El software Etabs V2023 ha sido una herramienta crucial para el análisis dinámico y estático de los elementos estructurales, incluyendo losas de entrepiso, vigas, columnas y muros de cortes (Villavicencio et al., 2024).

El *Etabs* es un programa de diseño estructural muy eficiente que permite optimizar la ejecución y resultados de las estructuras de hormigón armado que se encuentran ubicados en zonas de alta sismicidad (Villavicencio et al., 2024).

3. Metodología

La investigación tiene un enfoque cuantitativo que se comprende a través de un análisis comparativo - técnico de los resultados del estudio sísmico y los costos de cada modelo diseñados. Es de alcance descriptivo y según Mejía

(2021), la investigación descriptiva se utiliza para la recolección de datos numéricos y archivos textuales sobre un tema relevante, midiendo bases de datos para realizar comparaciones que ayuden a comprender los aspectos más importantes de una investigación.

Mediante el diseño de seis edificios de hormigón armado con sistema dual (población), de diez niveles cada uno (muestra), a partir del cambio del espesor en los muros de corte, se demostrará la influencia de costos.

Para esta investigación se tomó como sitio de estudio a la región costa del Ecuador aplicando su respectiva metodología de diseño. Se utilizó hojas de Excel para dar inicio con el prediseño de los elementos estructurales y evaluar su comportamiento una vez hayan sido modelado en el software *Etabs* V2023.

4. Resultados

4.1 Descripción de la estructura

El edificio está conformado de hormigón armado de diez niveles con una altura de entre piso de 3.20 m. Se realizarán seis modelos matemáticos cambiando el espesor en sus muros de corte, siendo estos de: 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm y 45 cm.

El espectro de diseño se consideró un suelo tipo D, con características de peligro sísmico 0.50. La resistencia a la compresión a los 28 días del hormigón será $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, el acero de refuerzo tendrá un esfuerzo de cedencia de $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. Para las cuantías de acero de los elementos estructurales se tomarán las consideraciones de diseño recomendadas por el NEC – 15 y ACI 318-19 (Ver **Figura 4**).

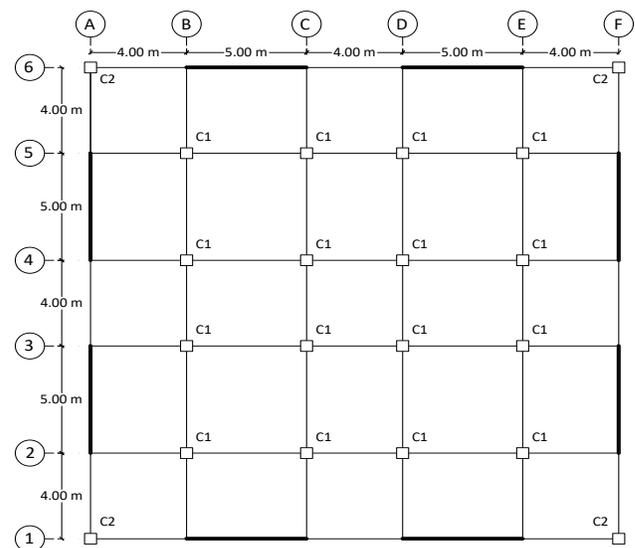


Figura 4: Vista en planta del edificio a analizar.

4.2 Parámetros generales para el espectro de respuesta elástico

La **Tabla 1** muestra los datos necesarios en la investigación para generar el espectro de respuesta elástico de la construcción.

Tabla 1: Resumen de datos para generar el espectro de respuesta elástico

Parámetro	Variable	Valor	Unidades
Tipo de suelo		D	
Zona sísmica		VI	
Factor de aceleración	Z	0.500	S/U
Factor de sitio	Fa	1.120	S/U
Factor de sitio	Fd	1.110	S/U
Factor de sitio	Fs	1.400	S/U
Factor de importancia	I	1.000	S/U
Coef de ductilidad	R	8.000	S/U
Irreg en elevación	\emptyset_E	1.000	S/U
Irreg en planta	\emptyset_P	1.000	S/U
Altura edificio	h	32.00	m
Coefficiente Ct	Ct	0.055	S/U
Coefficiente para el periodo	α	0.750	S/U
Coef de suelo	r	1.000	S/U
Ampl espectral	n	1.800	S/U
Periodo límite inferior	To	0.139	seg
Periodo de la estructura	T	0.740	seg
Periodo límite superior	Tc	0.763	seg
Aceleración espectral	Sa	1.008	g
Coef sísmico	C	0.126	
Coef relacionado a T	K	1.120	

4.3 Espectro Elástico e Inelástico

La **Figura 5** muestra el espectro elástico e inelástico correspondiente al tipo de suelo D, utilizado en la investigación.

4.4 Asignar agrietamiento en los elementos estructurales

Columnas: Según el NEC – 15, la sección de la columna tendrá un porcentaje de agrietamiento del 80 % (Ver **Figura 6**).

Vigas: Según el NEC – 15, la sección de la viga tendrá un porcentaje de agrietamiento del 50 % (Ver **Figura 7**).

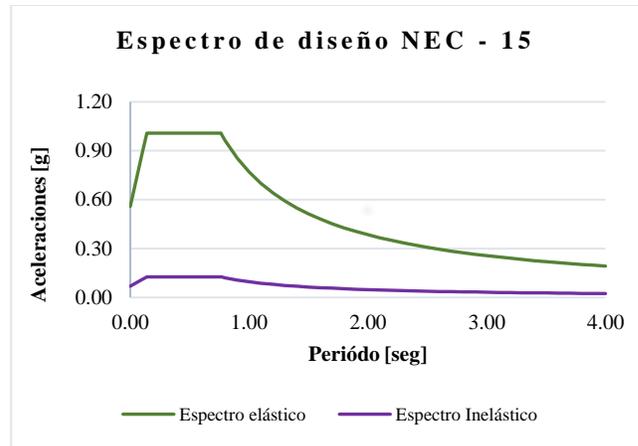


Figura 5: Espectro elástico e inelástico correspondiente a un tipo de suelo D

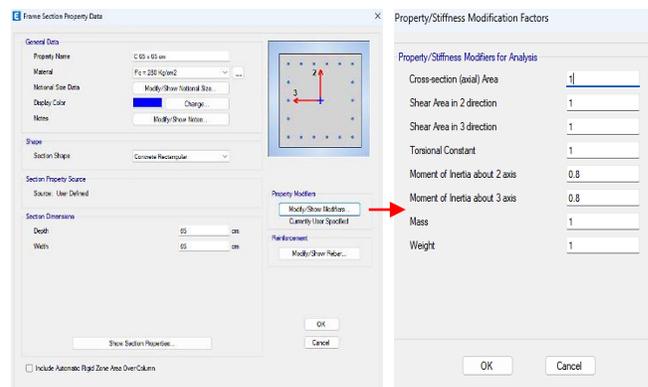


Figura 6: Agrietamiento en las columnas.

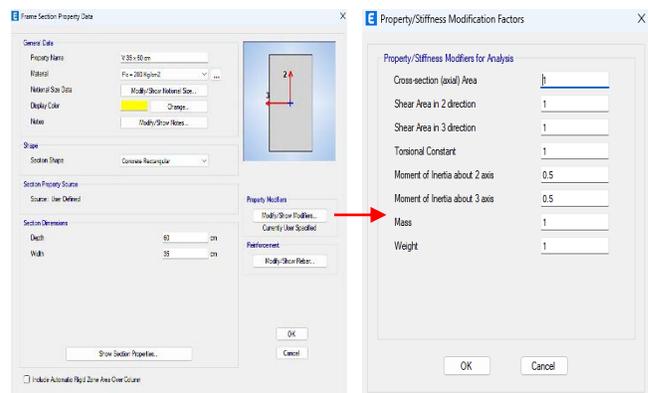


Figura 7: Agrietamiento en las vigas

Muros: Según el NEC – 15, para una estructura sin subsuelo el muro tendrá un agrietamiento del 60 % en los dos primeros pisos (Ver **Figura 8**).

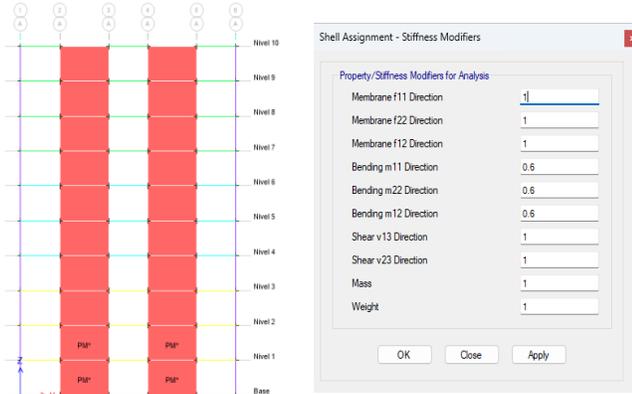


Figura 8: Agrietamiento en los muros de cortes considerando los dos primeros niveles.

4.5 Modelamiento final de los edificios

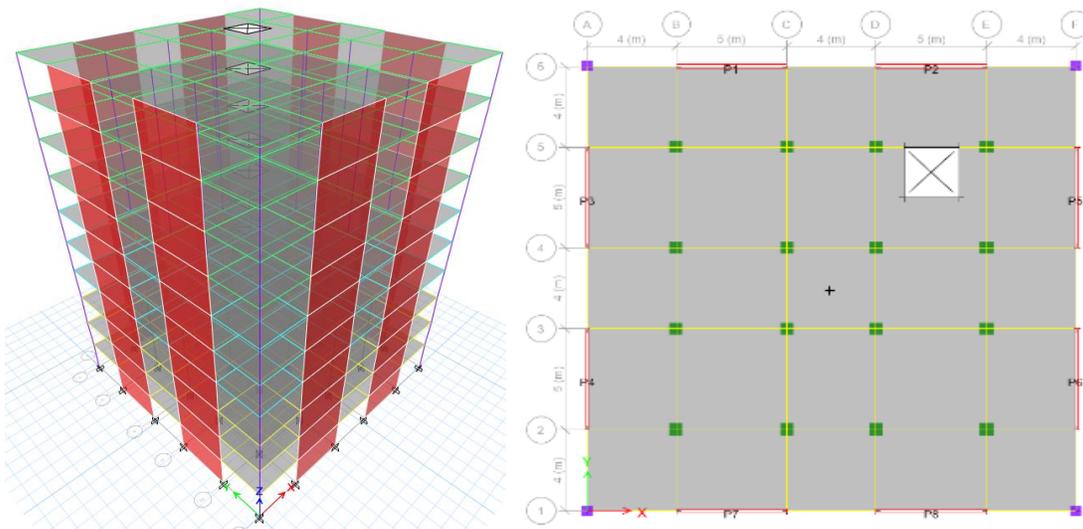


Figura 9: Fibras añadidas a la matriz de abobe y propiedades mejoradas.

A. Edificio con muros de cortes de 20 cm de espesor.

Tabla 2: Resumen de elementos estructurales y cargas

Nº	Columnas		Vigas [cm]	Muro [cm]	Carga muerta [Kg/cm²]	Carga viva [Kg/cm]
	C ₁ [cm]	C ₂ [cm]				
10	55 x 55	50 x 50	30 x 50	20	150	200
9	55 x 55	50 x 50	30 x 50	20	403	200
8	55 x 55	50 x 50	30 x 50	20	403	200
7	55 x 55	50 x 50	30 x 50	20	403	200
6	60 x 60	50 x 50	35 x 55	20	403	250
5	60 x 60	50 x 50	35 x 55	20	403	250
4	60 x 60	50 x 50	35 x 55	20	403	250
3	65 x 65	50 x 50	40 x 60	20	403	480
2	65 x 65	50 x 50	40 x 60	20	403	480
1	65 x 65	50 x 50	40 x 60	20	403	480

B. Edificio con muros de cortes de 25 cm de espesor.

Tabla 3: Resumen de elementos estructurales y cargas

Nº	Columnas		Vigas [cm]	Muro [cm]	Carga muerta [Kg/cm²]	Carga viva [Kg/cm]
	C ₁ [cm]	C ₂ [cm]				
10	45 x 45	45 x 45	30 x 50	25	150	200
9	45 x 45	45 x 45	30 x 50	25	403	200
8	45 x 45	45 x 45	30 x 50	25	403	200
7	45 x 45	45 x 45	30 x 50	25	403	200
6	50 x 50	45 x 45	30 x 50	25	403	250
5	50 x 50	45 x 45	30 x 50	25	403	250
4	50 x 50	45 x 45	30 x 50	25	403	250
3	55 x 55	45 x 45	30 x 60	25	403	480
2	55 x 55	45 x 45	30 x 60	25	403	480
1	55 x 55	45 x 45	30 x 60	25	403	480

A continuación, se presenta la ubicación de los muros de corte en elevación y en planta de los modelos utilizados (Ver Figura 9).

Como se aprecia en la figura, el edificio conserva características sísmicas de vista en planta y elevación regular con muros de corte ubicados de manera simétrica. Después de varias iteraciones para obtener una deriva del 1.80% y lograr que los muros trabajen con más del 75% del cortante basal, se obtuvieron los siguientes datos:

4.5.1. Resumen de secciones y cargas en los edificios

Se ha considerado mantener constantes las sobrecargas muertas y las cargas vivas para todos los edificios con el propósito de ver su comportamiento al cambiar las secciones en los muros, vigas y columnas. Seguidamente se presenta los antes mencionado (Ver Tabla 2 – 7).

C. Edificio con muros de cortes de 30 cm de espesor.

Tabla 4: Resumen de elementos estructurales y cargas

Nº	Columnas		Vigas [cm]	Muro [cm]	Carga muerta [Kg/cm²]	Carga viva [Kg/cm]
	C ₁ [cm]	C ₂ [cm]				
10	45 x 45	50 x 50	25 x 45	30	150	200
9	45 x 45	50 x 50	25 x 45	30	403	200
8	45 x 45	50 x 50	25 x 45	30	403	200
7	45 x 45	50 x 50	25 x 45	30	403	200
6	50 x 50	50 x 50	30 x 50	30	403	250
5	50 x 50	50 x 50	30 x 50	30	403	250
4	50 x 50	50 x 50	30 x 50	30	403	250
3	55 x 55	50 x 50	35 x 55	30	403	480
2	55 x 55	50 x 50	35 x 55	30	403	480
1	55 x 55	50 x 50	35 x 55	30	403	480

D. Edificio con muros de cortes de 35 cm de espesor.

Tabla 5: Resumen de elementos estructurales y cargas

Nº	Columnas		Vigas [cm]	Muro [cm]	Carga muerta [Kg/cm²]	Carga viva [Kg/cm]
	C ₁ [cm]	C ₂ [cm]				
10	45 x 45	50 x 50	25 x 45	35	150	200
9	45 x 45	50 x 50	25 x 45	35	403	200
8	45 x 45	50 x 50	25 x 45	35	403	200
7	45 x 45	50 x 50	25 x 45	35	403	200
6	50 x 50	50 x 50	30 x 45	35	403	250
5	50 x 50	50 x 50	30 x 45	35	403	250
4	50 x 50	50 x 50	30 x 45	35	403	250
3	55 x 55	50 x 50	30 x 50	35	403	480
2	55 x 55	50 x 50	30 x 50	35	403	480
1	55 x 55	50 x 50	30 x 50	35	403	480

E. Edificio con muros de cortes de 40 cm de espesor.

Tabla 6: Resumen de elementos estructurales y cargas

Nº	Columnas		Vigas [cm]	Muro [cm]	Carga muerta [Kg/cm²]	Carga viva [Kg/cm]
	C ₁ [cm]	C ₂ [cm]				
10	45 x 45	50 x 50	25 x 45	40	150	200
9	45 x 45	50 x 50	25 x 45	40	403	200
8	45 x 45	50 x 50	25 x 45	40	403	200
7	45 x 45	50 x 50	25 x 45	40	403	200
6	50 x 50	50 x 50	30 x 40	40	403	250
5	50 x 50	50 x 50	30 x 40	40	403	250
4	50 x 50	50 x 50	30 x 40	40	403	250
3	55 x 55	50 x 50	30 x 45	40	403	480
2	55 x 55	50 x 50	30 x 45	40	403	480
1	55 x 55	50 x 50	30 x 45	40	403	480

F. Edificio con muros de cortes de 45 cm de espesor.

Tabla 7: Resumen de elementos estructurales y cargas

Nº	Columnas		Vigas [cm]	Muro [cm]	Carga muerta [Kg/cm²]	Carga viva [Kg/cm]
	C ₁ [cm]	C ₂ [cm]				
10	45 x 45	45 x 45	25 x 40	45	150	200
9	45 x 45	45 x 45	25 x 40	45	403	200
8	45 x 45	45 x 45	25 x 40	45	403	200
7	45 x 45	45 x 45	25 x 40	45	403	200
6	50 x 50	45 x 45	25 x 45	45	403	250
5	50 x 50	45 x 45	25 x 45	45	403	250
4	50 x 50	45 x 45	25 x 45	45	403	250
3	55 x 55	45 x 45	25 x 45	45	403	480
2	55 x 55	45 x 45	25 x 45	45	403	480
1	55 x 55	45 x 45	25 x 45	45	403	480

Como muestran las tablas de resumen, el edificio tendrá columnas y vigas bastante robustas cuando los muros de corte son de 20 cm, pero aumentar su espesor indica cambios de secciones, especialmente en las vigas.

Comparando las vigas del edificio A que conservan buenas inercias y el edificio F que mantiene al límite las dimensiones según indica la NEC – 15, donde $b_w \geq 25$ cm, se concluye que un muro robusto controlará en su mayoría las fuerzas laterales del edificio mientras que las vigas aportarán en el control de las cargas gravitatorias.

4.6 Análisis comparativo del comportamiento sísmico en los edificios modelados

4.6 1. Periodos de vibración

Tabla 8: Comparación del periodo T según cambia el espesor en los muros de cortes.

Modo	Muro 20 cm	Muro 25 cm	Muro 30 cm	Muro 35 cm	Muro 40 cm	Muro 45 cm
	[seg]	[seg]	[seg]	[seg]	[seg]	[seg]
1.00	1.06	1.06	1.04	1.05	1.04	1.03
2.00	1.06	1.06	1.04	1.05	1.04	1.03
3.00	0.75	0.74	0.72	0.72	0.71	0.70
4.00	0.27	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21
5.00	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21
6.00	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14
7.00	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09
8.00	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09
9.00	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06
10.00	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05
11.00	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05
12.00	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
13.00	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
14.00	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
15.00	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
16.00	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03

17.00	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
18.00	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
19.00	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
20.00	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
21.00	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
22.00	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
23.00	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
24.00	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
25.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
26.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
27.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
28.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
29.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
30.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02

Como se puede apreciar en la **Tabla 8**, al aumentar el espesor en los muros de cortes, se reduce de manera mínima el periodo fundamental de vibración, esto se debe a que se trabajó con una deriva aproximada de todos los modelos del 1.80 %

Para una mejor visualización se muestra en la siguiente figura lo mencionado en el párrafo anterior (Ver **Figura 10**).

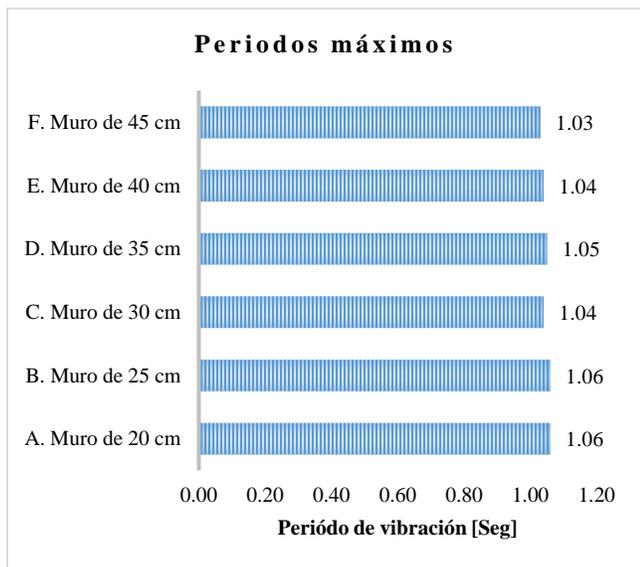


Figura 10: Periodos de vibración fundamental de cada edificio.

Se observa que todos los edificios tienen el mismo impacto de rigidez, observándose diferencias casi imperceptibles. Entre ellos se muestra un máximo y un mínimo que corresponde al primer modelo (A) y último modelo (F), con una tendencia porcentual del 2.83% resultando una diferencia de 0.03 seg.

4.6.2 Cortante basal

Se puede apreciar que la fuerza máxima acumulada en la base se da en el edificio con muros de 45 cm de espesor,

mientras que, el cortante menor será para el edificio con muros de 25 cm de espesor, alcanzando una tendencia diferencial del 6.12% entre ellos (Ver **Figura 11**).

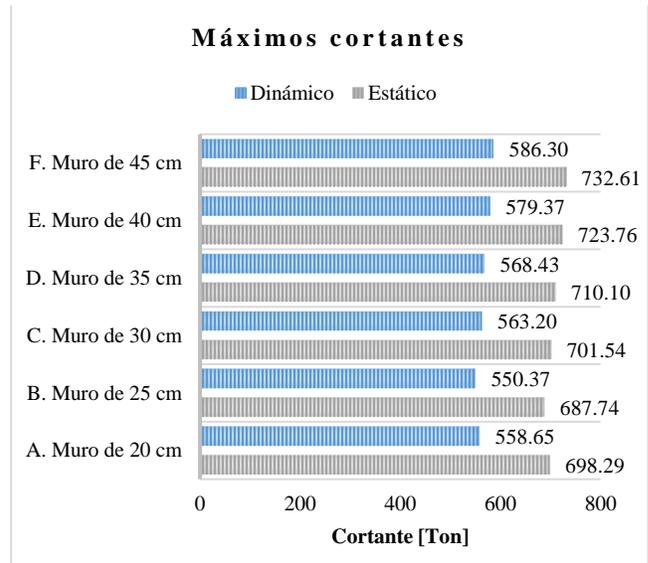


Figura 11: Cortantes que actúan en la base de cada edificio.

4.6.3 Fuerza cortante absorbido por los muros

Desde el modelo A hasta el modelo F, los muros de cortes cumplen el requisito sísmico al absorber por lo menos el 75% del cortante basal estático (Ver **Figura 12**).

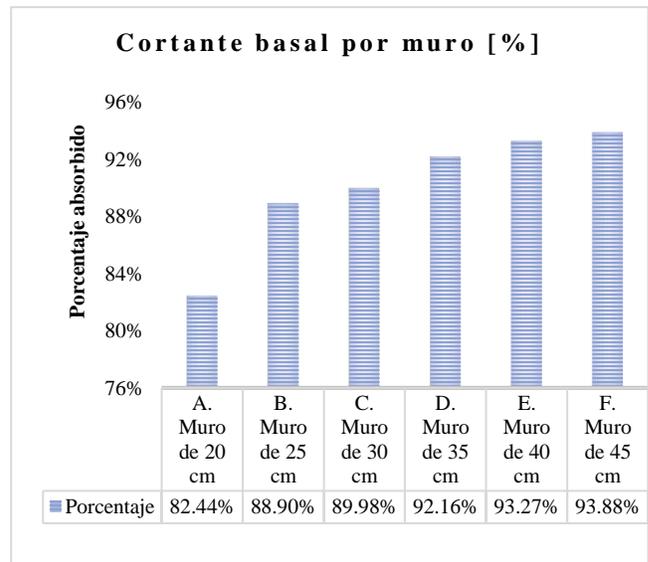


Figura 12: Porcentaje de cortante que controlan los muros

4.6.4 Derivas inelásticas

Se muestran los resultados de las derivas inelásticas de todos los edificios, teniendo para el sismo estático y dinámico valores muy similares para ambas direcciones, observándose que se cumple con una deriva aproximada al 1,80%, a partir del séptimo piso (Ver **Figura 13**).

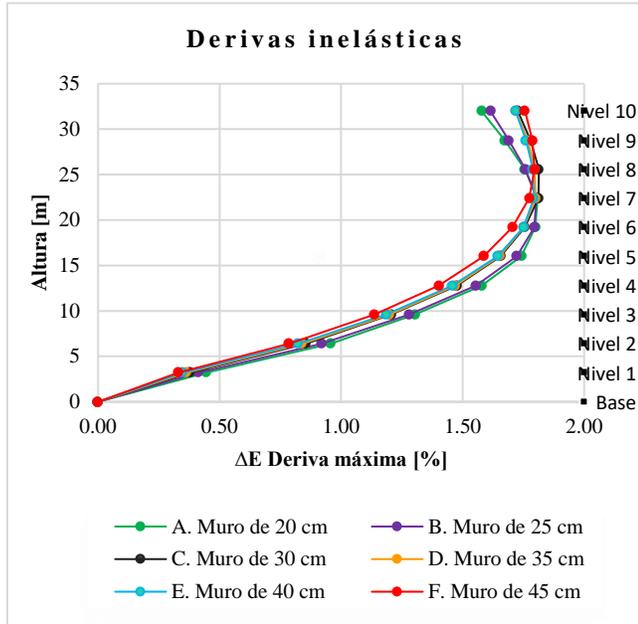


Figura 13: Derivas inelásticas máximas en cada edificio.

La estimación del porcentaje para el estudio ha sido tomada del sismo estático, ya que esta es la más crítica en comparación del sismo dinámico (Ver **Figura 14**).

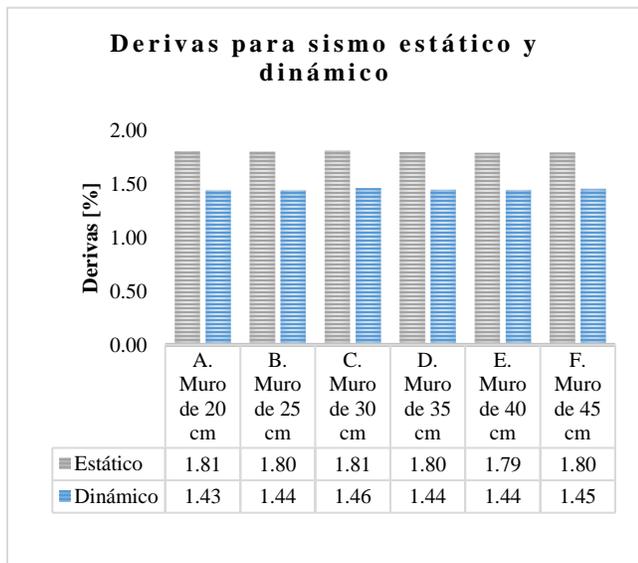


Figura 14: Derivas inelásticas para el sismo estático y dinámico de cada edificio.

Al ir variando el espesor de los muros de cortes el edificio va teniendo mayor rigidez, por lo tanto, se debe cambiar dimensiones en las vigas y columnas, sobre todo las secciones de las vigas, dado el hecho que son elementos que aportan bastante rigidez en los edificios y para cumplir con la deriva inelástica aproximada del 1.80%

4.6.5 Desplazamientos máximos

Se evaluaron los valores máximos y mínimos, observándose que al aumentar el espesor del muro de corte existirán reducciones mínimas del desplazamiento máximo.

Por lo que se determinó mediante las curvas mostradas en la **Figura 15** que el edificio (F) con muros de 45 cm de espesor, es el más rígido tanto en los pisos inferiores como superiores.

Mientras tanto el edificio más flexible, será (A) que trabaja muros de 20 cm de espesor alcanzando un Δn de 7.80 cm.

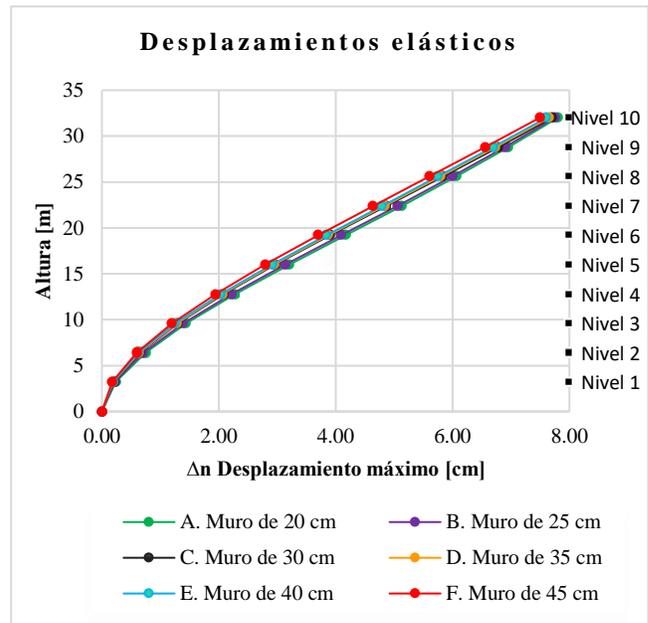


Figura 15: Desplazamientos máximos para cada edificio.

Esto indica que tener columnas y vigas bastante robustas en conjunto con muros delgados proporcionará menor rigidez.

Mientras que tener columnas más pequeñas y vigas con menores inercias en conjunto con un muro de corte más robusto aportará mayor rigidez al edificio (Ver **Figura 16**).

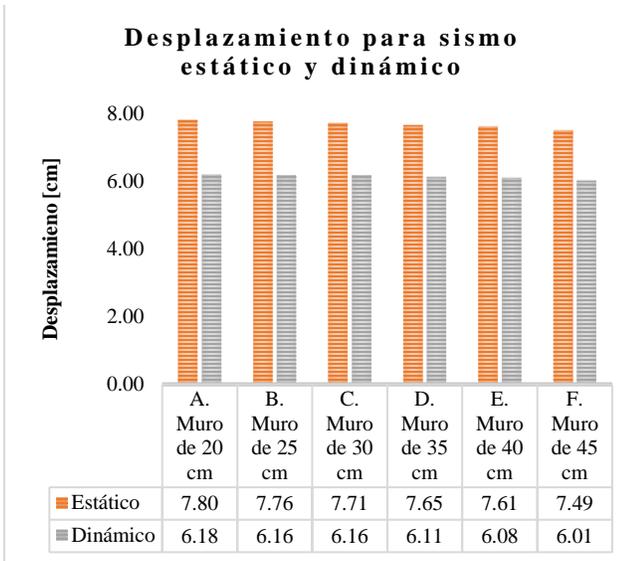


Figura 16: Desplazamientos elásticos máximos para el sismo estático y dinámico de cada edificio.

4.7 Análisis de los muros de cortes

En el Etabs existen formas para analizar un muro de corte, pero para este diseño al muro se lo verificó mediante el siguiente análisis:

4.7.1 Método simplificado con acero repartido uniformemente

Este método consiste en asignar un acero repartido de manera uniforme en toda la sección del muro, considerar el espaciamiento entre varillas y el recubrimiento libre. Con esto el programa evalúa los datos, brindándonos la información respectiva del análisis, mismos que deberán ser verificados de manera manual con el fin de corroborar que el programa nos da resultados aproximados (Ver Figura 17).

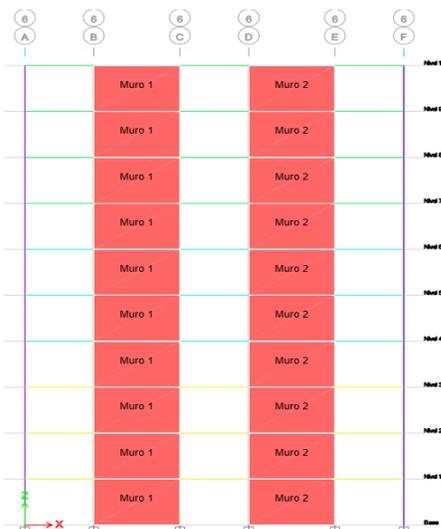


Figura 17: Muro 1 escogido del edificio A cuando los muros son de 20 cm de espesor.

Para este chequeo se escogió al “Muro 1” mostrado en la Figura 17, y tratándose de una estructura simétrica los muros presentan las mismas solicitaciones, por lo tanto, este diseño servirá para los otros muros que conforman al edificio.

Este proceso se lo realiza para determinar dos aspectos importantes; la profundidad del eje neutro y el refuerzo o cuantía necesaria que se necesita en el muro (Ver Figura 18).

Item	Value
01 Design this Pier?	Yes
02 LL Reduction Factor	0.495847
03 Design is Seismic?	Yes
04 Pier Section Type	Uniform Reinforcing
05 End/Corner Bar Name	18
06 Edge Bar Name	18
07 Edge Bar Spacing	20
08 Clear Cover	3
09 Material	Fc = 280 Kg/cm2
10 Check/Design Reinforcing	Check
11 Check Compression Block Depth for BZ?	No

Figura 18: Distribución del acero de manera uniforme.

4.7.2 Verificación de elementos de bordes

Boundary Element Check (ACI 18.10.6.3, 18.10.6.4)

Station Location	ID	Edge Length (cm)	Governing Combo	P _u tonf	M _u tonf-m	Stress Comp kgf/cm ²	Stress Limit kgf/cm ²	C Depth cm	C Limit cm
Top-Left	Leg 1	106.69	1.2D + L + Sd _v	379.24	-308.25	74.914	56	156.69	111.11
Top-Right	Leg 1	106.69	1.2D + L + Sd _v	379.24	308.2	74.907	56	156.69	111.11
Bottom-Left	Leg 1	108.34	1.2D + L + Sd _v	388.46	-433.7	90.891	56	158.34	111.11
Bottom-Right	Leg 1	108.34	1.2D + L + Sd _v	388.46	432.85	90.788	56	158.34	111.11

Figura 19: C Depth supera a C limit al igual que Stress Comp también supera al Stress limit.

4.7.3 Comprobación de la profundidad del eje neutro

Mediante el método iterativo se comprueba que al analizar con un C = 157.94 cm se cumple la igualdad, y comparando con el valor C que proporciona el Etabs, el cual resultó ser 158.20 cm, se evidencia que existe una aproximación (Ver Error! Reference source not found.).

Tabla 9: Fuerza axial cuando el valor de la profundidad del eje neutro C = 157.94 cm

Distancia di [cm]	Deformación unitaria [esi]	Esfuerzos fs = εs * E [kg/cm ²]	Esfuerzos fs [kg/cm ²]	Fuerza axial fs * Avar [kg/cm ²]
d ₁ 5	ε ₁ 0.00291	fs ₁ 6101	4200	21336.00
d ₂ 25	ε ₂ 0.00253	fs ₂ 5303	4200	21336.00
d ₃ 45	ε ₃ 0.00215	fs ₃ 4505	4200	21336.00
d ₄ 65	ε ₄ 0.00177	fs ₄ 3707	3707	18832.80
d ₅ 85	ε ₅ 0.00139	fs ₅ 2909	2909	14780.12
d ₆ 105	ε ₆ 0.00101	fs ₆ 2112	2112	10727.44

d ₇	125	ε ₇	0.00063	f _{s7}	1314	1314	6674.76
d ₈	145	ε ₈	0.00025	f _{s8}	516	516	2622.08
d ₉	165	ε ₉	-0.00013	f _{s9}	-282	-282	-1430.60
d ₁₀	185	ε ₁₀	-0.00051	f _{s10}	-1079	-1079	-5483.27
d ₁₁	205	ε ₁₁	-0.00089	f _{s11}	-1877	-1877	-9535.95
d ₁₂	225	ε ₁₂	-0.00127	f _{s12}	-2675	-2675	-13588.63
d ₁₃	245	ε ₁₃	-0.00165	f _{s13}	-3473	-3473	-17641.31
d ₁₄	265	ε ₁₄	-0.00203	f _{s14}	-4270	-4200	-21336.00
d ₁₅	285	ε ₁₅	-0.00241	f _{s15}	-5068	-4200	-21336.00
d ₁₆	305	ε ₁₆	-0.00279	f _{s16}	-5866	-4200	-21336.00
d ₁₇	325	ε ₁₇	-0.00317	f _{s17}	-6664	-4200	-21336.00
d ₁₈	345	ε ₁₈	-0.00355	f _{s18}	-7462	-4200	-21336.00
d ₁₉	365	ε ₁₉	-0.00393	f _{s19}	-8259	-4200	-21336.00
d ₂₀	385	ε ₂₀	-0.00431	f _{s20}	-9057	-4200	-21336.00
d ₂₁	405	ε ₂₁	-0.00469	f _{s21}	-9855	-4200	-21336.00
d ₂₂	425	ε ₂₂	-0.00507	f _{s22}	-10653	-4200	-21336.00
d ₂₃	445	ε ₂₃	-0.00545	f _{s23}	-11450	-4200	-21336.00
d ₂₄	465	ε ₂₄	-0.00583	f _{s24}	-12248	-4200	-21336.00
d ₂₅	485	ε ₂₅	-0.00621	f _{s25}	-13046	-4200	-21336.00
d ₂₆	505	ε ₂₆	-0.00659	f _{s26}	-13844	-4200	-21336.00
Sumatoria de fuerzas axiales							-207402.56

4.7.4 Diagramas de interacción con acero asignado

En primera instancia se realizó el diseño por flexión, viéndose en la Figura 20 que las solicitaciones están dentro de la curva.

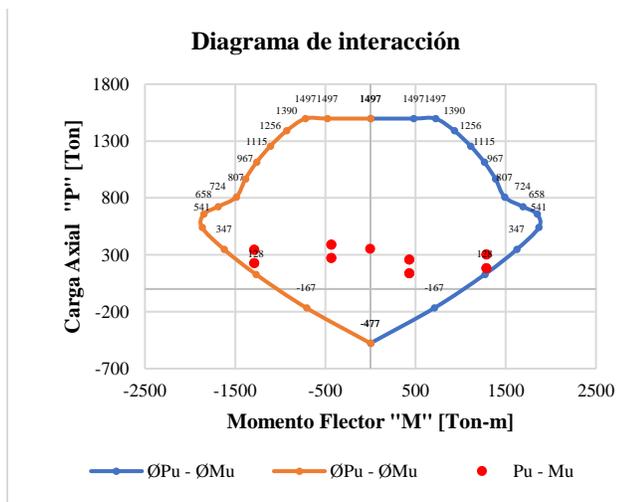


Figura 20: Diagrama de interacción incluido $\phi = 0.65$

Siiguiente se realizó el diseño por corte o capacidad, cumpliendo según indica el ACI 3818-19, excluyendo el valor de ϕ y a su vez aumentar 1.25 Fy (Ver Figura 21).

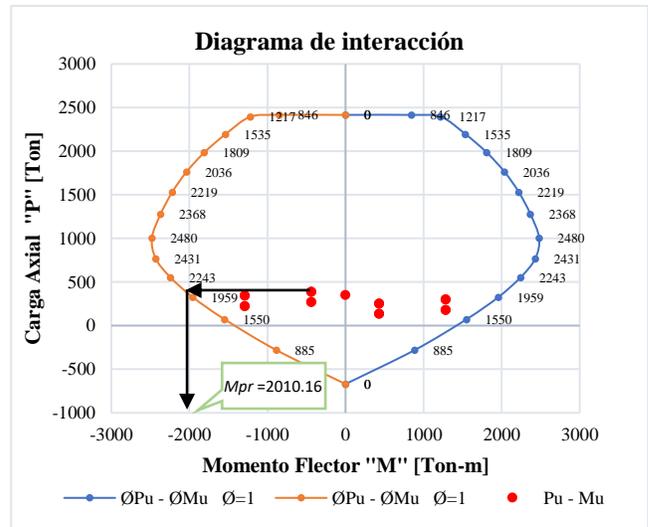


Figura 21: Diagrama de interacción con $\phi = 1$, aumentando 1.25Fy en Etabs.

Cabe recalcar que los elementos de bordes trabajaron con una cuantía entre el 1% y el 3% , mientras que el alma del muro trabajó tanto longitudinal como transversal según indica el ACI 318-19, con una cuantía no menos del 0,0025.

Los muros de los otros edificios se diseñaron bajo el mismo concepto, cumpliendo con las normas estipuladas en esta investigación.

4.8 Análisis comparativo de costos

En esta sección se presentarán los resultados de los precios unitarios (APU), considerando los siguientes rubros:

- H. simple, columnas $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- H. simple, vigas $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- H. simple, losas $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- H. simple, muros de corte $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo $Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$

4.8.1 Precio del hormigón por cada edificio

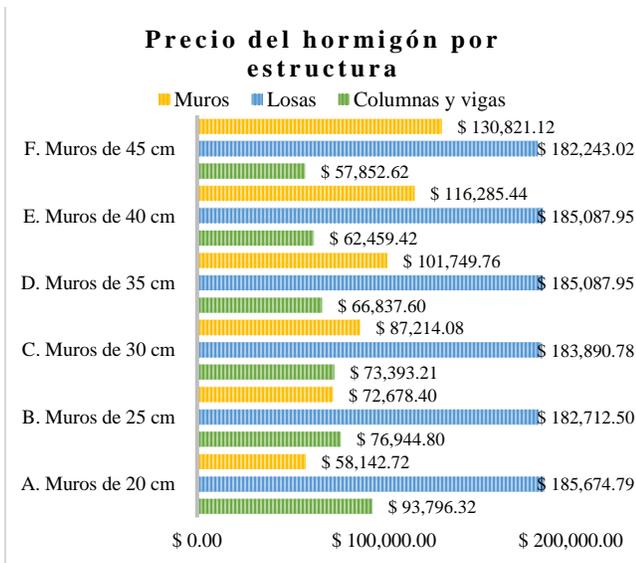


Figura 22: Precios referenciales del hormigón por elemento estructural.

Hormigón en los muros

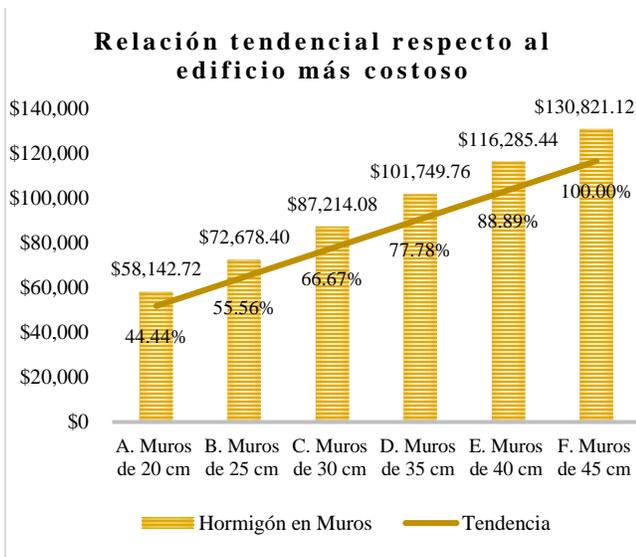


Figura 23: Relación de crecimiento en los muros de cortes. Respecto al hormigón en los muros de corte, se hace bastante evidente que exista este incremento debido al cambio de sección en los mismos, con incremento promedio del 11.11% que equivale a \$1.4535,68.

Hormigón en losas aligeradas

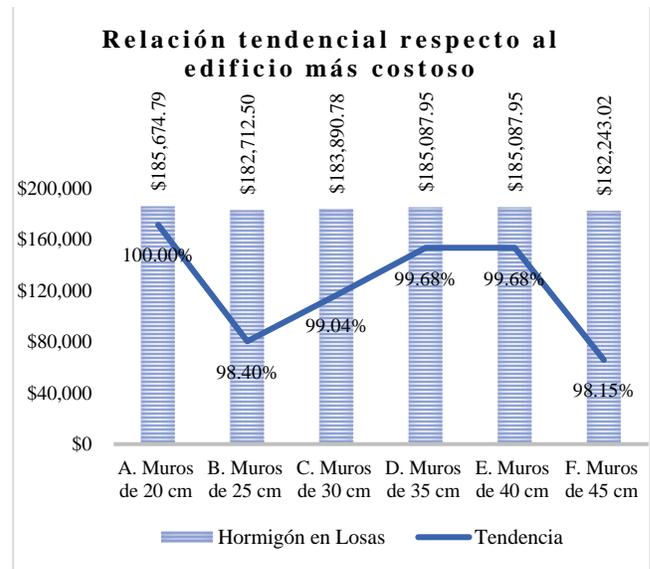


Figura 24: Relación de crecimiento en losas conforme cambia el espesor en los muros de cortes.

Respecto al hormigón en las losas aligeradas, existen pequeños cambios de costos, debido que al aumentar el espesor en los muros se reducen las bases de las vigas, ayudando ahorrar un porcentaje promedio del 0.84% de este material que equivalen a \$1.558,63.

Hormigón en vigas y columnas

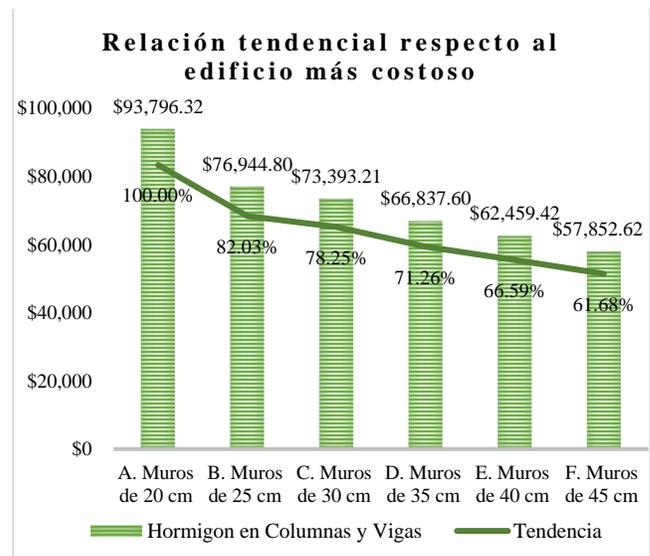


Figura 25: Relación de crecimiento en columnas y vigas.

Respecto al precio del hormigón en las vigas y columnas, se hace evidente que el costo va a decrecer un 17.97% entre el edificio A y B, en los edificios siguientes se mantiene un decremento de costos promedio aproximado del 5%.

4.8.2 Precio del acero por cada edificio

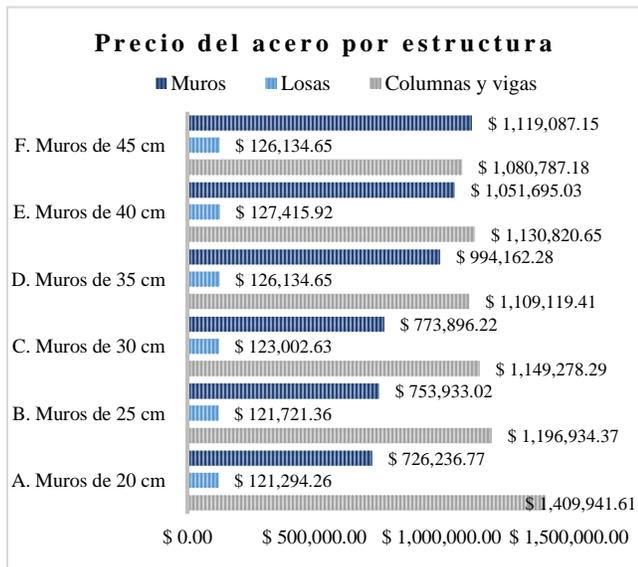


Figura 26: Precios referenciales del acero por elemento estructural

Aplicando el mismo concepto se determinó el costo referencial del acero de refuerzo en los muros, losas y vigas y columnas. El propósito de realizar un análisis por separado es para determinar cómo afecta este cambio de secciones a los elementos mencionados.

Acero en los muros

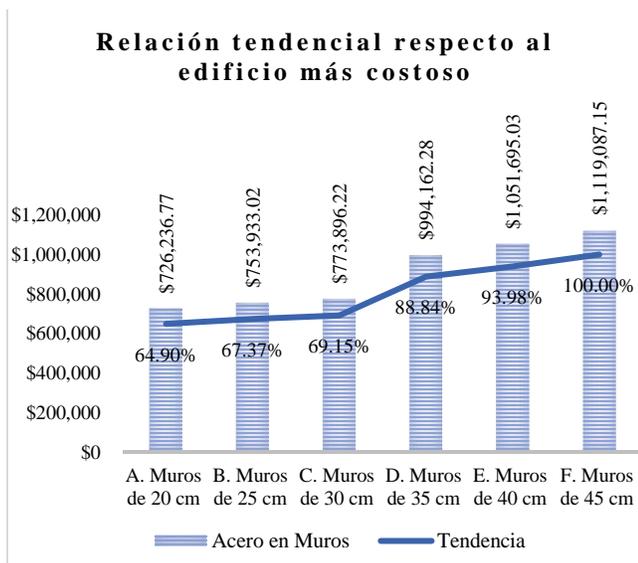


Figura 27: Relación de crecimiento en acero en los muros.

En los edificios A, B y C existe un incremento promedio del 2.25%, pero al utilizar muros de mayor espesor existe un salto gradual, reflejándose entre C y D un promedio de

crecimiento del 19.69%. Mientras tanto entre los edificios del D, E y F existe un crecimiento aproximado del 5.6%.

Acero en las losas aligeradas

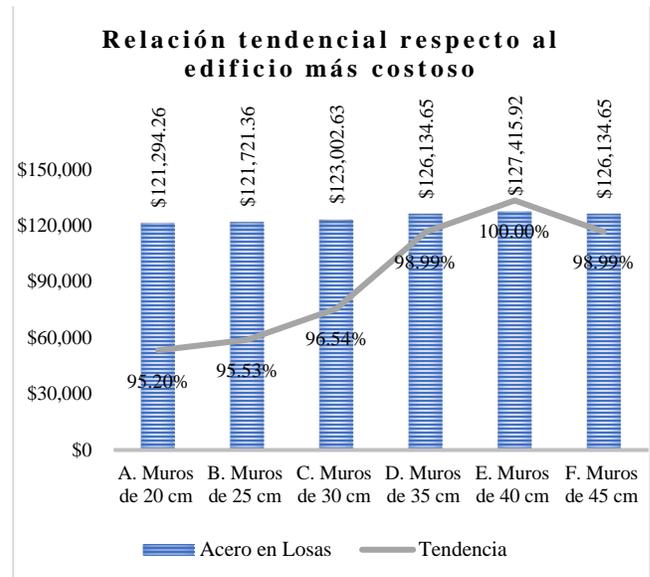


Figura 28: Relación de crecimiento de acero en las losas.

Al ir aumentando el espesor en los muros de cortes también influye que el acero tenga cierto aumento en porcentajes mínimos con un promedio aproximado del 0,96%.

Acero en las vigas y columnas

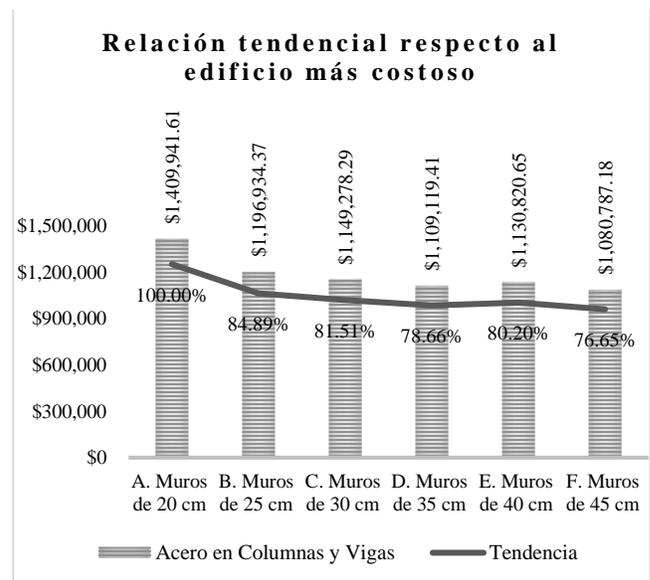


Figura 29: Relación de crecimiento de acero en las vigas y columnas.

Se evidencia un decremento en los costos del acero en vigas y columnas debido al cambio de secciones, teniendo una diferencia del 15.11% entre el edificio A y B, mientras, en los edificios B, C, D, E y F existe una reducción de un promedio aproximado del 3%.

4.8.3 Precios totales del hormigón y el acero

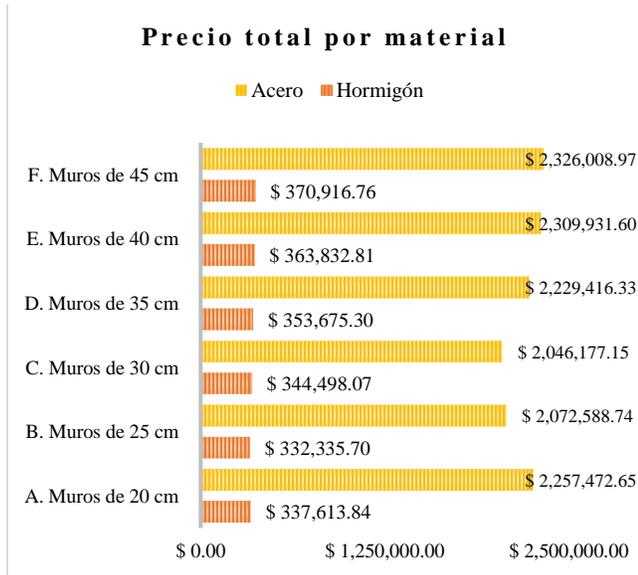


Figura 30: Precios referenciales del hormigón y acero

La Figura 30 muestra el resumen de los precios referenciales en hormigón y acero que exige cada edificio, notándose que el edificio más económico se determinará entre el B y C.

Precio total del Hormigón

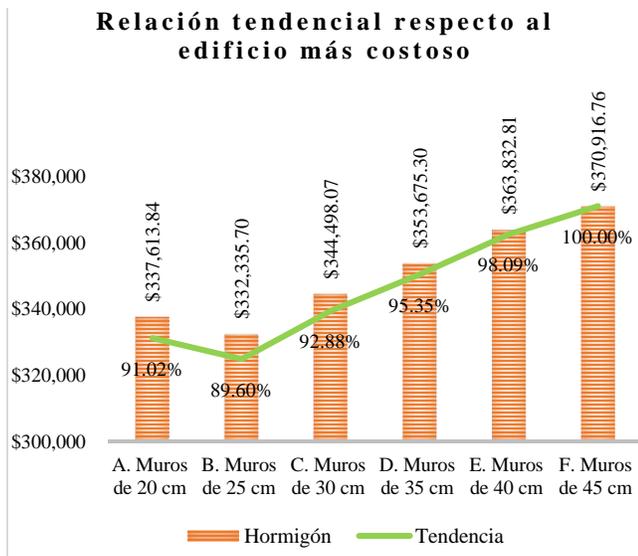


Figura 31: Relación de crecimiento del precio total del hormigón en todo el edificio.

De acuerdo con la Figura 31, existe un pequeño decremento de precios entre el edificio A y B con una diferencia del 1.42%. Esto indica que aumentar el espesor de un muro bastante delgado cuando a su vez se reducen drásticamente las secciones de vigas y columnas, se utilizará menor hormigón en la construcción.

Al seguir aumentando el espesor de los muros ya no cambiaría gradualmente la sección de las columnas y vigas, ya que este asociado al tema de las derivas.

Es por esto que desde el edificio B hasta el F existe un crecimiento promedio aproximado del 2.08%. Este incremento se produce debido a que los muros van alcanzando espesores mucho mayores y las reducciones mínimas en vigas y columnas ya no son suficiente para que este material se vea reducido como se mostró al inicio.

Precio total del Acero

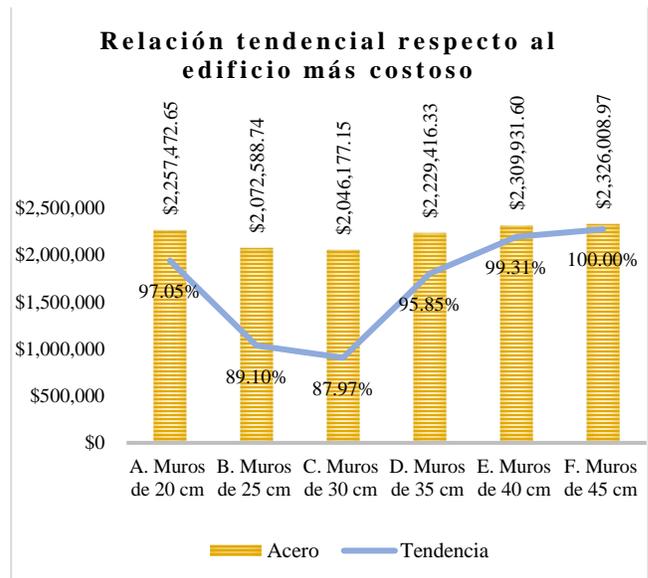


Figura 32: Relación de crecimiento del precio total del acero en todo el edificio.

De inicio se muestra una reducción de acero entre A, B y C, ya que en estos tres primeros edificios son los mayormente han tenido cambios de secciones en las vigas y columnas, además, los muros no tienen muchas diferencias de espesores entre ellos.

Pero al seguir aumentando el espesor de los muros nuevamente comenzará a incrementar la demanda de este material con un promedio aproximadamente del 5.67%. Cabe resaltar que a partir del edificio D las columnas mantienen las mismas dimensiones, pero en las vigas sí que existen pequeños cambios, y tener muros más robustos implica tener una mayor sección del acero, viéndose esto principalmente en los estribos.

4.8.4 Precio total de cada edificio

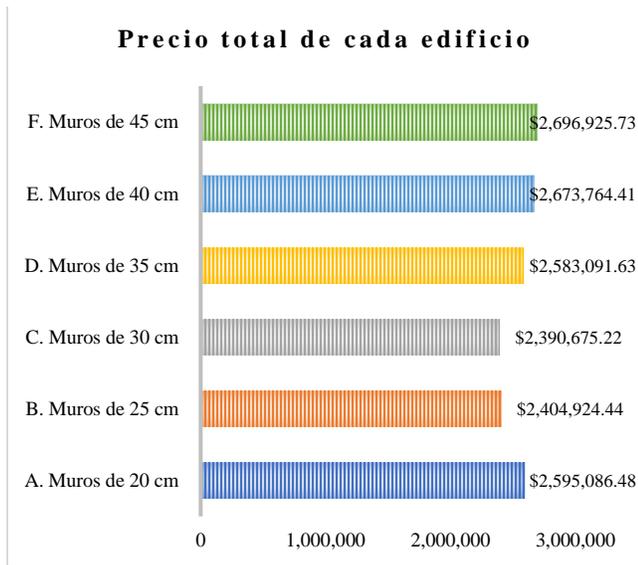


Figura 33: Precios totales que ocupan cada edificio.

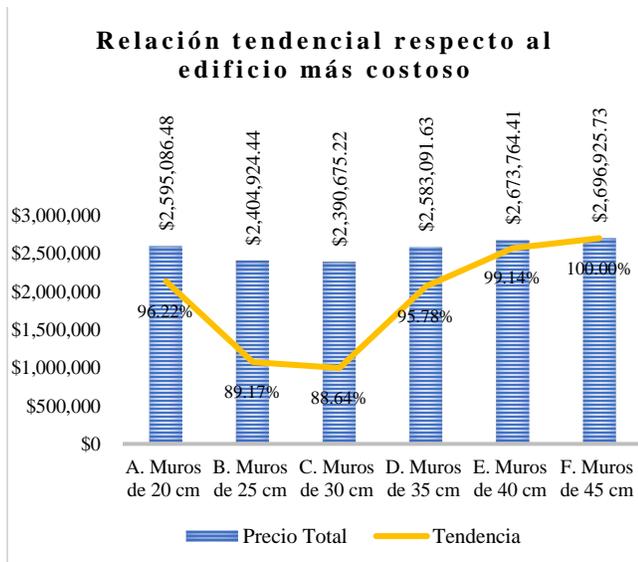


Figura 34: Relación de crecimiento que ha tenido cada edificio conforme cambió el espesor del muro de corte.

Con las **Figura 33**, **Figura 34** se determinó que el edificio más económico es la opción C cuando se utilizan muros con 30 cm de espesor.

Aunque se relaciona mucho con el edificio B, hubo una característica que ayudó a determinar su elección (esto se explica en la sección donde se verifica el peso de cada estructura).

La diferencia de costos entre los edificios B y C fue apenas de un 0.59% que corresponde a un monto de \$ 14.249,22 que en términos constructivos es un buen capital.

4.8.5 Peso del hormigón y acero por cada edificio

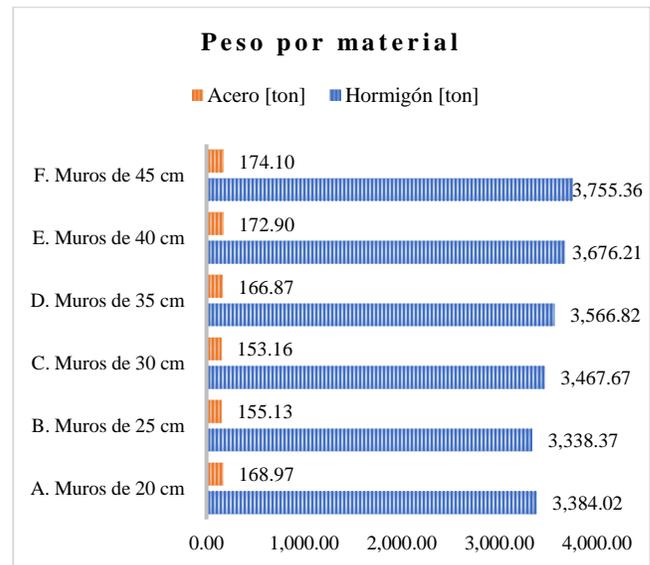


Figura 35: Peso total del hormigón y acero por cada edificio.

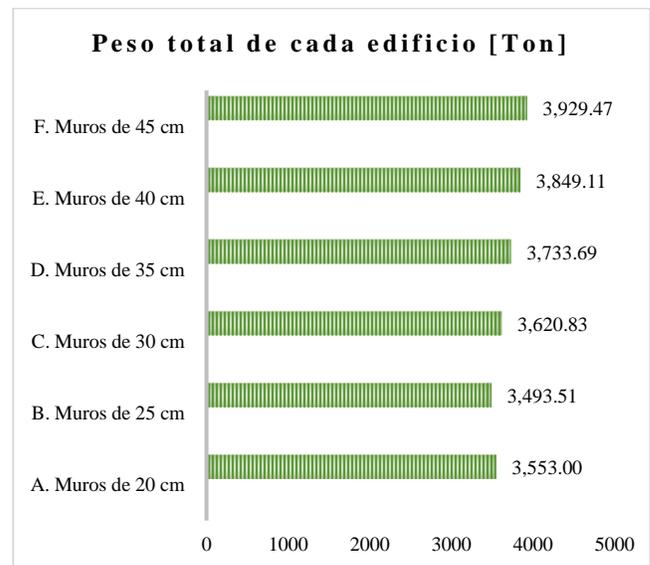


Figura 36: Peso total de cada edificio.

Con esta gráfica se ha determinado dos observaciones:

La primera observación es que la estructura con más peso es el edificio con muros de 45 cm con 3,929,47 Ton, mientras que, el edificio con menor peso es cuando los muros son de 25 cm, alcanzando un total de 3,553,00 Ton;

La segunda observación ya es en términos del presupuesto, pues revisando las figuras anteriores, siendo más específico, la figura 33 y 34, se ha determinado que el edificio C con muros de 30 cm es el más económico, pero en la figura 36 se muestra que no es el más liviano.

Lo que determinó a dicha estructura como la mejor opción fue la influencia del acero, ya que se registraron precios más altos de este material en el edificio B con muros de corte de 25 cm, con una diferencia de USD: \$ 26.411,60 respecto al modelo con muros de 30 cm.

4.9 Influencia del acero en las losas

A medida que se ha desarrollado la investigación, se mencionó que las losas no mantienen un mismo costo, aun cuando se mantuvieron las cargas y la sección de losa para todos los edificios.

Lo cual hace inferir que cambiar las secciones de los elementos estructurales provoca que exista una ligera influencia en el acero de las losas aligeradas, notándose que la demanda de este material irá aumentando en cuanto los muros vayan teniendo un mayor espesor.

Estas diferencias se muestran tanto en las franjas de columnas como en los costados del muro de corte, pues sucede que al aumentar la sección del muro la viga será más delgada, por lo tanto, el hormigón ya no compensaría de la misma forma y para ello, el acero cubrirá esa solicitud restante.

Losa aligerada del edificio A, muros de 20 cm

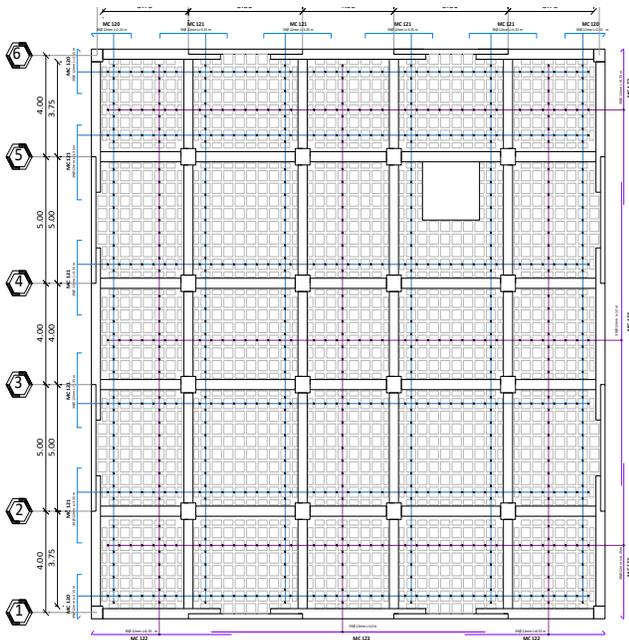


Figura 37: Acero en losa aligerada del edificio A cuando los muros de cortes son de 20 cm de espesor.

De acuerdo al análisis realizado en el software SAFE, cuando los muros son delgados, la losa solo ha requerido un acero con $\varnothing = 12 \text{ mm}$ tanto en la parte superior e inferior

del nervio ya que se determinó que era suficiente para resistir las solicitaciones de cargas.

Losa aligerada del edificio E, muros de 40 cm

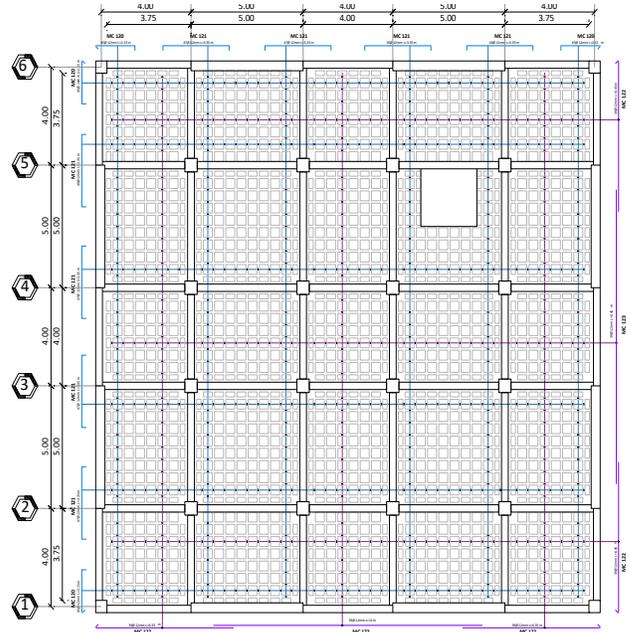


Figura 38: Acero en losa aligerada del edificio D cuando los muros de cortes son de 40 cm de espesor.

En esta losa también se asignó un acero de refuerzo con $\varnothing = 12 \text{ mm}$ para la fibra inferior del nervio, la diferencia con la losa antes mencionada se presenta más acero de refuerzo en la fibra superior del nervio, viéndose esta necesidad en los costados del muro y en la franja de columna principalmente entre la conexión viga y columna.

5. Conclusiones

Como consecuencia de tener una deriva aproximada al 1,80% en los seis edificios de hormigón armado, no existen diferencias significativas en los modos de vibración, registrándose la mayor oscilación en el edificio A con muros de 20 cm con 1,06 segundos, mientras que, el menor ocurre en el modelo F con muros es de 45 cm con un periodo de 1,03 segundos.

Se presenta una ligera diferencia de resultados entre el máximo y el mínimo de los desplazamientos, registrándose que el edificio A es superior por un 3.95% respecto al último edificio F.

Se evidenció un aspecto bastante importante al determinar el peso de cada estructura, donde se pudo observar que el modelo con muros de 25 cm es el más liviano, pero no es el más económico. Sucede que el edificio C con muros de 30 cm tiene 129,30 ton más de concreto; en función de la

demanda de acero de refuerzo hay un decremento de 1.97 ton, lo cual indica, que el acero de refuerzo fue determinante como el modelo más económico estructuralmente.

De acuerdo a los análisis realizados se escogió al edificio C con muros de 30 cm como el más óptimo y para ello se tomaron dos aspectos importantes; el primero fue su comportamiento sísmico, que en comparativa a los otros modelos presenta resultados bastante similares tanto en periodos de vibración, desplazamiento y derivas; y como segundo punto, se determinó en función del presupuesto es el más económico llegando a alcanzar un total de USD: \$ 2`390.675,22.

Referencias

- Comité ACI 318. (2019). Requisitos de reglamento para concretos estructurales. U.S.A: American Concrete Institute.
- Guerra, M., & Chacón, D. (2010). Manual para el diseño sismorresistente de edificios utilizando el programa ETABS 1ra edición.
- McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2017). Diseño De Concreto Reforzado 10ª Edición. Alfaomega.
- Mejía, T. (2021). Estudio descriptivo. <https://www.lifeder.com/estudio-descriptivo/>
- NEC - SE - DS. (2015). Peligro sísmico, diseño sismo resistente. Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción).
- Villavicencio-Cedeño, E. G., Orejuela-Mendoza, I. C., Gallegos-Campos, C. G., & Regalado-Jalca, J. J. (2024). Análisis de uniones viga-columna en hormigón armado a través de Microsoft VBA. Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación. ISSN: 2737-6249., 7(13 Ed. esp.), 115-135. <https://doi.org/10.46296/ig.v7i13edesapab.0189>

Contribución de los autores (CRediT)

Constante-Castro, M.: Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Recursos materiales, Software, Validación, Visualización, Redacción – borrador original. **Villavicencio-Cedeño, E.:** Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Metodología, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción – revisión y edición.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual .4.0

Artículo de revisión

La arquitectura portuaria y su impacto en el desarrollo urbano de las ciudades costeras ecuatorianas. Una revisión narrativa de literatura

Diego Gregorio Zambrano-Arteaga^[1]  Adrián Eliceo Reyna-García^[1] 

[1] Universidad San Gregorio de Portoviejo (USG). Portoviejo, Ecuador.

Autor para correspondencia: e.dgzambrano@sangregorio.edu.ec



Resumen

El presente artículo analiza cómo la arquitectura portuaria influye en el desarrollo urbano de las ciudades costeras ecuatorianas, en ese contexto, este trabajo plantea la premisa de integrar puertos y ciudad para lograr un crecimiento urbano sostenible e inclusivo. Se realizó una revisión narrativa de literatura, examinando estudios teóricos y casos de Ecuador (Guayaquil, Manta, Puerto Bolívar, Esmeraldas) para sintetizar tendencias. En los resultados se identificó que los puertos han impulsado históricamente la economía urbana y la configuración espacial, pero su desconexión ha causado fragmentación urbana, conflictos socio-ambientales y pérdida de acceso ciudadano al borde costero. Seguidamente, se discuten estrategias recientes de reintegración puerto-ciudad, como la renovación de frentes marítimos y la planificación conjunta, evidenciando mejoras en calidad urbana y desafíos pendientes. El estudio concluye que una arquitectura portuaria bien articulada es clave para un desarrollo urbano sostenible, e insta a profundizar en lineamientos de diseño integrados y políticas participativas.

Palabras Clave: *arquitectura portuaria; desarrollo urbano; ciudades costeras; integración puerto-ciudad; sostenibilidad.*

Review

Port architecture and its impact on the urban development of Ecuadorian coastal cities. A narrative literature review

Abstract

This article examines how port architecture influences urban development in Ecuador's coastal cities. The introduction underlines the importance of port-city integration in order to achieve sustainable and inclusive urban growth. A narrative literature review was conducted, drawing on theoretical studies and four Ecuadorian port city cases (Guayaquil, Manta, Puerto Bolívar, Esmeraldas) to synthesize current trends. Results: The study found that ports have historically driven urban economic growth and shaped the spatial configuration of these cities; however, their uncoordinated development has led to urban fragmentation, socio-environmental conflicts, and the loss of public access to waterfronts. Recent port-city reintegration strategies – such as waterfront revitalization and joint planning – are discussed, highlighting improvements in urban quality, although challenges persist. The study concludes that well-integrated port architecture is key to sustainable urban development, and it urges further development of integrated design guidelines and participatory policies.

Keywords: *port architecture; urban development; coastal cities; port-city integration; sustainability.*

1. Introducción

En las últimas décadas se ha observado cómo la globalización, la urbanización y la reconfiguración portuaria han transformado las ciudades costeras (Bruttomesso, 2021). En Ecuador, esta transformación es evidente en la evolución histórica de ciudades como Guayaquil, Manta y Puerto Bolívar (Blacio, 2020). Durante el siglo XX, la expansión portuaria priorizó la logística y desprofesionalizó la planificación, lo cual provocó que muchas terminales se alejaran de los centros urbanos, generando fragmentación, segregación y la desvalorización de los frentes marítimos (Notteboom et al., 2022; Redondo, 2014). Asimismo, el crecimiento portuario generó tensiones ambientales y problemas de movilidad (Alaily-Mattar, 2020), lo que ha llevado a revalorar el vínculo puerto-ciudad en busca de una planificación más sostenible y equitativa.

La arquitectura portuaria es un componente urbano que impacta decisivamente la forma, la función y la identidad de la ciudad, ya que su diseño, localización y articulación determinan la eficiencia portuaria, la calidad urbana, la accesibilidad costera y la integración social. Por ello, su estudio debe ser multidisciplinario, incorporando dimensiones técnicas, urbanas, sociales, ambientales y culturales.

El problema central de este trabajo es: *¿Cómo influye el diseño arquitectónico portuario en el desarrollo urbano de las ciudades costeras ecuatorianas?* Esta pregunta surge de la necesidad de comprender los vínculos entre infraestructura portuaria y dinámicas urbanas en un contexto de acelerada transformación territorial y desafíos en la planificación integrada.

En respuesta a esta problemática, el objetivo general de esta investigación es analizar la arquitectura portuaria y su impacto en el desarrollo urbano de las ciudades costeras ecuatorianas mediante una revisión narrativa de la literatura concerniente a esta tipología arquitectónica para comprender el rol de las dinámicas urbanas en el desarrollo de estas ciudades. A través de este análisis, se busca comprender el rol de las dinámicas urbanas en la transformación de estos espacios y su influencia en la configuración de la ciudad. Para ello, se han planteado objetivos que van desde analizar las dimensiones teóricas y prácticas de la arquitectura portuaria identificadas en la literatura, en relación con su papel en el desarrollo urbano de las ciudades costeras ecuatorianas.

Así mismo se pretende determinar los impactos de la arquitectura portuaria en el desarrollo urbano de la costa ecuatoriana, considerando dimensiones económicas, ambientales y sociales, y por último el de identificar lineamientos que sirvan de base para futuros proyectos

arquitectónicos y urbanísticos, con el fin de adaptar dichas propuestas a la realidad socio-territorial de la región.

La relevancia de este estudio se fundamenta en su triple contribución. Primero, aborda una necesidad académica de sistematizar el conocimiento integral de la arquitectura portuaria, reconociendo su impacto en la logística, economía, morfología urbana, cohesión social y sostenibilidad ambiental. Segundo, ofrece criterios para la planificación territorial y el diseño urbano, orientando intervenciones en áreas portuarias activas o en desuso. Finalmente, aporta una perspectiva crítica y contextualizada sobre los desafíos y oportunidades de Ecuador hacia un desarrollo costero equitativo e inclusivo. En un contexto nacional de modernización y expansión portuaria, resulta crucial reflexionar sobre estrategias arquitectónicas y urbanas que promuevan una integración armónica entre puerto y ciudad. Este análisis busca ofrecer insumos para una planificación más consciente del rol multifacético de la arquitectura portuaria en el desarrollo urbano costero ecuatoriano.

2. Metodología

Este estudio se realizó como una revisión narrativa de literatura, con el propósito de sintetizar de manera cualitativa los hallazgos sobre los impactos de la arquitectura portuaria en el desarrollo urbano de cuatro ciudades costeras ecuatorianas (Guayaquil, Manta, Puerto Bolívar y Esmeraldas). Para esto, se implementó un protocolo ordenado de búsqueda, depuración y análisis de documentos, que abarcó no solo bases de datos académicas indexadas, sino también repositorios institucionales, libros, capítulos de libro y sitios web especializados. A continuación, se describen las fases, los criterios específicos y la cuantificación de los 43 trabajos finalmente incluidos.

Se llevó a cabo la búsqueda utilizando las combinaciones “*arquitectura portuaria*” o “*port architecture*” junto con “*desarrollo urbano*” o “*urban development*”, vinculadas a las ciudades Guayaquil, Manta, Puerto Bolívar y Esmeraldas. Para ello se revisaron bases de datos indexadas (Scopus, Web of Science y DOAJ), repositorios institucionales ecuatorianos (UTMACH, ESPOL, Universidad de Guayaquil y USGP), catálogos de editoriales académicas y libros en los repositorios de PORTUS, Springer y Routledg, así como sitios web de organizaciones sectoriales y revistas en línea no indexadas como AIVP, ArchDaily, PortCityFutures, HISBA e Innova Research Journal. Todos los registros obtenidos —artículos, tesis, capítulos y reportes en línea— se importaron a Zotero, donde se eliminaron duplicados y se etiquetaron de acuerdo con el tipo de documento (artículo, tesis, libro o reporte) y la ciudad foco (Guayaquil, Manta, Puerto Bolívar o Esmeraldas).

La distribución de años de las obras la más temprana incluida data del año 2000, mientras que el estudio más reciente pertenece a 2024. Aunque el núcleo principal de la revisión abarca preferentemente el quinquenio 2019–2024 (de hecho, 25 de las 43 fuentes pertenecen a ese período), se decidió extender el rango hacia publicaciones anteriores cuando esas obras resultaban fundamentales para comprender la evolución histórica y conceptual de la relación puerto-ciudad en Ecuador.

2.1. Criterio de inclusión y exclusión

Los siguientes criterios buscan asegurar la relevancia temática, la calidad académica y la pertinencia contextual de las fuentes, especialmente en relación con las ciudades portuarias ecuatorianas de interés (Tabla 1).

Tabla 1: Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Estudios que aborden la interrelación entre arquitectura o infraestructura portuaria y el desarrollo urbano de las ciudades, en contextos costeros.	Estudios cuyo enfoque no involucre la relación puerto-ciudad o que analicen exclusivamente aspectos técnicos portuarios.
Publicaciones académicas arbitradas, tesis de posgrado o informes técnicos oficiales con respaldo institucional, que proporcionen datos o análisis sobre impactos.	Fuentes no académicas o de baja rigurosidad, tales como blogs, entradas sin revisión por pares o contenidos sin datos verificables que puedan sesgar la revisión.
Trabajos publicados preferentemente en el último quinquenio (2019–2024); se incluyeron estudios previos a 2019 solo si son reconocidos como referencias seminales.	Estudios publicados antes de 2019 que no sean considerados aportes fundamentales al tema, dado que podrían estar desactualizados frente a las dinámicas recientes.
Investigaciones centradas en ciudades portuarias ecuatorianas (Guayaquil, Manta, Puerto Bolívar, Esmeraldas) o casos internacionales análogos comparables al contexto.	Estudios realizados en contextos geográficos no comparables con ciudades portuarias ecuatorianas (por ejemplo, puertos interiores o ciudades no costeras sin actividad portuaria).
Documentos disponibles en español o inglés, idiomas manejados por el autor.	Publicaciones en idiomas distintos al español o inglés, debido a limitaciones idiomáticas.
Fuentes indexadas en Scopus, Web of Science y DOAJ.	Fuentes no indexadas en bases de datos académicas reconocidas.

2.2. Distribución de las publicaciones por tipo de fuente

Una vez realizado el análisis de inclusión y exclusión, la tabla siguiente muestra cómo quedaron distribuidas las obras según el tipo de fuente o la plataforma en que están indexadas o alojadas (Tabla 2).

Tabla 2: Distribución de las publicaciones por tipo de fuente

Categoría	Número de documentos
Artículos en revistas indexadas (Scopus/WoS/DOAJ)	11
Tesis y trabajos en repositorios institucionales de Ecuador	11
Artículos en revistas locales/regionales no indexadas	6
Libros y capítulos de libro (editoriales académicas)	5
Reportes en línea / sitios web especializados	10
Total	43

3. Resultados

3.1. Análisis de las dimensiones teóricas y prácticas de la arquitectura portuaria, en relación con su papel en el desarrollo urbano.

3.1.1. Definición y características de la arquitectura portuaria

La arquitectura portuaria se refiere al conjunto de edificaciones, infraestructuras e intervenciones urbanas que conforman los puertos marítimos y fluviales. A grandes rasgos, abarca tanto las obras marítimas (muelles, diques, rompeolas, canales de acceso) como las instalaciones terrestres asociadas (almacenes, grúas, astilleros, edificios administrativos, estaciones de pasajeros, etc.), integrando componentes de ingeniería costera y diseño arquitectónico (Estrada, 2018).

En esencia, un puerto es un nodo de intercambio entre la tierra y el mar, por lo que sus estructuras presentan una naturaleza híbrida: deben interactuar con el entorno urbano terrestre a la vez que resisten las condiciones marítimas. Por ejemplo, los muelles e instalaciones de atraque –elementos fundamentales de cualquier puerto– constituyen, como escribe Estrada (2018), la esencia misma de su función, que no es otra que la de posibilitar la transferencia de la carga entre modos de transporte. Esto implica que la arquitectura portuaria posee características muy particulares, combinando la escala monumental y técnica requerida para el comercio marítimo con consideraciones estéticas y urbanas propias de la arquitectura.

Desde un punto de vista funcional y constructivo, la arquitectura portuaria se ha caracterizado tradicionalmente por su robustez estructural, adaptada a grandes cargas y a entornos salinos, y por su flexibilidad espacial para acomodar distintas actividades (carga, pasajeros, pesca, astilleros) (Estrada, 2018; Notteboom, et al, 2022). Sin embargo, no se reduce solo a lo técnico-operativo: también incluye elementos simbólicos y culturales. Históricamente, los puertos han sido la “cara” de la ciudad hacia el exterior, actuando como carta de presentación y puerta de entrada para viajeros y comercio (Alaily-Mattar, 2020).

Además, muchas edificaciones portuarias –como faros, aduanas, mercantiles o estaciones marítimas– fueron dotadas de una arquitectura notable que reflejaba el poder económico y las aspiraciones de la ciudad portuaria. La arquitectura portuaria, por lo tanto, debe entenderse en un sentido amplio: no solo como infraestructura logística, sino también como parte integral del tejido urbano e identidad de las ciudades-puerto (Andrade, et al, 2021).

3.1.2. Funciones de la arquitectura portuaria

Por su propia naturaleza, la arquitectura portuaria cumple funciones estratégicas que son clave en el desarrollo urbano y económico. Su función logística y comercial primordial es la de vincular mercados locales con redes globales de transporte marítimo, facilitando el intercambio de mercancías a gran escala (Notteboom, et al, 2022).

Desde un lente extendido de su rol comercial, la arquitectura portuaria desempeña otras funciones. Una de ellas es la función urbana y de articulación territorial: los puertos estructuran la forma urbana de las ciudades costeras al ocupar extensas franjas del litoral y al servir de bisagra entre la ciudad y el mar. En Latinoamérica, por ejemplo, “*el puerto [fue] el origen del sistema urbano*” en muchas ciudades coloniales, definiendo su función y crecimiento (Redondo, 2014). Así, las infraestructuras portuarias no solo movían mercancías, sino que también condicionaban la ubicación de barrios, vías férreas, mercados y otros equipamientos en la trama urbana.

En este sentido, la arquitectura portuaria tiene una función socio-espacial: es un espacio de interacción de diversos actores (comerciantes, trabajadores, viajeros) y a la vez barrera o frontera dentro de la ciudad. Por ejemplo, en siglos pasados el muelle y la aduana eran lugares de encuentro entre locales y foráneos, y el puerto en su conjunto fungía como punto de entrada de influencias culturales y tecnológicas. Como planteaba Braudel, los puertos han actuado durante siglos como rutas de intercambio cultural y humano que forjaron espacios urbanos plurales (Alaily-Mattar, 2020).

Otra función importante es la simbólica e identitaria. La presencia de determinadas estructuras portuarias emblemáticas, como faros, torres de reloj portuarias,

edificios de autoridades portuarias o más recientemente terminales de cruceros de diseño vanguardista, contribuye a la imagen de la ciudad (Alaily-Mattar, 2020).

3.2. Relación entre arquitectura portuaria y dinámicas urbanas

3.2.1. Puertos como motores de formación urbana, de la competencia a la reintegración puerto-ciudad

Históricamente, la presencia de un puerto ha sido un factor estructurador del desarrollo urbano. Ciudades enteras surgieron y prosperaron gracias a su condición de puertos, lo que las convirtió en enclaves estratégicos de intercambio comercial y cultural (Belitardo, 2023; Hoyle, 2000). Las dinámicas urbanas —como el crecimiento poblacional, el trazado de barrios y el auge de ciertas actividades económicas— estuvieron profundamente influenciadas por las funciones portuarias (Rodríguez, 2020).

En los alrededores inmediatos del puerto solían establecerse activos distritos comerciales e industriales: mercados de abastos, astilleros, depósitos y empresas ligadas al comercio marítimo, así como servicios como aduanas, oficinas navieras, hospedajes y bancos que prosperaban atendiendo el flujo de mercancías y viajeros (Wilmsmeier, et al, 2021).

De este modo, la ciudad portuaria tradicional tendía a tener su corazón económico junto al agua. Un claro ejemplo es Guayaquil en el período republicano temprano, donde el barrio de Las Peñas, el Malecón y la calle La Orilla concentraban la actividad mercantil ligada al puerto, irradiando prosperidad hacia el resto de la urbe (Blacio, 2020). En términos sociales y culturales, los puertos también aportaban diversidad: eran puerta de entrada de personas e ideas nuevas, fomentando intercambios culturales y el cosmopolitismo en la ciudad (Chisaguano, 2021).

A esto se suma lo que García (2023) explica:

Los planes de territorios incorporan el concepto de objeto interno de ciudad, en el que se engloban los edificios, construcciones e infraestructuras principales que, integradas en el entorno urbano, interactúan de forma importante con la ciudad. Entre estos objetos destacan, por su importancia e impacto, los puertos (p.2).

El crecimiento portuario del siglo XX generó desafíos urbanos como congestión, competencia por el suelo y tensiones ambientales (Bruttomesso, 2021), llevando a una “*ruptura de la interfaz puerto-ciudad*” (Hoyle, 2000; Wilmsmeier et al., 2021). Actividades portuarias a gran escala resultaron incompatibles con áreas centrales, forzando el aislamiento o reubicación de puertos (Rodríguez, 2020).

En Guayaquil, el traslado del puerto en 1963 redistribuyó funciones urbanas (Blacio, 2020; Wilmsmeier et al., 2021).

En Manta, la ubicación del puerto pesquero causó conflictos de tráfico (Véliz, 2008), evidenciando la necesidad de reubicación o rediseño. Estos casos reflejan fricciones crecientes entre puerto y ciudad con el aumento de la escala operativa (Bruttomesso, 2021; AIVP, 2020).

Ejemplos de reintegración incluyen Puerto Santa Ana en Guayaquil (Chisaguano, 2021) y planes en Manta para modernizar el puerto pesquero y turístico con vías perimetrales y áreas buffer (Véliz, 2008; GAD Manta, 2021). Incluso en Puerto Ayora (Galápagos), se busca equilibrar la relación puerto-ciudad con diseño urbano (Chisaguano, 2021), mostrando un reconocimiento general de la necesidad de coordinación (Wilmsmeier et al., 2021).

La tendencia actual es hacia una convivencia sostenible (AIVP, 2020; Bruttomesso, 2021), con terminales compactos, zonas logísticas alejadas, controles ambientales estrictos y corredores verdes. Se valora el patrimonio portuario para reforzar la identidad marítima (Hoyle, 2000). La relación puerto-ciudad es dialéctica (Rodrigue, 2020), y comprenderla es crucial para planificar ciudades costeras resilientes (Wilmsmeier et al., 2021).

3.3. Impactos de la arquitectura portuaria en el desarrollo urbano de la costa ecuatoriana, un sobrevuelo a sus dimensiones económicas, ambientales y sociales.

3.3.1. Dimensión económica de la relación puerto-ciudad en la costa ecuatoriana

Históricamente, los puertos han sido motores del desarrollo económico en ciudades costeras (Rodrigue, 2020; CEPAL, 2017). En Ecuador, Guayaquil y Manta deben gran parte de su crecimiento a la actividad portuaria (Wilmsmeier, et al, 2021), dinamizando la economía y generando empleo directo e indirecto (Belitardo, 2023; Rodrigue, 2020). Un puerto competitivo atrae empresas logísticas y amplía la base económica urbana.

La modernización portuaria requiere mano de obra especializada y genera oportunidades en sectores terciarios (Wilmsmeier et al., 2021). La inversión en infraestructura portuaria revaloriza el suelo y mejora la competitividad urbana (Alaily-Mattar, 2020). La reconversión de áreas portuarias puede atraer turismo y capital privado (Blacio, 2020), como el Malecón 2000 en Guayaquil (Blacio, 2020; Redondo, 2014).

Guayaquil, el principal puerto de Ecuador, maneja la mayoría del tráfico de contenedores (Wilmsmeier et al., 2021), siendo un eje logístico clave y el corazón comercial del país (CEPAL, 2017). La expansión portuaria incluyó el Puerto Nuevo (1963) y el puerto de aguas profundas en Posorja (2019) (Alfaro, 2015), buscando mantener la competitividad (Barrera et al., 2019). A pesar de movilizar

más de 2 millones de TEU al año (Morales-Núñez et al., 2020), la apertura de Posorja generó competencia interna (Wilmsmeier et al., 2021). El modelo de concesiones ha tenido resultados mixtos. Guayaquil ejemplifica cómo la arquitectura portuaria impulsa el desarrollo económico, aunque con desafíos de coordinación institucional.

Manta es un puerto pesquero e industrial, centro de la industria atunera (Véliz, 2008), buscando diversificarse hacia carga comercial y cruceros. Fue promovida como posible puerto principal (Wilmsmeier et al., 2021), con concesiones y modernización limitadas por eventos adversos (Cantos, et al., 2009), incluyendo el terremoto de 2016 que dañó su infraestructura (Cando-Jácome & Martínez-Graña, 2019; Barreno & Brito, 2018; Saltos, 2019). Actualmente, con un calado profundo, busca ser un complemento regional (Macías et al., 2016), aunque su participación en contenedores es modesta (Wilmsmeier et al., 2021). Su impacto económico podría mejorar con planificación estratégica y gobernanza colaborativa (Mora, 2008; Félix & Mateos, 2018).

Puerto Bolívar, en Machala, es estratégico para la agroexportación bananera (Alvarado et al., 2020), facilitando el auge bananero (Carrasco, 2015). La concesión a Yilport en 2016 busca modernizarlo (Becerra, 2012; Benítez, 2014) para recibir buques post-panamax y competir regionalmente. Su éxito depende de un entorno institucional y social estable.

Esmeraldas, con el Terminal Petrolero Balao y la Refinería Estatal (Valdivia, 2023; Espinoza-Echeverría, et al. 2023), contribuye principalmente a través del sector hidrocarburos. Grandes inversiones (2007-2017) tuvieron un impacto económico urbano limitado (Quiñonez et al., 2020), sin diversificar la economía (Delgado, 2013). El puerto comercial maneja poca carga contenerizada (Plaza et al., 2018), y el empleo se centra en la refinería (Díaz et al., 2024). Esmeraldas ilustra cómo la infraestructura estratégica no garantiza desarrollo urbano equilibrado por asimetrías institucionales (Alencastro et al., 2020).

Los cuatro casos muestran realidades contrastantes. Guayaquil lidera en contribución al PIB, mientras que los otros tienen roles segmentados. Inversiones recientes benefician a Guayaquil y Puerto Bolívar, mientras Manta se recupera y Esmeraldas enfrenta la dependencia sectorial. Un desafío común es la distribución desigual de beneficios portuarios, donde gran parte se canaliza a nivel nacional o global, dejando costos sociales a las ciudades anfitrionas. Sin políticas de reinversión, el crecimiento portuario no asegura desarrollo urbano inclusivo.

La traducción del impacto portuario en bienestar urbano depende de la integración puerto-ciudad, la diversificación económica y la buena gobernanza.

3.3.2. *Dimensión social de la relación puerto-ciudad en la costa ecuatoriana*

Tradicionalmente, el waterfront portuario era un núcleo urbano vibrante, como ejemplificó Guayaquil con su Malecón y el barrio Las Peñas (Blacio, 2020). Sin embargo, la expansión logística del siglo XX generó una “ruptura de la interfaz” puerto-ciudad (Hoyle, 2000; Schubert, 2015), con la segregación de zonas portuarias. En las últimas décadas, se observa una revalorización del waterfront a nivel global, buscando reintegrar el puerto a la ciudad a través de proyectos de transformación en espacios públicos y culturales (Alaily-Mattar, 2020). La reutilización de la arquitectura portuaria con fines culturales y turísticos, como la Casa del Puerto de Amberes (AIVP, 2016), ilustra esta tendencia.

Guayaquil fue pionera en Ecuador con la recuperación de su frente fluvial a través del Malecón 2000 y proyectos aledaños, reforzando la identidad local (Blacio, 2020). No obstante, el impacto portuario en la inclusión social es complejo. Si bien puede generar bienestar a través de empleo e infraestructura, también puede exacerbar desigualdades si los costos (contaminación, desplazamientos) no se compensan con beneficios equitativos. La gentrificación, observada en varios *waterfronts* (Hoyle, 2000), es un riesgo cuando la revitalización encarece el suelo y desplaza a residentes de bajos ingresos.

3.3.3. *Casos de impacto social en Guayaquil, Manta, Puerto Bolívar y Esmeraldas.*

La relación Puerto-ciudad ha pasado de la segregación a la reintegración parcial: tras décadas en que el puerto principal estuvo aislado en la periferia suroeste, la ciudad recuperó su río mediante proyectos emblemáticos de regeneración urbana. El Malecón 2000 y otras iniciativas han devuelto espacios públicos a los guayaquileños, mejorando la calidad de vida urbana y reduciendo la percepción de inseguridad en el centro (Blacio, 2020). No obstante, estos proyectos también trajeron incrementos en el valor del suelo que han impulsado cierta gentrificación en zonas aledañas –por ejemplo, el barrio Las Peñas y Puerto Santa Ana se han transformado en áreas turísticas y residenciales de altos ingresos, desplazando usos tradicionales.

Manta en cambio, aún enfrenta el desafío de integrar su puerto con la ciudad. La población mantiene lidia con congestión y barreras urbanas debido a que instalaciones portuarias (muelles pesqueros, patios de carga) ocupan buena parte de la franja costera central. Esto ha limitado el acceso público continuo al malecón y a las playas urbanas, generando malestar en la comunidad local y especialmente en los pescadores artesanales que históricamente usaban esas riberas (Véliz, 2008). Para resolverlo, se han propuesto planes de reubicación de ciertas actividades portuarias (p. ej.,

trasladar los astilleros o el desembarque pesquero a un área menos céntrica), lo cual liberaría tramos del *waterfront* para equipamiento urbano sin sacrificar la funcionalidad económica del puerto.

En Puerto Bolívar, la modernización de la terminal bananera ha tenido que convivir con las necesidades de la población local. Aún subsisten muelles artesanales de pesca y un paseo costero que son parte importante de la vida cotidiana de Machala; las autoridades portuarias y municipales buscan equilibrar la expansión de los patios de contenedores con la preservación de estos espacios públicos tradicionales. Este caso muestra esfuerzos por evitar que el puerto excluya a la comunidad, manteniendo instancias de interacción como ferias de mariscos o miradores junto a la zona portuaria.

Por su parte, en Esmeraldas se evidencia una desconexión marcada entre puerto y ciudad. A pesar de que el complejo portuario-industrial (terminal petrolero y comercial) es vital para la economía nacional, la ciudad de Esmeraldas no ha experimentado un desarrollo urbano equivalente: los barrios circundantes al puerto registran altos índices de pobreza y problemas ambientales, sin que los ingresos generados por el puerto se reinviertan visiblemente en su entorno inmediato. Esta situación ha originado sentimientos de marginalización en la población esmeraldeña, que percibe al puerto como un enclave ajeno de beneficios reservados al ámbito nacional o a élites, pero con externalidades negativas locales.

A través de los económico y social se ha analizado, de manera individualizada, los impactos económicos y sociales en cada una de las cuatro ciudades. A continuación, se presenta, la **Tabla 3** que sintetiza en un solo cuadro cómo se comparan esos efectos entre Guayaquil, Manta, Puerto Bolívar y Esmeraldas. Esta tabla resume por ciudad costera, los principales impactos económicos y sociales derivados de la actividad portuaria, así como los retos pendientes que cada caso enfrenta. De esta manera, se facilita la comparación de cómo Guayaquil, Manta, Puerto Bolívar y Esmeraldas difieren en sus niveles de inversión, diversificación portuaria y proyectos de regeneración urbana.

3.3.4. *Dimensión ambiental de la relación puerto-ciudad en la costa ecuatoriana*

La infraestructura portuaria mal planificada genera alteración de ecosistemas costeros y contaminación (AIVP, 2020; CEPAL, 2017), afectando ecosistemas marinos y terrestres en Guayaquil, Manta, Puerto Bolívar y Esmeraldas.

En Guayaquil, la actividad portuaria y urbana contaminan el Estero Salado, calificado como “hiper-eutrófico” con altos niveles de contaminación orgánica y fecal (Ormaza-González et al., 2024). Se detectan metales pesados como cadmio, clasificando la contaminación como “moderada a

fuertemente contaminada" (Ormaza-González et al., 2024). En la actualidad se han implementado medidas como mejor manejo de desechos, control de emisiones y restauración de

manglares, pero los retos persisten dada la doble presión de ser la mayor urbe y principal puerto.

Tabla 3: Perfiles económico-sociales y retos pendientes en Guayaquil, Manta, Puerto Bolívar y Esmeraldas

Ciudad	Perfil económico	Perfil social	Retos pendientes
Guayaquil	<ul style="list-style-type: none"> - Principal puerto de contenedores (más de 2 millones de TEU/año). - Inversiones clave: Puerto Nuevo (1963) y aguas profundas en Posorja (2019). - Concesiones mixtas que fortalecen su rol logístico nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> - Malecón 2000 recuperó el frente fluvial, redujo inseguridad y atrajo turismo. - Regeneración urbana generó gentrificación en Las Peñas y Puerto Santa Ana, desplazando habitantes tradicionales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mitigar efectos de gentrificación en barrios adyacentes. - Consolidar políticas participativas para nuevos desarrollos.
Manta	<ul style="list-style-type: none"> - Puerto pesquero e industrial, centro de la industria atunera. - Participación limitada en carga contenerizada; terremoto 2016 dañó infraestructura portuaria. - Planes para diversificarse hacia carga comercial y cruceros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones portuarias ocupan gran parte de la franja costera, provocando congestión y barreras urbanas. - Acceso público al malecón y a playas limitado; malestar entre pescadores artesanales. - Avances parciales en reubicación de astilleros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Completar reubicación de astilleros fuera de la franja costera central. - Garantizar espacios públicos continuos frente al mar.
Puerto Bolívar	<ul style="list-style-type: none"> - Terminal estratégico para agroexportación bananera. - Concesión a Yilport (2016) orientada a modernizar para buques post-Panamax. - Potencial de crecimiento condicionado a estabilidad institucional. 	<ul style="list-style-type: none"> - Convivencia entre muelles de pesca artesanal y paseo costero, ferias de mariscos y miradores. - Tensiones por expansión de patios de contenedores; necesidad de espacios buffer para integrar a la comunidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir zonas buffer que protejan la pesca artesanal. - Asegurar participación de la comunidad en decisiones de expansión.
Esmeraldas	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestructura petrolera (Terminal Balao y refinería estatal) vital para el país, pero sin diversificar la economía local. - Inversiones (2007–2017) no se tradujeron en desarrollo urbano equilibrado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desconexión entre complejo portuario-industrial y la ciudad. - Barrios cercanos al puerto enfrentan pobreza y problemas ambientales, con sensación de marginalización. 	<ul style="list-style-type: none"> - Promover reinversión local de ingresos portuarios en servicios y equipamiento urbano. - Fortalecer capacidades institucionales para gestión ambiental.

Manta, un puerto pesquero e industrial, enfrenta problemas por desechos orgánicos y efluentes de la industria atunera, causando eutrofización localizada y derrames de combustible. Aunque el manejo de residuos industriales mejoró (Rodríguez Crespo et al., 2016), persisten rezagos de contaminación histórica. El terremoto de 2016 causó colapso de suelos y alteración de la línea costera (Cando-Jácome & Martínez-Graña, 2019), lo cual puso en evidencia la susceptibilidad sísmica y la importancia de contar con una planificación flexible. Además, se detectan acciones orientadas a la resiliencia frente al clima y a la pesca responsable, aunque aún poco documentadas. Comparado con Guayaquil, tiene menos problemas de calidad del aire, pero significativos en lo marino costero (Montilla & Pacheco, 2015).

Puerto Bolívar, en un entorno de estuarios y manglares, ha sufrido pérdida de manglares por expansión urbana y

camaroneras (Ormaza-González et al., 2024). El crecimiento urbano sin alcantarillado adecuado contamina esteros con desechos domésticos y fecales (Rodríguez et al., 2020), afectando la pesca artesanal (Frías Chica et al., 2021). El tráfico marítimo genera riesgo de derrames y polvo. Los sedimentos podrían contener agroquímicos (Ormaza-González et al., 2024). La nueva concesión portuaria exige estándares ambientales internacionales. La mitigación implica restaurar ecosistemas y planificar el crecimiento de forma sostenible.

Esmeraldas enfrenta graves impactos ambientales ligados a la Refinería Estatal, una fuente de contaminación del aire (SO₂, NO_x, partículas finas) (Mena et al., 2022), excediendo normas ambientales e impactando la salud pública (Voloshenko-Rossin et al., 2015). El estuario y la costa sufrieron contaminación por hidrocarburos, incluyendo un derrame masivo en 2020 (Rodríguez Crespo et al., 2016). La

expansión urbana informal ocupa zonas de riesgo y contribuye a la pérdida de manglares (Mena et al., 2022). La capacidad local para responder a problemas ambientales es limitada (Luque et al., 2013). Se insiste en la resiliencia climática ante inundaciones (Mena et al., 2022). Se requiere una transición a operaciones más limpias e infraestructuras adaptadas. Esmeraldas soporta la mayor carga ambiental sin compensación adecuada, comprometiendo el desarrollo sostenible.

Los cuatro casos ilustran diferentes problemas ambientales portuarios. Las externalidades negativas recaen localmente. La integración de criterios de sostenibilidad en la arquitectura portuaria puede generar soluciones beneficiosas, como la restauración de manglares. La planificación conjunta puerto-ciudad puede identificar zonas de amortiguamiento ecológico. El desarrollo urbano-portuario debe abordarse con visión eco-sistémica, minimizando la huella ecológica y fortaleciendo la resiliencia ante el cambio climático para sostener el desarrollo sin comprometer el entorno. La arquitectura portuaria impacta el desarrollo urbano costero del Ecuador de manera multidimensional.

4. Discusión de resultados

Los resultados demuestran de manera consistente que la arquitectura portuaria es un factor crítico en la configuración urbana de las ciudades costeras ecuatorianas. Históricamente, los puertos impulsaron el crecimiento económico y la diversidad cultural, pero la falta de planificación integrada produjo fragmentación espacial, segregación y conflictos socioambientales. En Guayaquil y Manta, por ejemplo, la separación física entre terminales y centro urbano limitó la movilidad peatonal y redujo el acceso ciudadano al frente costero. Este patrón coincide con las observaciones de Hoyle (2000) y Notteboom et al. (2022), que señalan cómo la expansión desordenada de las instalaciones portuarias genera barreras que impactan negativamente la calidad de vida urbana.

Las estrategias de reintegración puerto-ciudad, como la regeneración del Malecón 2000 en Guayaquil o los planes de reubicación de astilleros en Manta, muestran beneficios claros en términos de revitalización del espacio público y cohesión social. En Guayaquil, el Malecón reintegró el río a la ciudad, disminuyó la percepción de inseguridad y atrajo turismo, lo que revalorizó el suelo y mejoró la actividad económica local. Sin embargo, la gentrificación resultante también desplazó a poblaciones de bajos ingresos, tal como advierten Blacio (2020) y Frías et al. (2021).

En Manta, la liberación de franjas costeras ha sido parcial, de modo que persisten barreras físicas que afectan a pescadores artesanales y residentes. Estos casos ilustran que, aunque la regeneración portuaria aporta beneficios, sin

políticas de contención social —como vivienda accesible o subsidios a emprendedores locales— puede agravar desigualdades.

En la dimensión ambiental, la evidencia revela un deterioro importante de manglares en Puerto Bolívar y altos niveles de contaminación en el Estero Salado de Guayaquil. Ormazo-González et al. (2024) documentan metales pesados y eutrofización que vulneran ecosistemas costeros. En respuesta, se han introducido zonas buffer y propuestas de infraestructura verde, alineadas con recomendaciones de AIVP (2020) y Mena et al. (2022). No obstante, en Esmeraldas, la limitada capacidad institucional y la dependencia de la refinería impiden la implementación efectiva de soluciones. Esto confirma que la incorporación de criterios ecológicos en el diseño portuario no depende solo del conocimiento técnico, sino de la voluntad política y los recursos disponibles.

En el plano social, la participación ciudadana surge como elemento clave. Proyectos exitosos incorporaron mesas de diálogo permanentes; por ejemplo, en el Malecón 2000 se incluyeron representantes de sectores vulnerables, lo cual facilitó acuerdos de uso público y mitigó conflictos. En contraste, la ausencia de canales de participación en Puerto Bolívar elevó tensiones entre la expansión de patios de contenedores y las actividades tradicionales de pesca. Chisaguano (2021) y Véliz (2008) han documentado la importancia de la consulta continua, no meramente puntual, para garantizar legitimidad y apropiación social de las intervenciones portuarias.

Económicamente, la modernización de Guayaquil y la concesión de Puerto Bolívar a operadores internacionales han optimizado la capacidad logística y atraído inversiones. Sin embargo, estos beneficios no se traducen automáticamente en desarrollo urbano inclusivo. El desplazamiento de empleos y la concentración de ganancias en niveles nacionales o corporativos dejan a las comunidades locales con costos ambientales y sociales sin compensación. Delgado (2013) advierte que, sin mecanismos de redistribución (por ejemplo, cláusulas de reinversión obligatoria), el crecimiento portuario puede exacerbar desigualdades.

5. Conclusiones

La investigación pone en evidencia que la arquitectura portuaria en Ecuador ha operado como motor de crecimiento urbano, pero también como fuente de tensiones socio-espaciales y ambientales cuando se proyecta de manera aislada. En Guayaquil, la revitalización del Malecón 2000 demostró que una reconversión consciente puede transformar un frente industrial en un espacio público de encuentro, impulsando la cohesión social y revalorizando el tejido urbano. Sin embargo, el traslado del puerto al sur de la

ciudad también generó periferización de empleos y desplazamiento de comunidades ribereñas, poniendo en tensión la idea de que la mera renovación física garantice el bienestar de todos.

En Manta, los daños provocados por el terremoto de 2016 mostraron la fragilidad de la infraestructura portuaria ante eventos extremos y la necesidad de integrar criterios de resiliencia en el diseño. Aun así, los planes de reconexión del muelle con el casco urbano no han logrado desligar por completo las funciones pesquera e industrial de los espacios públicos, lo que perpetúa barreras físicas y sociales. En Puerto Bolívar emerge un enclave logístico dedicado al banano que refuerza economías de enclave sin transferir adecuadamente valor a la ciudad, mientras que en Esmeraldas la confluencia de puerto petrolero y refinería ha profundizado desigualdades: grandes inversiones estatales no se han traducido en mejoras sustantivas en servicios ni en oportunidades laborales locales.

Estas dinámicas ponen de relieve que el diseño arquitectónico portuario, lejos de ser un simple ejercicio de infraestructura, configura jerarquías urbanas y relaciones de poder. Su proyección debe trascender la eficiencia operativa: requiere una visión holística que articule estrategias de accesibilidad, equidad y sostenibilidad ambiental. La delimitación de zonas buffer, el diseño de corredores verdes y la reutilización de patrimonio industrial deben acompañarse de políticas públicas que garanticen derechos de acceso, redistribución de beneficios económicos y mitigación de externalidades negativas (ruido, contaminación, gentrificación). Solo así el puerto podrá convertirse en un catalizador de desarrollo inclusivo y no en un factor de exclusión.

Es importante subrayar que esta revisión de literatura tiene limitaciones inherentes a su carácter narrativo y secundario: la heterogeneidad metodológica de las fuentes dificulta una comparabilidad rigurosa, y la ausencia de datos primarios impide cuantificar con precisión el grado de fragmentación urbana o de mejora social derivada de las intervenciones portuarias. Asimismo, el enfoque en cuatro ciudades clave, si bien esclarecedor, puede omitir matices de urbes menores y de dinámicas intermunicipales. Para avanzar, se requiere investigación de campo que combine técnicas cualitativas (entrevistas a actores locales, etnografía urbana) y cuantitativas (análisis espacial GIS, encuestas de percepción), así como estudios longitudinales que evalúen impactos antes y después de intervenciones concretas.

En consecuencia, se recomienda: 1) desarrollar planes maestros de integración puerto-ciudad con mesas de trabajo permanentes entre autoridades portuarias, municipios y comunidades, basados en indicadores de calidad urbana y social; 2) incorporar en el diseño portuario normas de construcción y operación que consideren la gestión de aguas

residuales, la calidad del aire y la protección de ecosistemas costeros (manglares, esteros) como parte de la infraestructura verde; 3) promover la revalorización del patrimonio portuario mediante proyectos culturales y turísticos participativos que beneficien a poblaciones locales y generen economías creativas; y 4), fomentar líneas de investigación aplicada en universidades y centros de planificación urbana para alimentar la toma de decisiones con evidencia empírica y garantizar la continuidad de las políticas públicas.

De esta manera, la arquitectura portuaria podrá desempeñar un rol transformador, alineado con un desarrollo urbano sostenible, equitativo y resiliente en las ciudades costeras del Ecuador.

Referencias

- AIVP. (2016). Amberes (Bélgica): la “Casa del Puerto” creada por Zaha Hadid es un museo emblemático. *Asociación Internacional de Ciudades y Puertos*. <https://www.aivp.org/es/buenas-practicas/amberes-belgica-la-casa-del-puerto-creada-por-zaha-hadid-es-un-museo-emblematico/>
- AIVP. (2020). Agenda AIVP 2030: 10 objetivos para una ciudad portuaria sostenible. *Asociación Internacional de Ciudades y Puertos*. https://www.aivp.org/wp-content/uploads/2021/01/AIVP_Agenda_2030-Brochure-2020-ES.pdf
- Alaily-Mattar, N. (2020, 30 de noviembre). Port cities, architecture and the return to water. *PortCityFutures*. <https://www.portcityfutures.nl/news/port-cities-architecture-and-the-return-to-water>
- Alencastro, A., Castañón, J., Quiñonez, M., & Egas, F. (2020). Planificación estratégica para el desarrollo territorial de la Provincia Esmeraldas en Ecuador / Strategic planning for the territorial development of the Esmeraldas Province in Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, 26(3), 130–147. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i3.33238>
- Alfaro, X. (2015). The Panama Canal expansion: New Panamax container vessels and their implications for the basic port infrastructure in the container ports of Ecuador [Tesis de maestría, Erasmus University Rotterdam]. Erasmus University Thesis Repository. <http://hdl.handle.net/2105/33008>
- Alvarado, M., Ullauri, N., & Benítez, F. (2020). Impacto de exportaciones primarias en el crecimiento económico del Ecuador: análisis econométrico desde Cobb-Douglas, período 2000-2017. *Innova Research Journal*, 5(1), 66–83. <https://doi.org/10.33890/innova.v5.n1.2020.1140>
- Andrade, J., Costa, J., Jiménez-Morales, E., & Ruiz-Jaramillo, J. (2021). A city profile of Malaga: The role

- of the port–city border throughout historical transformations. *Urban Planning*, 6(3), 105–118. <https://doi.org/10.17645/up.v6i3.4189>
- Barrera, P., Mosselman, E., Giardino, A., Becker, A., Ottevanger, W., Nabi, M., & Arias-Hidalgo, M. (2019). Sediment budget analysis of the Guayas River using a process-based model. *Hydrology and Earth System Sciences*, 23(6), 2763–2778. <https://doi.org/10.5194/hess-23-2763-2019>
- Becerra, V. (2012). Planeación y programación del proyecto ampliación y remodelación arquitectónica del muelle de cabotaje de Autoridad Portuaria de Puerto Bolívar [Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio UTMACH. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:114674265>
- Belitardo, A. (2023, 6 de julio). Puertos marítimos: La importancia de las zonas portuarias en la formación de las ciudades. *ArchDaily*. <https://www.archdaily.cl/cl/1003517/puertos-maritimos-la-importancia-de-las-zonas-portuarias-en-la-formacion-de-las-ciudades>
- Benítez, F. (2014). Desarrollo de un sistema para el control de ingreso y salida de embarcaciones del muelle de cabotaje de Puerto Bolívar [Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio UTMACH. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:134914404>
- Blacio, M. (2020). Regeneración urbana en la ciudad de Guayaquil: El proyecto Malecón 2000. *Revista HISBA*, 5(5), 77–90. <https://doi.org/10.56556/hisba.v5i5.888>
- Bruttomesso, R. (2021). Transformaciones del paisaje portuario contemporáneo: Del negocio al ocio y al negocio, otra vez. *PORTUS*, 41, 10–15. https://portusonline.org/wp-content/uploads/2021/12/Transformaciones_del_paisaje_portuario_contemporaneo.pdf
- Cando-Jácome, M., & Martínez-Graña, A. (2019). Differential interferometry, structural lineaments and terrain deformation analysis applied in Zero Zone 2016 Earthquake (Manta, Ecuador). *Environmental Earth Sciences*, 78. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8517-4>
- Cantos, J., Semiglia, S., Vera, S., & Tapia, M. (2009). Análisis del impacto económico de la concesión del puerto de Manta con respecto al comercio exterior ecuatoriano [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio ESPOL. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4934/1/7762.pdf>
- Carrasco, J. (2015). Inspecciones fitosanitarias del banano de exportación en el muelle de Puerto Bolívar [Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio UTMACH. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:113926249>
- CEPAL. (2017). Gobernanza de la ciudad puerto en América Latina. *Boletín Marítimo y Logístico*, 65. <https://www.cepal.org/es/notas/gobernanza-la-ciudad-puerto-america-latina>
- Chisaguano, B. (2021). Reconversión urbana portuaria en la zona de transición puerto-ciudad del bosque costero en la Parroquia Puerto Ayora de la Isla Santa Cruz, Galápagos [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Indoamérica]. <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2029>
- Delgado F. (2013). Puertos ecuatorianos que no han logrado articular una eficiente relación público-privada [Tesis de maestría, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.umng.edu.co/bitstreams/cd52ea1e-86a4-4ab6-94a2-c32e44883eb0/download>
- Díaz, D., Sornoza, T., Riera, M., & Carrillo, B. (2024). Bioremediation of soil samples contaminated with crude oil using rice huck-based biocarbon (*Oryza sativa*). *International Journal of Conservation Science*, 15(2), 1129–1144. <https://doi.org/10.36868/IJCS.2024.02.25>
- Espinoza-Echeverría, E., Canchingre-Bone, M., Tenorio, S., & Arroyo, V. (2023). Contamination of the Esmeraldas River basin by industrial wastes from palm cultivation. *South Florida Journal of Development*, 4(3), 3385–3402. <https://doi.org/10.51798/sjjs.v4i3.686>
- Estrada, J. (2018). Las infraestructuras más características del puerto. *PORTUS*, 35, 1–7. https://portusonline.org/es/las-infraestructuras-mas-caracteristicas-del_puerto
- Frías, W., Quizhpe, P., & Barrezueta, S. (2021). Análisis socioeconómico de la actividad pesquera en la Asociación de Mariscadores “Los Isleños” de Puerto Bolívar. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(2), 25–29. <https://doi.org/10.62452/dvtbb487>
- García, F. (2023). El papel de los puertos en el Plan Nacional de Ciudades y Territorios Inteligentes. *PORTUS*. <https://portusonline.org/the-role-of-ports-in-the-spanish-national-plan-for-smart-cities-and-territories/>
- Hoyle, B. (2000). Global and local change on the port–city interface. *Geographical Review*, 90(3), 395–417. <https://doi.org/10.2307/3250860>
- Luque, A., Edwards, G. A. S., & Lalande, C. (2013). The local governance of climate change: New tools to respond to old limitations in Esmeraldas, Ecuador. *Local Environment*, 18(6), 738–751. <https://doi.org/10.1080/13549839.2012.716414>
- Mena, C. F., Benítez, F. L., Sampedro, C., Martínez, P., Quispe, A., & Laituri, M. (2022). Modeling urban growth and the impacts of climate change: The case of Esmeraldas City, Ecuador. *Sustainability*, 14(8), 4704. <https://doi.org/10.3390/su14084704>
- Montilla, A., & Antonio, H. (2015). Estudio de la dinámica espacial del eje Manta–Montecristi. La Técnica. *Revista*

- de las Agrocencias, 14, 92–107.
https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i14.586
- Morales-Núñez, E., Seminario-Vergara, X., Avilés-Sacoto, S., & Mosquera-Recalde, G. (2020). A DEA analysis in Latin American ports: Measuring the performance of Guayaquil Contecon Port. En V. Charles, J. Aparicio, & J. Zhu (Eds.), *Data science and productivity analytics* (pp. 187–202). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43384-0_10
- Mora, M. (2008). Exigencias portuarias según el convenio MARPOL y su incidencia en Manta [Tesis de grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <http://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/1366>
- Notteboom, T., Rodrigue, J., & Pallis, A. (2022). Port economics, management and policy. *Routledge*. <https://doi.org/10.4324/9780429318184>
- Ormaza-González, F., Campi-Alvarez, P., Cárdenas-Condoy, J., Caiza-Quinga, R., & Statham, P. (2024). Further evidence for increasing global near-shore eutrophication from the Estero Salado, Guayaquil, Ecuador. *Continental Shelf Research*, 278, 105271. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2024.105271>
- Ormaza-González, F., Castro-Rendón, R., Maridueña-Bravo, A., Bobadilla-Córdova, N., Ramos-Castañeda, I., & Statham, P. (2024). Hg, Cd, As, and Pb in surface sediments from the tropical coastal lagoon Estero Salado, Gulf of Guayaquil – Ecuador. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1457548. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1457548>
- Plaza, R., González, R., & Plaza, D. (2018). Implementation of a yard for a container terminal in the commercial port of Esmeraldas. En A. Vega Sáenz et al. (Eds.), *Proceedings of the 25th Pan-American Conference of Naval Engineering – COPINAVAL* (pp. 261–273). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89812-4_24
- Quiñonez, R., Moreno, R., Pacheco, U., Parra, K., Agostinho, F., & Giannetti, B. (2020). Construcción de la matriz insumo-producto de la provincia Esmeraldas, República del Ecuador. *Studies of Applied Economics*, 38(2), 1–14. <https://doi.org/10.25115/eea.v38i2.2908>
- Redondo, M. (2014). Pasado, presente y futuro de las ciudades-puerto en América Latina. *PORTUS*, 27. <https://portusonline.org/pasado-presente-y-futuro-de-las-ciudades-puerto-en-america-latina-2/>
- Rodrigue, J. (2020). *The Geography of Transport Systems* (5.^a ed.). *Routledge*. <https://doi.org/10.4324/9780429346323>
- Salto, A. (2019). Análisis del producto interno bruto de Ecuador tras el terremoto del año 2016. *MIKARIMIN Revista Multidisciplinaria*, 5(1), 111–118. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8605691>
- Schubert, D. (2015). Waterfront transformations and city/port interface areas in Hamburg. En J. Alemany & R. Bruttomesso (Eds.), *The port city in the XXI century* (pp. 104–115). *RETE*. <https://doi.org/10.15665/rde.v13i1.335>
- Valdivia, G. (2023). Slow down the flow talk: An ethnography of the transversality of life-with-oil in Esmeraldas, Ecuador. *Ethnos*, 88(2), 288–307. <https://doi.org/10.1080/00141844.2019.1697335>
- Véliz, D. (2008). Determinación de la zona de emplazamiento de un puerto para la industria pesquera de Manta y propuesta técnica de la infraestructura [Tesis de maestría, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <http://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/4389>
- Voloshenko-Rossin, A., Gasser, G., Cohen, K., Gun, J., Cumbal-Flores, L., Parra-Morales, W., ... Lev, O. (2015). Emerging pollutants in the Esmeraldas watershed in Ecuador: Discharge and attenuation of emerging organic pollutants along the San Pedro–Guayllabamba–Esmeraldas rivers. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 17(1), 41–53. <https://doi.org/10.1039/C4EM00394B>
- Wilmsmeier, G., Monios, J., & Ballén Farfán, A. F. (2021). Port system evolution in Ecuador – Migration, location splitting or specialisation? *Journal of Transport Geography*, 93, 103042. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103042>

Contribución de los autores (CRediT)

Zambrano-Arteaga, D.: Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Recursos materiales, Software, Validación, Visualización, Redacción – borrador original. **Reyna-García, A.:** Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Metodología, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción – revisión y edición.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica
FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia:
Internacional Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual
.4.0

Artículo de investigación

Infraestructura Urbana y Seguridad Vial en Querétaro

Paulina Olguín-Ferruzca ^[1] 

[1] Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Santiago de Querétaro, México

Autor para correspondencia: polguin08@alumnos.uaq.mx



Resumen

Este estudio analizó la influencia entre la infraestructura vial, la visibilidad actual de la simbología, las restricciones de inteligibilidad en la intersección de las avenidas Universidad y Tecnológico en Querétaro, a juzgar por la conducta de peatones y ciclistas. Su objetivo fue distinguir elementos críticos que dañan la seguridad vial y, basándose en los resultados del estudio, dar soluciones prácticas para moderar estos riesgos. Se utilizó un enfoque mixto, incluyendo la encuesta de 120 usuarios, de los cuales el 55% son peatones y el restante ciclista, también, se realizó un seguimiento en distintas horas de la intersección y finalmente se hizo un análisis normativo del Código Urbano del Estado de Querétaro y la Ley General de Inclusión para Personas con Discapacidad. Los resultados indicaron que el 72% de los ciclistas y el 68% de los peatones, experimentaron problemas para reconocer las señales debido a problemas de visual ubicación y la simbología empleada. Así, el tiempo promedio para transitar la intersección fue de 3 minutos, más de los 20 segundos asignados por los semáforos existentes. El estudio señala como la infraestructura urbana y el señalamiento actual inadecuado está afectando en gran medida la seguridad vial. Por ello, se dan recomendaciones de mejorar el señalamiento, dar mantenimiento a las rampas y diseñar nuevamente el carril de bicicletas, además de llevar a cabo estudios de seguimiento para evaluar futuras intervenciones.

Palabras Clave: *seguridad vial; infraestructura vial; peatones; ciclistas.*

Urban Infrastructure and Road Safety in Querétaro

Abstract

This study analyzed the relationship between road infrastructure, current visibility of symbols, and intelligibility restrictions at the intersection of Universidad and Tecnológico Avenues in Querétaro, based on the behavior of pedestrians and cyclists. Its objective was to identify critical elements that impair road safety and, based on the study results, provide practical solutions to mitigate these risks. A mixed approach was used, including a survey of 120 users, 55% of whom were pedestrians and the remainder cyclists. The survey was followed at various times at the intersection. Finally, a regulatory analysis of the Urban Code of the State of Querétaro and the General Law on the Inclusion of Persons with Disabilities was conducted. The results indicated that 72% of cyclists and 68% of pedestrians experienced difficulty recognizing the signs due to visual location and the symbology used. Thus, the average crossing time at the intersection was 3 minutes, more than the 20 seconds allotted by the existing traffic signals. The study highlights how the current urban infrastructure and inadequate signage are significantly affecting road safety. Therefore, recommendations are made to improve signage, maintain ramps, and redesign the bicycle lane, in addition to conducting follow-up studies to evaluate future interventions.

Keywords: *road safety; road infrastructure; pedestrians; cyclists*

1. Introducción

La seguridad vial es un desafío universal que envuelve a millones de personas. Según la OMS (2023) anualmente más de 1.19 millones de personas mueren en accidentes de tráfico, de los cuales, entre 20 y 50 millones resultan heridas, sin ser fatales. Los peatones y ciclistas son los usuarios que están en mayor riesgo: más del 50% de las muertes. Esta situación no solo impacta la calidad de vida de los ciudadanos, sino que también a la ciudad y a su movilidad urbana.

En la intersección de Av. Universidad y Av. Tecnológico hay un punto crítico de inseguridad vial, donde el diseño urbano favorece el uso del automóvil sobre la seguridad del peatón y el ciclista, quienes constituyen actores viales vulnerables en el entorno urbano. Escandón y Valbuena (2021) confirman que se ha generado una preferencia hacia la movilidad motorizada y afirman que las dinámicas urbanas responden a accidentes peatonales dañinos para la salud de las personas. Por lo tanto, aunque existen semáforos y pasos peatonales, la falta de señalización, infraestructura inadecuada y el incumplimiento de estándares propuestos en normativas y manuales, contribuyen al riesgo de accidentes.

Mohammadi, Piccinini y Dozza (2018) han demostrado que mejorar la visibilidad en las intersecciones puede disminuir la severidad de la interacción entre los ciclistas y vehículos, ya que los ciclistas suelen detectar los vehículos con anterioridad y más rapidez, para así reaccionar con mayor seguridad (p. 306). Por el contrario, Gichaga (2017) señaló que el diseño vial debe incluir características que mitiguen el exceso de velocidad, como señales viales acertadas, marcas en el pavimento, reductores de velocidad y pasos peatonales bien marcados para mejorar la seguridad de los usuarios (p. 74).

El objetivo de este estudio es analizar la influencia de la infraestructura vial en la intersección de Av. Universidad y Av. Tecnológico, el comportamiento de peatones y ciclistas y su relación con la seguridad vial. Se analizarán preocupaciones críticas como la visibilidad de señales, la densidad del tráfico y la condición de la red vial para identificar patrones de riesgo potenciales y sugerir medidas prácticas aplicables.

2. Metodología

La investigación se desarrolló en la intersección de las avenidas Universidad y Tecnológico, en Querétaro, México, entre los meses de agosto y diciembre de 2024. Se empleó un enfoque mixto que combinó estrategias cuantitativas, observación directa y análisis normativo.

Se aplicaron encuestas presenciales a 120 peatones y ciclistas que transitan regularmente por la zona. El muestreo

fue no probabilístico por conveniencia, considerando únicamente a quienes manifestaron transitar la intersección al menos tres veces por semana. La recolección de datos se efectuó en distintos días, incluyendo fines de semana, y en horarios de alto (7:00–9:00 y 17:00–19:00 h) y bajo flujo vehicular (10:00–16:00 h).

El cuestionario incluyó preguntas cerradas sobre visibilidad de señalización, tiempos de cruce, percepción de seguridad y uso del espacio vial. Paralelamente, se realizaron observaciones sistemáticas de 30 minutos por sesión, registrando conductas de riesgo como cruces fuera del paso, maniobras inseguras y desobediencia de señales, complementadas con fotografías y notas de campo.

Asimismo, se evaluó la infraestructura física; rampas, ciclovías, pasos peatonales, conforme a los criterios del Código Urbano del Estado de Querétaro y la Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad. Finalmente, se elaboró una propuesta de intervención basada en el análisis comparado con buenas prácticas urbanas, representada mediante herramientas de diseño y cartografía digital.

3. Resultados

En la intersección estudiada de las avenidas Universidad y Tecnológico, se analizaron condiciones físicas y comportamientos de usuarios viales, en particular peatones y ciclistas. A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes obtenidos mediante encuestas, observaciones directas y análisis normativo.

Evaluación de la Señalización

Para evaluar la visibilidad y efectividad de la señalización, se realizó una encuesta a 120 usuarios, de los cuales el 55% eran peatones y el 45% ciclistas. El 68 % de los peatones reportó no notar usualmente las señales de tráfico peatonales debido a su escasa visibilidad y mala ubicación. Asimismo, el 72 % de los ciclistas no identificó las luces de tráfico correspondientes, ya que comparten cruces con peatones en zonas sin demarcación clara. Una de las principales causas identificadas fue la ubicación y tamaño limitado de las señales, especialmente en horas de alto flujo vehicular (Ver **Figura 1**).

Tiempo de Cruce Peatonal

Se midió un tiempo promedio de cruce de hasta 3 minutos en la intersección, cuya longitud es de aproximadamente 57 metros lineales. Durante este tiempo, los peatones son continuamente interrumpidos por vehículos que desobedecen la luz roja (**Figura 2**). El tiempo asignado por los semáforos para transitar es de 20 segundos, lo que obliga a los peatones a esperar varios ciclos para atravesar por completo (Alba & Hernández, 2020).

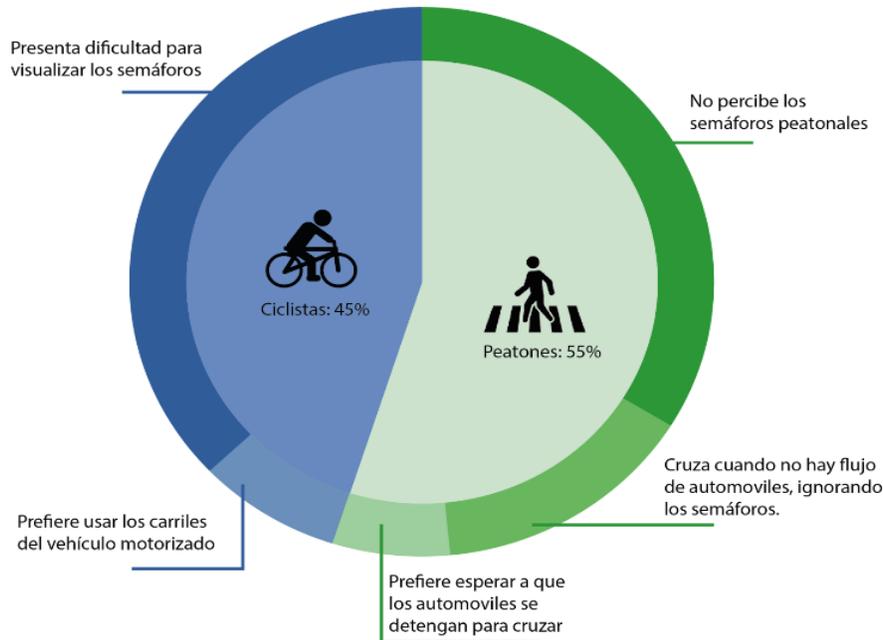


Figura 1: Resultados de la encuesta sobre la visibilidad y funcionalidad de la señalización en la intersección.



Figura 2: Interrupciones de vehículos en la intersección (2024).

Barreras de Accesibilidad

Las rampas para personas con discapacidad presentan un ancho de 2 metros, conforme a los mínimos establecidos por la normatividad local. Sin embargo, en diversos puntos no están alineadas directamente con los cruces peatonales y presentan obstrucciones como bolardos mal ubicados o falta de mantenimiento. El 15 % de los encuestados con discapacidad reportó dificultades para utilizar las rampas, señalando la presencia de obstáculos que dificultan el

acceso, especialmente para quienes utilizan sillas de ruedas u otros dispositivos de movilidad.

Diseño de la Ciclovía

La ciclovía ubicada en el lado sur de la intersección presenta una traza interrumpida y carece de protección física y señalización. Esta situación obliga al ciclista a realizar maniobras en forma de "L" para continuar con su ruta. Las observaciones de campo demuestran que esta ciclovía ocupa

la acera, resultando en una reducción del espacio de circulación para los peatones también, lo que genera

conflictos en el uso del espacio y aumenta el riesgo de accidentes en horas de alta circulación (**Figura 3**).

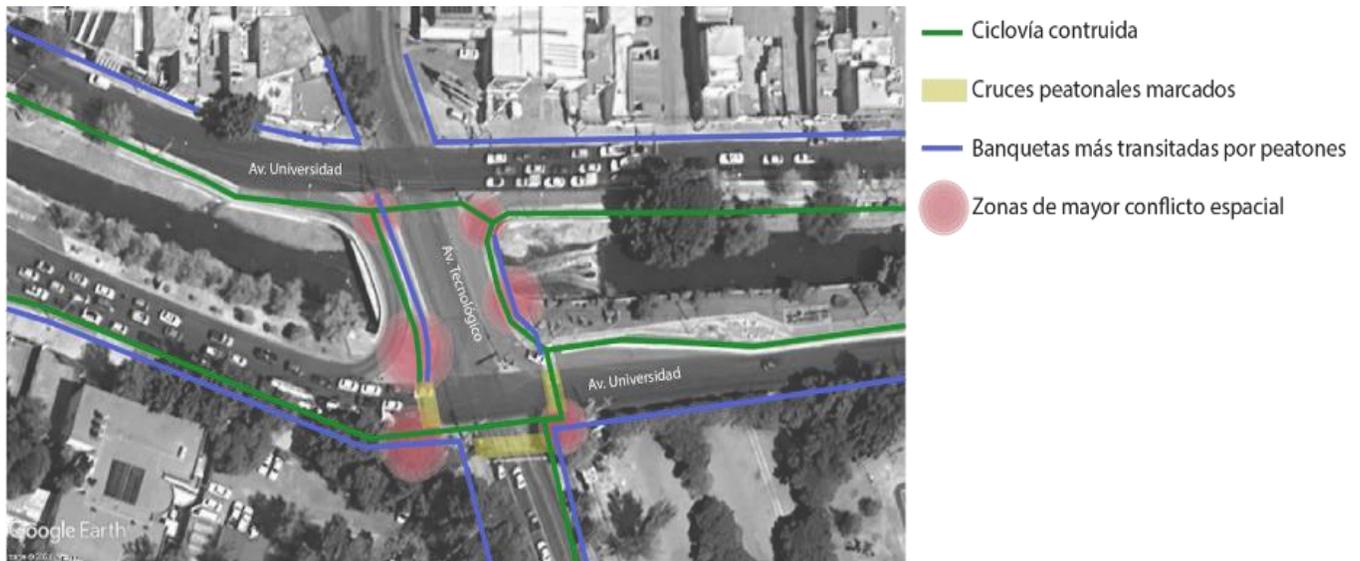


Figura 3: Diagrama que muestra las áreas de obstrucción y conflicto en el uso del espacio debido a la discontinuidad del diseño y la ocupación parcial de la banqueta por la ciclovía.

Análisis de Volúmenes de Flujo

En cuanto al análisis de los volúmenes de flujo en diferentes momentos, los conteos realizados en horas de flujo alto (7:00 a 9:00 am y 5:00 a 7:00 pm) y bajo (10:00 am y 4:00 pm) mostraron que hay, en promedio, 600 vehículos/hora circulando en Av. Tecnológico y 300 vehículos por hora en Av. Universidad. Se registraron un total de 57 cruces peatonales fuera del paso designado y 15 invasiones de carril debido a la interrupción en la ciclovía. Estas cifras muestran una presión significativa sobre la infraestructura disponible.

Infraestructura de las Paradas de Transporte Público

En las aceras donde se ubican las paradas de transporte público, se observó que el espacio libre para el tránsito peatonal es inferior a 1.5 metros, lo que genera congestión, especialmente en horas pico. Además, se identificaron obstáculos visuales, como pantallas publicitarias, que disminuyen la visibilidad de cruces peatonales cercanos y complican la circulación segura en la zona.

Propuestas de Intervención

Con los resultados, y comparándolos con estudios internacionales de diseño urbano, se propusieron las siguientes propuestas de intervención y recomendaciones:

1. Mejoras en la señalización:

1.1. Los semáforos deben colocarse en las partes más vulnerables de la intersección, y el tiempo de cruce peatonal se establezca para permitir un paso seguro.

1.2. Mayor visibilidad de las señales utilizando tecnología luminosa a través del reposicionamiento de señales.

2. Remodelación de la ciclovía para la seguridad:

2.1. El diseño del carril bici debe ser homogéneo, incluyendo la implementación de elementos de protección de bajo nivel, y definiendo un nivel de tratamiento único para el descargue sin interrupciones, a fin de transferir la información correcta al usuario y proporcionar la distancia de seguridad correcta (zona protegida y continuidad del camino) al ciclista.

2.2. Limpiar las intersecciones difíciles en las que se ha observado a ciclistas efectuando maniobras riesgosas.

3. Eliminación de barreras de acceso para personas con discapacidades:

3.1. Los bolardos deben ser reubicados y el mantenimiento regular para mantener las rampas peatonales siempre alineadas con los cruces peatonales. De esta manera, se asegura que los peatones con movilidad limitada puedan alcanzar de forma segura las banquetas.

4. Mejora de la infraestructura de las paradas de transporte público:

4.1. Mover las paradas de transporte para evitar obstruir las aceras y hacer que las áreas de circulación para peatones sean de al menos 2 m.

4.2. La erradicación de pantallas publicitarias que impidan la visibilidad en estos puntos peligrosos.

5. Campañas educativas y de concientización:

5.1. Implementación de programas que aumenten el cumplimiento de las normas de tránsito, especialmente en las horas de mayor flujo, para disminuir las interrupciones por conductores que no respetan los semáforos.

Al hacerlo, estas soluciones no sólo proponen abordar los patrones de riesgo críticos identificados, sino que también proporcionan un entorno más seguro, atractivo y justo para peatones y ciclistas, respaldado por la evidencia empírica y las mejores prácticas internacionales de diseño urbano (Figura 4).



Figura 4: Propuesta de intervención para mejorar la seguridad y funcionalidad en la intersección.

4. Conclusiones

La ciudad, como un lugar de constante interacción entre sus habitantes, evidencia las dinámicas y tensiones propias de su diseño urbano. No todos los usuarios viales experimentan estas dinámicas de igual manera: peatones y ciclistas, por su vulnerabilidad física, enfrentan condiciones más riesgosas en contextos donde la infraestructura no ha sido concebida para su protección.

Esta investigación identificó elementos críticos que comprometen la seguridad vial en la intersección de Av. Universidad y Av. Tecnológico en Querétaro: visibilidad deficiente de la señalización, diseño discontinuo de la ciclovia, tiempos semafóricos insuficientes para peatones y barreras físicas que obstaculizan el desplazamiento de personas con movilidad reducida.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Escandón y Valbuena (2021), quienes señalaron que los principales problemas de infraestructura vial derivan de un marcado insuficiente de la vía y el incumplimiento de señales reglamentarias, incluyendo límites de velocidad y advertencias visuales. Además, destacan la deficiencia en la

señalización de ciclovias y el uso inadecuado de símbolos en entornos urbanos complejos.

La investigación también evidenció la necesidad de reorganizar las paradas de transporte público, ya que su ubicación actual reduce el espacio peatonal disponible y afecta la visibilidad en zonas de cruce. En consonancia con ello, Gichaga (2017) enfatiza la importancia de planificar zonas específicas para el estacionamiento de autobuses, de forma que estas no interfieran con el flujo vehicular ni obstaculicen la circulación peatonal.

Por otra parte, aunque la normativa vigente establece ciertos parámetros de accesibilidad y diseño urbano, su cumplimiento no es garantía de un espacio público habitable. Como sostienen Burbano y Páramo (2023), la habitabilidad requiere más que elementos físicos y marcos normativos: implica una corresponsabilidad ciudadana que fomente el cuidado de los elementos arquitectónicos, la enseñanza de normas de convivencia y el estímulo de la vida pública. En ese sentido, Mulder y Magni (2022) destacan que el diseño urbano debe facilitar el desarrollo de infraestructuras de aprendizaje colaborativas, capaces de integrar a múltiples actores sociales en la generación de conocimiento y en la toma de decisiones para las transformaciones urbanas.

Los resultados son comparables con los de estudios previos y respaldan el hecho de que las deficiencias en la infraestructura y señalización son correlativas de percepciones de seguridad en cruces urbanos. Sin embargo, hubo limitaciones en la metodología aplicada, con ciertos grupos específicos de usuarios siendo excluidos y las horas de vigilancia siendo restringidas, y probablemente las horas de vigilancia no fueron representativas de cómo ocurrió el comportamiento en todas las horas del día.

Sin embargo, estos resultados, con todas sus limitaciones, tienen una aplicación práctica para la toma de decisiones, ya que son la base para el diseño de intervenciones. Las sugerencias incluyen mejoras en la señalización con más semáforos colocados estratégicamente, remodelar la ciclovía para la seguridad, eliminar barreras de acceso para personas con discapacidades, mejorar la infraestructura de las paradas de transporte público y crear campañas educativas y de concientización.

Este artículo ha definido patrones importantes de riesgo asociados con la infraestructura vial y el comportamiento de usuarios vulnerables de la vía en un contexto urbano particular. Para ampliar estos hallazgos, la investigación futura debería emplear diseños longitudinales e involucrar poblaciones más diversas. Además, el uso de modelos de tráfico más sofisticados permitiría una evaluación más precisa de las intervenciones propuestas y el progreso hacia medidas sostenibles y seguras para los usuarios viales urbanos.

Referencias

- Alba, M., & Hernández, O. (2020). Análisis de sincronización de semáforos utilizando el programa Synchro. *Revista Infraestructura Vial*, 22(39), 1-11. <http://doi.org/10.15517/IV.V22I39.40953>
- Escandón, P., y Valbuena, W. (2021). Senti-pensando la ciudad. Conocimientos y emociones relacionados con la accidentalidad peatonal. Formulación de un problema de diseño urbano. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 24(1), 33-43. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2022.24.1.4038>
- Gichaga, F. J. (2017). The impact of road improvements on road safety and related characteristics. *IATSS Research*, 40(1), 72-75. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2016.05.002>
- Mohammadi, A., Piccinini, G., & Dozza, M. (2018). Understanding the interaction between cyclists and motorized vehicles at unsignalized intersections: Results from a cycling simulator study. *Journal of Safety Research*, 90, 306-318. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.05.007>
- Mulder, I., & Magni, A. (2022). A collaborative learning infrastructure to build capacity for urban

transformations. *Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A*, 52, 119-140. <https://doi.org/10.55612/s-5002-052-007>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). Road traffic injuries, *World Health Organization*. Recuperado de: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>

Páramo, P., & Burbano, A. (2023). Condiciones de habitabilidad del espacio público en Bogotá, D. C., Colombia. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 25(1), 137-145. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2023.25.4410>

Contribución de los autores (CRediT)

Olguín-Ferruzca, Paulina: Conceptualización, Metodología, Curación de datos y contenidos, Análisis formal de datos, Investigación, Redacción- borrador original, Revisión y edición.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NonCommercial-CompartirIgual .4.0

Artículo de investigación

Incidencia de la morfología urbana en la configuración del sistema de movilidad del casco central de Rocafuerte

Yiradel Saltos-Montes ^[1]  Andrea Bonilla-Ponce ^[1]  Vania Mora-Albán ^[1] 

[1] Universidad San Gregorio de Portoviejo (USGP). Portoviejo, Ecuador.

[2] Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Extensión Pedernales. Pedernales, Ecuador.



Autor para correspondencia: e.yssaltos@sangregorio.edu.ec

Resumen

El crecimiento urbano desordenado de Rocafuerte ha generado un núcleo histórico compacto y periferias dispersas que profundizan la desigualdad de acceso a servicios. El estudio justifica su pertinencia porque la morfología condiciona la movilidad y, por ende, la consecución del ODS 11 sobre ciudades sostenibles. El objetivo fue analizar la forma urbana del casco central y su incidencia en los flujos de movilidad para orientar decisiones territoriales. Se empleó una metodología geo-analítica mixta: (i) métricas de *space syntax*, densidad y compacidad procesadas con Moran I; (ii) modelación de isócronas 5-10-15 min en SIG a partir de aforos y encuestas origen-destino; y (iii) priorización estratégica mediante Delphi y ponderación multicriterio alineada con la *Urban Street Design Guide*. La densidad edificatoria presentó Moran I = 0,25 y la proximidad a equipamientos 0,15, confirmando una centralidad funcional que facilita recorridos cortos, pero crea vacíos periféricos; solo 2,8 % del tejido queda fuera de la isócrona de 5 min y se localiza sobre vías de lastre ($p < 0,001$). El Delphi alcanzó consenso pleno en jerarquizar la red secundaria y promover urbanismo táctico. Se concluye que rehabilitar 3 km críticos de vías no pavimentadas, implantar subcentros barriales y micro-supermanzanas reduciría 18 % el tiempo medio de acceso y mejoraría la seguridad percibida. Estos resultados demuestran la necesidad de integrar forma urbana, movilidad activa y gobernanza participativa para construir una ciudad de proximidad resiliente y equitativa.

Palabras Clave: *morfología urbana; accesibilidad; geo-análisis.*

Influence of Urban Morphology on the Configuration of the Mobility System in Rocafuerte's Central Core.

Abstract

Unplanned growth in Rocafuerte has produced a compact historic core and scattered outskirts that exacerbate accessibility gaps. This research is justified because urban form shapes mobility patterns and thus the attainment of SDG 11 on sustainable cities. The study analyses how the morphology of Rocafuerte's central core affects daily mobility flows in order to inform spatial decisions. A mixed geo-analytical approach was applied: (i) space-syntax metrics, building density and block compactness assessed through Moran's I; (ii) 5-10-15-minute isochrones modelled in GIS from traffic counts and origin-destination surveys; and (iii) strategic prioritization via a Delphi panel and a multi-criterion weighting scheme consistent with the Urban Street Design Guide. Building-density yielded Moran I = 0.25 and service proximity 0.15, confirming a strong functional centrality that encourages short trips yet leaves peripheral voids; only 2.8 % of the urban fabric lies beyond the 5-minute isochrone and coincides with dirt roads ($p < 0.001$). The Delphi survey reached full consensus on upgrading the secondary network and deploying tactical urbanism. Rehabilitating three kilometers of unpaved corridors, establishing multifunctional sub-centers and piloting micro-superblocks is projected to cut average access times by 18 % and raise perceived safety. The findings demonstrate that coupling urban-form metrics with active-mobility measures and participatory governance is crucial to achieving a resilient, proximity-based and socially equitable city model.

Keywords: *urban morphology; accessibility; tactical urbanism; geo-analysis.*

1. Introducción

El crecimiento urbano acelerado y poco regulado que caracteriza a muchas ciudades intermedias latinoamericanas ha generado una morfología fragmentada, redes viales subdimensionadas y patrones de desplazamiento cada vez más extensos (ONU-Hábitat, 2012). Esa configuración, producto de la confluencia entre parcelaciones especulativas, normativas laxas y débiles capacidades institucionales, compromete la equidad en el acceso a equipamientos, aumenta los costos de congestión y agudiza la vulnerabilidad socio-espacial (Calatayud et al., 2021). En el caso ecuatoriano, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas reconoce que la disociación histórica entre planeamiento físico y provisión de transporte colectivo impide consolidar centralidades de proximidad y perpetúa la dependencia del automóvil (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2005).

Rocafuerte, cabecera cantonal de la provincia de Manabí, ilustra de forma aguda dicho fenómeno. Su casco histórico, de trazado colonial ortogonal, concentra la mayor densidad edificatoria, los servicios administrativos y el comercio, mientras que la periferia reciente responde a lógicas de baja densidad y baja inversión pública en infraestructura (Salazar & Zambrano, 2022). Esa doble estructura ha producido un patrón radial de viajes que sobrecarga la red asfaltada central y deja los bordes con vías de lastre y escasa conectividad.

La literatura especializada demuestra que la morfología urbana, entendida como la combinación de densidad, compacidad, diversidad funcional y conectividad de la trama, influye decisivamente en la eficiencia de los sistemas de movilidad (Lee et al., 2017). Modelos empíricos desarrollados en Santiago, Curitiba o Medellín asocian formas compactas y mixtas con reducciones de hasta 25% en distancias recorridas y 30% en emisiones por transporte (Duque et al., 2021). En contraposición, patrones dispersos y mono funcionales elevan la externalidad negativa de la congestión y amplían la brecha de accesibilidad para los hogares de menores ingresos (Zumelzu et al., 2020).

No obstante, la evidencia académica sobre ciudades pequeñas ($\leq 100\ 000$ habitantes) sigue siendo limitada. En estos contextos, la escala facilita intervenciones de urbanismo táctico, soluciones rápidas, de bajo costo y alta visibilidad social, capaces de reequilibrar el espacio vial a favor de la movilidad activa (Lerner, 2005). Asimismo, guías como la *Urban Street Design Guide* de la NACTO (2025) proponen jerarquizar redes secundarias y crear “*calles completas*” que integren transporte público, bicicletas y peatones. Sin embargo, su aplicación suele omitir el análisis simultáneo de forma urbana, datos de desempeño funcional y percepción ciudadana, generando soluciones parceladas.

En esta investigación se analiza la interacción entre la morfología urbana y los flujos de movilidad cotidiana en el casco central de Rocafuerte, combinando métricas espaciales, modelación de accesibilidad y valoración social. El proceso investigativo se base en la siguiente pregunta: *¿Cómo incide la morfología del casco central de Rocafuerte en la configuración y el funcionamiento del sistema de movilidad actual?* Así el objetivo es evaluar la incidencia de la forma urbana en los desplazamientos cotidianos para optimizar la toma de decisiones territoriales mediante una metodología geo-analítica integral, replicable en ciudades intermedias con recursos limitados.

El estudio se justifica porque aporta evidencia empírica al ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) al identificar barreras morfológicas que obstaculizan la movilidad equitativa y al ODS 9 (Infraestructura resiliente) al proponer lineamientos de intervención ajustados al contexto. Además, responde al mandato del COOTAD (Código Orgánico de Organización Territorial) de articular planificación y transporte, y contribuye a la agenda nacional de investigación sobre sostenibilidad urbana (Asamblea Nacional del Ecuador, 2010)

2. Metodología

La investigación siguió un diseño mixto exploratorio-explicativo articulado en tres fases.

1. Caracterización morfológica. Se elaboraron capas temáticas en QGIS 3.34 a partir de ortofotos de 0,30 m y cartografía catastral. Se calcularon los indicadores integración, elección y conectividad de la sintaxis espacial, densidad edificatoria (m^2 construidos/ha) y compacidad de manzana ($perímetro^2/área$). La autocorrelación global (Moran I) y local (LISA) identificó clústeres estadísticamente significativos ($\alpha = 0,05$). Los criterios de integración (Hillier & Hanson, 1984), accesibilidad (Okabe & Sugihara, 2012) y jerarquización participativa (Rowley, 2012) guiaron la selección de métricas y la ponderación multicriterio.

2. Evaluación del sistema de movilidad. Se aplicó una encuesta origen-destino a 1 048 personas (95 % de confianza, ± 3 % de error), recogiendo datos sobre modos, frecuencias y tiempos de acceso a equipamientos básicos. A partir de esta información se generó una matriz OD simplificada. Mediante QGIS 3.34 y QNEAT3, se modelaron isócronas de 5, 10 y 15 minutos, evaluando diferencias de acceso según tipo de vía (asfalto, adoquín, lastre, tierra) con la prueba de Kruskal-Wallis y post-hoc Nemenyi. Además, se aplicó una encuesta de percepción (escala Likert, cinco niveles) estructurada en ocho dimensiones, analizada mediante ANOVA de un factor para comparar resultados entre zonas y condiciones vial.

3. Priorización estratégica. Un panel Delphi de diez expertos valoró diez temas de intervención; se alcanzó estabilidad < 9 % en la segunda ronda (coeficiente Kendall W = 0,78). La ponderación multicriterio combinó 60 % Delphi y 40 % resultados de la encuesta, normalizada para los seis criterios NACTO. Finalmente se aplicó análisis FODA y sensibilidad ± 10 %. Este enfoque triangula evidencia objetiva, percepción y consenso experto, produciendo resultados robustos y transferibles.

Descripción de la Ubicación

Rocafuerte se ubica a 0°57'S – 80°27'O, en la cuenca media del río Portoviejo, provincia de Manabí (Ecuador). El casco central cubre 2,21 km² de topografía llana (altitud 16–22 m s.n.m.), clima tropical megatérmico (27 °C media anual y 1 100 mm de precipitación) (GAD Municipal de Rocafuerte, 2023).

Población y Muestra

El Censo INEC 2022 reporta 42 688 habitantes, de los cuales 27,8 % reside en el área urbana (≈ 11 850). La unidad espacial fueron 302 manzanas delimitadas por la malla vial. Para la encuesta de percepción, con nivel de confianza 95 % y error 5 %, se requerían 372 casos; se aplicó muestreo estratificado proporcional tomando como estratos la tipología de calzada (asfalto, adoquín, hormigón, lastre) y la función dominante del suelo (residencial, comercial, mixta). Se obtuvieron 1 048 respuestas válidas (83 % de tasa de respuesta), superando el mínimo y permitiendo desagregaciones por sexo (53 % mujeres) y edad (media 34,2 años). El cuestionario midió ocho dimensiones: *seguridad*,

conectividad, continuidad peatonal, confort ambiental, conveniencia de servicios, intermodalidad, flujo vehicular percibido y orden-limpieza. Diversos estudios en ciudades intermedias latino-americanas confirman que la calidad de la capa de rodadura explica entre 40 % y 60 % de la varianza en tiempos de viaje peatonal (Lin et al., 2024).

Para la técnica Delphi se seleccionaron diez expertos: tres planificadores municipales, dos investigadores de universidades locales, tres consultores en transporte y dos líderes barriales con experiencia comprobada en proyectos de regeneración urbana. La validez de contenido alcanzó I-CVI = 0,86 y la fiabilidad de rangos, $\alpha = 0,87$. La convergencia de respuestas entre rondas fue ≤ 9 %, criterio para cerrar el proceso.

Los aforos incluyeron conteo manual de vehículos (clasificación ligera/pesada) y peatones en intervalos de 15 min. Estos datos alimentaron la calibración de la velocidad media de red y la caracterización de picos AM/PM, fundamentales para la modelación de isócronas y la comparación con los indicadores morfológicos.

3. Resultados

3.1 Morfología urbana

El Moran I de densidad edificatoria arrojó 0,27 (p < 0,01), evidenciando un clúster HH en el centro histórico y LL en los bordes sureste y noroeste. La compacidad de manzanas presentó I = -0,05 (p > 0,05), indicando distribución aleatoria que interrumpe la continuidad peatonal. El índice de proximidad a equipamientos resultó I = 0,15 (p < 0,05), confirmando alta centralidad (Ver **Figura 1**).

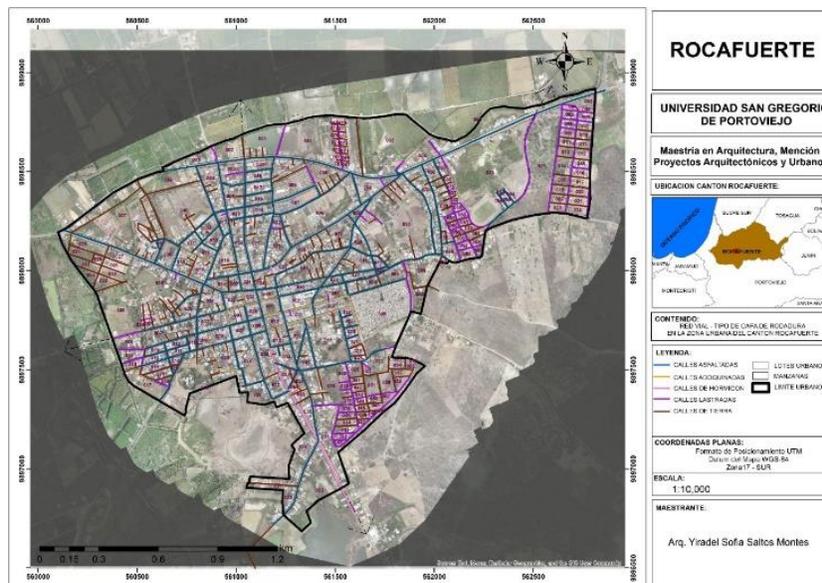


Figura 1: Red vial clasificada por capa de rodadura. GAD Municipal de Rocafuerte (2023).

Accesibilidad funcional.

El análisis de isócronas mostró que 88 % de la población urbana accede a equipamientos esenciales en ≤ 5 min a pie. No obstante, 2,8 % de los residentes periféricos sobre vías

de lastre requiere > 10 min. La prueba de Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas entre tipologías de calzada (Ver Figura 2).

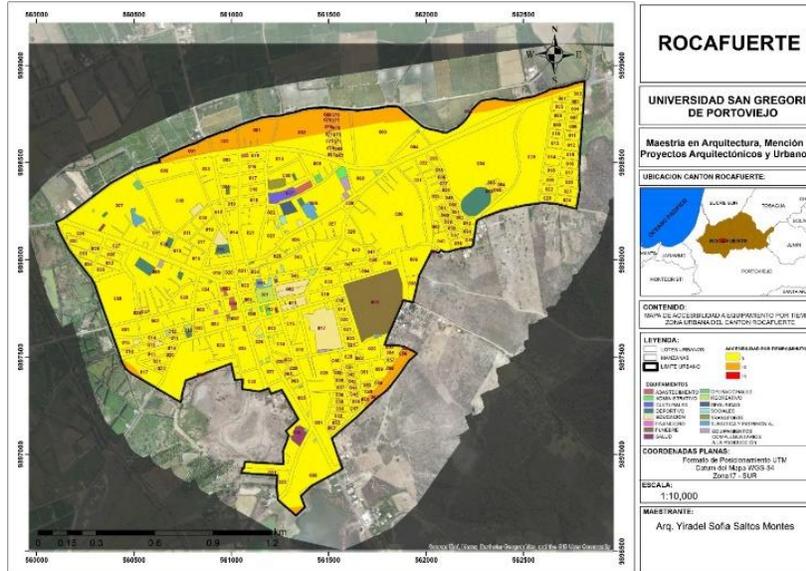


Figura 2: Isócronas de accesibilidad a equipamientos (5, 10 y 15 min). GAD Municipal de Rocafuerte (2023).

Percepción ciudadana.

El ANOVA indicó efectos significativos en seguridad percibida ($F = 5,01$; $p = 0,0099$), conectividad objetiva ($F = 7,79$; $p = 0,001$) e intermodalidad ($F = 3,42$; $p = 0,0397$). Continuidad peatonal y confort ambiental no alcanzaron significación, sugiriendo habituación a déficits de infraestructura (Ver Figura 3).

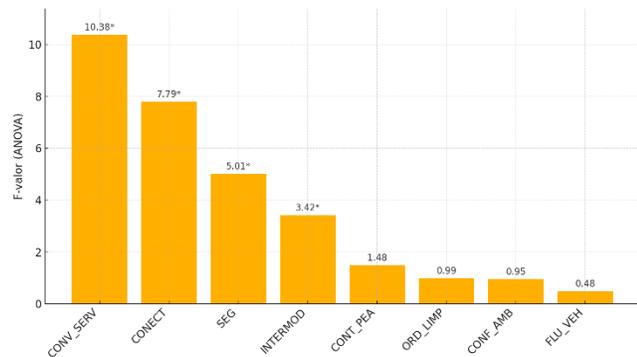


Figura 3: Encuesta de Percepción valores F y P-Valor

Priorización estratégica.

El panel Delphi otorgó mediana 5 y $RIc \leq 1$ a: jerarquización vial y movilidad activa (T2), integración transporte público + modos suaves (T3), urbanismo táctico (T4), gobernanza

participativa (T7) y bienestar peatonal / confort térmico (T10) (Ver Figura 4).

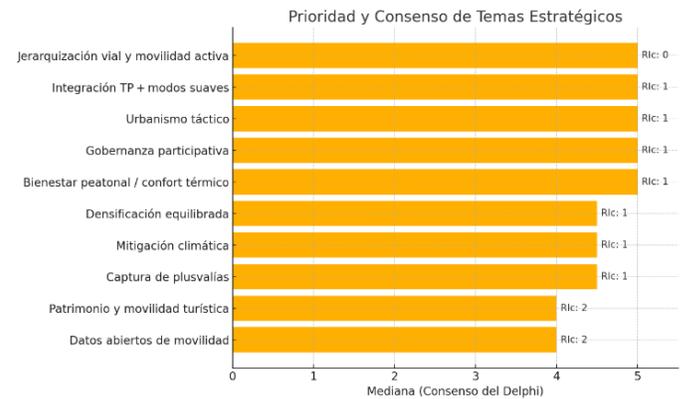


Figura 4: Prioridad y Consenso de Temas Estratégicos.

Matriz multicriterio.

La ponderación normalizada asignó 18,1 % a seguridad vial (C1), 17,7 % a continuidad peatonal (C2) y 16,4 % a accesibilidad universal (C3) (Ver Figura 5).

La sensibilidad ± 10 % no alteró el ranking de los tres primeros criterios.

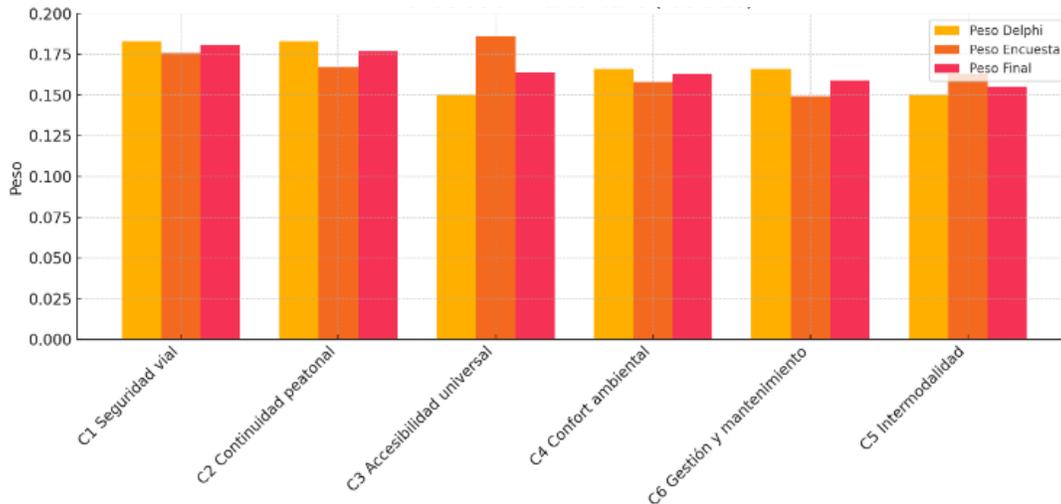


Figura 5: Ponderación Multicriterio con los criterios NACTO.

Relación forma-desempeño.

Correlacionando métricas sintácticas con los resultados de percepción se observó que la variable *integración axial* explica 42 % de la varianza en seguridad percibida ($R^2 = 0,42$; $p < 0,01$).

La densidad edificatoria correlaciona negativamente con flujo vehicular percibido ($\rho = -0,31$; $p = 0,03$), indicando que calles densas pero angostas generan sensación de congestión aun sin altos volúmenes de tráfico.

4. Discusión

Los hallazgos confirman la tesis de que la forma urbana ejerce una influencia determinante sobre la movilidad cotidiana. La coexistencia de un núcleo denso y expansiones dispersas reproduce el modelo centro-periferia descrito en urbes intermedias de América del Sur, donde la falta de subcentros bien conectados obliga a viajes más largos y monopulares (Zumelzu et al., 2020). El clúster central de alta densidad y proximidad a servicios se alinea con el concepto de “ciudad de quince minutos”, pero la periferia de baja densidad amplía la dependencia motorizada, coincidencia que refuerza lo señalado por Duque et al. (2021).

Aunque la literatura internacional ofrece referencias útiles, el presente estudio se centra en evidencias de ciudades ecuatorianas de tamaño similar, por ejemplo: Quevedo y Babahoyo, a fin de garantizar pertinencia contextual. La discrepancia entre calzadas asfaltadas y vías de lastre se traduce en una brecha de tiempo de acceso superior a cinco minutos, valor crítico para hogares sin vehículo particular, similar a lo registrado en estudios de Cuenca y Ambato (Alicia & Hidalgo, 2022). En materia perceptual, la significación de seguridad, conectividad e intermodalidad

sugiere que las intervenciones viales de superficie y la redistribución modal podrían generar mejoras inmediatas. La no significación de continuidad peatonal indica cierta resignación social ante la discontinuidad de aceras, hecho ya descrito por Lerner (2003).

La correlación entre integración axial y seguridad percibida refuerza la pertinencia de la sintaxis espacial para anticipar la experiencia del usuario, y la relación negativa entre densidad y flujo percibido sugiere que la compacidad sin ensanchamiento de calzadas puede incrementar la sensación de saturación.

5. Conclusiones

El análisis geoanalítico confirmó que la morfología del casco central de Rocafuerte condiciona la movilidad. La alta densidad edificatoria y de equipamientos del núcleo (Moran $I = 0,25$; $0,15$) crea una fuerte centralidad: favorece recorridos cortos, pero genera periferias con pocos servicios y viajes radiales que saturan la red primaria y amplían la desigualdad.

El trazado regular del centro contrasta con polígonos irregulares en los bordes; la compacidad aleatoria de manzana ($I \approx -0,05$) interrumpe la continuidad peatonal y dificulta la estandarización vial, evidenciando la necesidad de pasajes y ejes verdes que suturen el tejido.

Las isócronas muestran que 88 % del área urbana está a ≤ 5 min de servicios, mientras 2,8 % periférico —sobre vías de lastre— presenta los mayores tiempos y las percepciones más bajas de seguridad y conectividad. El test Kruskal-Wallis ($p < 0,001$) destacó la calidad del pavimento como principal factor de inequidad.

El panel Delphi alcanzó consenso total sobre jerarquización vial, movilidad activa y urbanismo táctico (mediana = 5; RIc ≤ 1). La captura de plusvalías y los datos abiertos, aunque valorados, precisan mayor capacidad institucional. La ponderación multicriterio, alineada con la *Urban Street Design Guide* (NACTO, 2025), prioriza seguridad vial (0,181) y continuidad peatonal (0,177).

Conjuntar densificación periférica equilibrada, mejora de la red secundaria y creación de subcentros barriales permitirá equilibrar la estructura urbana, optimizar desplazamientos y avanzar hacia una ciudad de proximidad resiliente y equitativa, sostenible, inclusiva y saludable.

Recomendaciones

Para revertir la desigualdad detectada se propone, en primer lugar, rehabilitar los tres kilómetros de vías en lastre y tierra de los corredores sureste y noroeste, carril bus-bicicleta y pasos peatonales sobreelevados; esta medida, avalada por experiencias en ciudades intermedias (Institute for Transportation & Development Policy - TDP, 2023), reduciría en al menos 18 % el tiempo medio de acceso y mejoraría los indicadores de seguridad vial y continuidad peatonal (Cervero & Kockelman, 1997).

En paralelo, deben implantarse dos subcentros barriales multifuncionales (salud, educación y comercio) en los clústeres periféricos de menor accesibilidad, tal como señalan los modelos policéntricos para ciudades latinoamericanas (Duque et al., 2021). Estas intervenciones deben acompañarse con proyectos piloto de urbanismo táctico en los ejes mejorados, incorporando calles compartidas y *parklets* de bajo costo que fomenten la movilidad activa y la cohesión social (Gehl, 2010; Lerner, 2005). Finalmente, se recomienda establecer comités barrio-municipio encargados de supervisar el mantenimiento vial y administrar un tablero de datos abiertos, así como aprobar una ordenanza de captura de plusvalías que reinvierta, al menos, el 30 % de la valorización del suelo en infraestructura peatonal y ciclista, siguiendo los lineamientos de la *Urban Street Design Guide* (NACTO, 2025) y experiencias de financiación urbana sostenible (Aguilar & López, 2016).

Referencias

- Alicia, A., & Hidalgo, D. (2022). Movilidad sostenible: ruptura del paradigma convencional. Universidad Espíritu Santo. ISBN: 978-9978-25-175-1. Recuperado de <https://uees.edu.ec/descargas/libros/2021/movilidad-sostenible-ruptura-del-paradigma-convencional.pdf>
- Aguilar, G., & López, M. (2016). Espacios de pobreza en la periferia urbana y suburbios interiores de la Ciudad de México: Las desventajas acumuladas. *EURE (Santiago)*, 42(125), 5-29. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612016000100001>

- Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). *Registro Oficial Suplemento 303 de 19 de octubre de 2010*. <https://www.cpmccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>
- Calatayud, A., Sánchez González, S., Bedoya-Maya, F., Giraldez, F., & Márquez, J. M. (2021). Urban road congestion in Latin America and the Caribbean: Characteristics, costs, and mitigation. *Inter-American Development Bank*. <http://dx.doi.org/10.18235/0003149>
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- Duque, J. C., Lozano-Gracia, N., Patino, J. E., & Restrepo, P. (2021). Urban form and productivity: What shapes are Latin-American cities? *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 49(1), 131-150. <https://doi.org/10.1177/2399808321999309>
- GAD Municipal de Rocafuerte. (2023). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rocafuerte 2023-2027. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Rocafuerte.
- Garrocho, C., & Campos, J. (2007). Dinámica de la estructura policéntrica del empleo terciario en el área metropolitana de Toluca, 1994-2004. *Papeles de Población*, 13(52), 110-135. <https://doi.org/10.22185/24487147.2007.52.374>
- Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Island Press. Washington. ISBN: 9781597265737 Recuperado de: <https://archive.org/details/cities-for-people-jan-gehl/page/n3/mode/2up>
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. Cambridge University Press. ISBN: 9780511597237 <https://doi.org/10.1017/CBO9780511597237>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). Censo de población y vivienda 2022: Resultados definitivos por cantón. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Institute for Transportation & Development Policy (ITDP). (2023). *Walking & cycling policy guide*. <https://www.itdp.org/publication/walking-cycling-guide/>
- Lin, C., Li, G., Zhou, Z., Li, J., Wang, H., & Liu, Y. (2024). Enhancing urban land use identification using urban morphology. *Land*, 13(6), 761. <https://doi.org/10.3390/land13060761>
- Lee, M., Barbosa, H., Youn, H., Holme, P., & Ghoshal, G. (2017). Morphology of travel routes and the

- organization of cities. *Nature Communications*, 8, 2229. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02374-7>
- Lerner, J. (2005). *Acupuntura urbana*. GG. Barcelona. ISBN: 9788460964506. Recuperado de: https://www.casadellibro.com/libro-acupuntura-urbana/9788460964506/1041434?srsId=AfmBOopeLwzmzL_Y7J5b8tYLy7Qt-nUTWKK4oJD57S0E8mnFwCu-LrAf2
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2023). *Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible del Ecuador*. <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/10/Politica-Nacional-de-Movilidad-Urbana-Sostenible-del-Ecuador-2023.pdf>
- Moran, P. A. P. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 37(1/2), 17–23. <https://doi.org/10.2307/2332142>
- NACTO. (2025). *Urban Street Design Guide*. National Association of City Transportation Officials. Recuperado de: <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/>
- ONU-Hábitat. (2012). *Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe 2012: Rumbo a una nueva transición urbana*. Brasil. ISBN Series 978-92-1-133397-8. Recuperado de: <https://unhabitat.org/estado-de-las-ciudades-de-america-latina-y-el-caribe-state-of-the-latin-america-and-the-caribbean>
- Okabe, A., & Sugihara, K. (2012). *Spatial Analysis Along Networks: Statistical and Computational Methods*. Wiley. ISBN: 9781119967101. <http://doi.org/10.1002/9781119967101>
- Rowley, J. (2012). Conducting research interviews. *Management Research Review*, 35(3/4), 260-271. <https://doi.org/10.1108/01409171211210154>
- Salazar, E., & Zambrano, V. (2022). *Modelo de gestión y crecimiento sostenible de la sección de tránsito, transporte terrestre y seguridad vial del cantón Rocafuerte*. [Tesis de Grado- Universidad Estatal del Sur de Manabí-UNESUM] <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3972/1/TESIS%20FINAL%20VIANCA%20ZAMBRANO.pdf>
- Zumelzu, A., Barría, T., & Barrientos-Trinanes, M. (2020). Efectos de la forma urbana sobre la accesibilidad peatonal en Barrios del Sur de Chile. *Arquiteturarevista*, 16(1), 1-22. <https://doi.org/10.4013/arq.2020.161.01>

de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Adquisición de fondos, Investigación, Metodología, Administración de proyecto, Supervisión, Validación. **Mora-Albán, V.:** Software, Visualización, Redacción-borrador original, Redacción – revisión y edición.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0

Contribución de los autores (CRediT)

Saltos-Montes, Y.: Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Adquisición de fondos, Investigación, Metodología, Administración de proyecto. **Bonilla-Ponce, A.:** Conceptualización, Curación



Artículo de revisión

Protección Jurídica de Bienes Patrimoniales en caso de conflictos armados

Luis Masterrena-Alcívar^[1,2]  Nathaly Montes-Mera^[1]  Manuel Barcia-Moreira^[1,3] 

[1] Instituto Nacional del Patrimonio Cultural (INPC). Ecuador.

[2] Universidad de Guayaquil (UG). Guayaquil, Ecuador.

[3] Carrera de Arquitectura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Manabí (PUCEM). Manabí, Ecuador.

Autor para correspondencia: luis.masterrena@patrimoniocultural.gob.ec



Resumen

El artículo analiza cómo los conflictos armados han afectado históricamente al patrimonio cultural, causando pérdidas irreparables de bienes materiales e inmateriales. Se aborda la evolución de la protección jurídica internacional, desde la Convención de La Haya de 1954 hasta estrategias recientes de la UNESCO, destacando la importancia del Derecho Internacional Humanitario como marco regulador. Mediante una revisión histórica y normativa, los autores destacan instrumentos, principios y organismos como el Escudo Azul para prevenir la destrucción de bienes patrimoniales. Se concluye que la protección del patrimonio es inseparable de la defensa de la dignidad humana y requiere cooperación internacional, políticas educativas y aplicación efectiva de normas que garanticen su preservación para las futuras generaciones.

Palabras Clave: *derecho; patrimonio cultural; protección; convención; principio universal.*

Review

Legal Protection of Cultural Property in the Event of Armed Conflicts

Abstract

The article analyzes how armed conflicts have historically impacted cultural heritage, causing irreparable losses of both tangible and intangible assets. It addresses the evolution of international legal protection, from the 1954 Hague Convention to recent UNESCO strategies, highlighting the importance of International Humanitarian Law as a regulatory framework. Through a historical and normative review, the authors emphasize instruments, principles, and organizations such as the Blue Shield to prevent the destruction of cultural property. It concludes that the protection of heritage is inseparable from the defense of human dignity and requires international cooperation, educational policies, and the effective application of regulations that guarantee its preservation for future generations.

Keywords: *law; cultural heritage; protection; convention; universal principle.*

1. Introducción

Entre los acontecimientos internacionales de mayor relevancia en la historia contemporánea, vinculados con la materia de estudio, destacan la Primera y la Segunda Guerra Mundial, iniciadas en 1914 y 1939, respectivamente. Ambos conflictos representaron una de las mayores devastaciones a escala continental, provocando la afectación masiva y, en numerosos casos, la desaparición de bienes muebles e inmuebles con valor patrimonial incalculable.

De manera más reciente, Estados como Irak, Afganistán, Siria y la ex Yugoslavia han experimentado conflictos armados, tanto internos como externos, que han generado impactos significativos en el patrimonio cultural mundial. En estos escenarios se perdieron sitios arqueológicos, monumentos históricos, bibliotecas, obras de arte, objetos de valor cultural e infraestructuras arquitectónicas de relevancia patrimonial.

La difusión de noticias sobre conflictos bélicos, motivados por factores políticos, religiosos o de diversa índole, despierta una preocupación legítima por la seguridad de la población civil, manifestada en desplazamientos forzados, crisis alimentarias, brotes epidémicos y vulneración de derechos fundamentales.

En este contexto, el Derecho Internacional Humanitario adquiere un rol central, al reconocer que la protección de la persona implica también la salvaguarda de su legado histórico, cultural y material. Este marco normativo fomenta la solución pacífica de controversias mediante la diplomacia, la mediación, la conciliación y la negociación, con el objetivo de cesar la violencia y preservar tanto la vida humana como el patrimonio cultural (Hernández & Manasía, 2005).

Los efectos nocivos de la guerra se extienden a la totalidad de las actividades sociales, y las divergencias no resueltas pueden perpetuar escenarios de violencia y retrasar la consolidación de la paz. En consecuencia, el Derecho Internacional Humanitario, sustentado en normas convencionales y consuetudinarias, constituye un instrumento de protección para la integridad de las personas y sus bienes patrimoniales.

En virtud de lo anterior, este manuscrito tiene como objetivo principal analizar la influencia de los conflictos armados en la afectación, pérdida y protección del patrimonio cultural, desde la perspectiva del Derecho Internacional Humanitario, identificando la relevancia de los instrumentos jurídicos vigentes y los mecanismos de cooperación internacional orientados a salvaguardar los bienes culturales en contextos de guerra.

2. Metodología

La investigación se desarrolló bajo el enfoque del método histórico-jurídico, mediante el cual se realizó un análisis cronológico y sistemático de los acontecimientos y normas que inciden en la protección del patrimonio cultural durante conflictos bélicos. Se aplicó el método teórico-jurídico para examinar doctrina especializada, normativa nacional e instrumentos de Derecho Internacional Humanitario, identificando vacíos normativos y mecanismos de protección. Como técnica principal se utilizó la revisión documental, basada en la recopilación, selección y análisis de fuentes bibliográficas y jurídicas disponibles en repositorios virtuales nacionales e internacionales, lo que permitió sustentar la argumentación y extraer conclusiones con rigor académico.

3. Resultados

3.1 Aspectos normativos a considerar

La cultura y el patrimonio constituyen una forma de concebir el mundo y de dotar de sentido a las prácticas sociales, por lo que siempre deben entenderse en relación con un territorio determinado y considerando las dinámicas de poder que influyen en dichas prácticas (Arias, 2014, p.211). La Convención de La Haya Sobre Protección de los Bienes Culturales en Caso de Conflictos Armados fue expedida en 1954, y se introducen postulados que son alineados con aquellos criterios clásicos relacionados con el patrimonio cultural (Mejía, 2014). Luego en 1972 se expidió la Convención Sobre la Protección del Patrimonio mundial, cultural y natural, aquí se mantuvo esa característica monumental, artística y arqueológica de todo lo concerniente al patrimonio cultural.

Con la preocupación de los países por la vida cultural de sus ciudadanos es que empieza a emerger el Derecho Cultural, y de manera específica el Derecho del Patrimonio Cultural el cual o dentro del cual están implícitos principios, normas, así también criterios que al ratificarse en tratados internacionales permiten el goce para su connacionales y personas venida del extranjero (Mesinas, 2016). Entendiéndose de sobremanera que estas normativas y principios dirigidos al ciudadano como tal, lleva implícito el deber de cuidar y proteger el patrimonio material e inmaterial concerniente al individuo, considerando que el patrimonio cultural forma parte del ser, de lo que existe ahora como lo que existirá 100 años más adelante, tradiciones, costumbres, formas de construir inmuebles, como casas, puentes, edificios, monumentos, entre otros.

La sensibilización patrimonial implica desarrollar políticas educativas específicas para los espacios, articuladas con la memoria local y orientadas a reconocer el patrimonio como un valor compartido por la comunidad (Batista, 2018). Desde la cultura y educación es posible establecer conexiones

territoriales afectivas apoyado en la concienciación colectiva en torno al patrimonio cultural.

Es fundamental reconocer el valor y la importancia del patrimonio, cuya preservación requiere la participación conjunta de la academia, las instituciones gubernamentales, la sociedad civil y los actores culturales, quienes coordinan sus acciones a través del marco legal para protegerlo de manera integral (Muñoz et al., 2004). Algo a destacar es que el Derecho no emplea términos unívocos para aprehender estos bienes (Anguita, 2004). Se encuentran infinidad de vocablos incorporados para citar al patrimonio histórico, artístico, monumentos, obras de arte, entre otros.

La cultura ha sido trasladada hacia la primera línea en los conflictos armados debido a los daños colaterales sufridos, la destrucción de las infraestructuras arquitectónicas y sitios emblemáticos de características arqueológicas, es un objetivo directo utilizado para el incremento de venganza, violencia y odio entre la población afectada, tal destrucción tiene efectos en un corto y largo plazo porque debilita los esfuerzos que se realizan para alcanzar la paz, es un factor complicado para lograr la reconciliación de las partes enfrentadas sin que exista la respectiva reparación integral, y conociendo desde ya la evolución de las sociedades y sus formas y maneras de construir esto se vuelve casi imposible, citando como ejemplo el hecho de que, en la actualidad no se edifica con los mismos materiales de construcción que se utilizaban hace más de 100 años atrás, lo que conlleva a una pérdida irrecuperable para la nación afectada y que se extiende a una afectación de carácter global.

En la década de 1990 motivado por los conflictos que se sucedieron se reforzaron Convenciones para adaptarlos al Segundo Protocolo que aumentaron los niveles de protección de bienes culturales. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, y el Ministerio de Defensa de Argentina (2019) enfatizan que, en 2015, los Estados miembros de la UNESCO han adoptado una estrategia integral para el refuerzo de las acciones en materia de protección de la cultura.

El Protocolo a la Convención para la protección de los bienes culturales en caso de conflicto armado estipula que los Estados se compromete a impedir la exportación de bienes culturales de un territorio ocupado durante un conflicto armado (UNESCO, 1956). Queda claro el compromiso de resguardar los bienes culturales cuando existan actos hostiles en territorios ocupados, o de aquellos sometidos a ataques. Los bienes culturales no se pueden retener con la finalidad de formar parte de reparaciones de guerra.

3.2 Derecho Internacional Humanitario

La creación de un orden supranacional es relativamente nueva, tomó fuerza luego de la Primera Guerra Mundial. Los

Estados empezaron a unificarse en organizaciones internacionales para frenar futuros intentos guerrillistas o bélicos. La intención estuvo dada por la creación de bloques fuertemente unificados para regular actividades a través de normativas.

Según Fraidenraij, citada por Fercovic (2014), el Derecho Internacional Humanitario comprende normas internacionales diseñadas para proteger a las personas y sus bienes durante los conflictos armados, así como para restringir el uso de armas y tácticas bélicas; se distingue por su enfoque realista y funcional, al servir de punto de equilibrio entre intereses contrapuestos en favor de la humanidad.

El marco del Derecho Internacional Humanitario se fundamenta en tratados internacionales que establecen los criterios que los Estados deben seguir durante los conflictos armados, con el propósito de que las acciones bélicas se desarrollen de forma más humana (Quijano et al., 2018). Aquello obliga al expreso consentimiento para obligarse a los instrumentos supranacionales creados; esto contribuye a la consolidación de dicho régimen de su cumplimiento frente a los preceptos fundamentales de los seres humanos, entre los cuales se encuentran los derechos culturales.

El desarrollo y aplicación del Derecho Internacional Humanitario conforman una tarea que nunca concluirá. Dichas normativas por las cuales se rige el respeto de precautelar los bienes culturales cuando se presentan conflictos armados tienen sólidos fundamentos jurídicos; no obstante, se corre el riesgo de no aplicarse.

Una vez que concluyen los conflictos armados, es necesario tomar las medidas necesarias que permitan proteger los bienes culturales; esto se enmarca en el respeto a la dignidad de la sociedad porque forman parte de la memoria histórica colectiva. Cuando se suceden ataques intencionados en contra de los bienes arqueológicos y/o arquitectónicos, la percepción de la comunidad internacional es que existe el menosprecio hacia todo lo que representan esos objetos para una parte de los implicados en las guerras.

El Comité Internacional de la Cruz Roja (2002) destaca que la protección de la cultura y de los bienes culturales debe entenderse hoy en una dimensión global, acorde con el contexto mundial contemporáneo, ya que los conflictos han dejado de percibirse como fenómenos aislados.

En 2015, los Estados integrantes de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO, procedieron a adoptar “una estrategia integral para el refuerzo de las acciones de la UNESCO en materia de protección de la cultura” (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura & Ministerio de Defensa de Argentina, 2019). A manera de

ejemplo se cita la reconstrucción de los mausoleos de Tombuctú, en Malí, mismos que fueron destruidos por extremistas de ese país.

3.3 Definición de patrimonio cultural

Con el paso de las décadas, el término patrimonio ha adquirido una connotación ideológica, política y social. Esto también se relaciona con aspectos vinculados a la memoria o al olvido de actividades culturales desarrolladas en el pasado. Hasta mediados del siglo XX, el concepto se centraba principalmente en bienes materiales de carácter artístico y monumental, cuya valoración estética era definida por especialistas y estaba asociada a las élites y círculos de poder occidentales, por lo que con frecuencia se le denominaba patrimonio de carácter elitista (Téllez, 2013).

Posteriormente, con el avance de los años, comenzaron a producirse transformaciones impulsadas por nuevos contextos y actores, dentro de un marco de crecimiento económico derivado de la globalización como consecuencia de la posguerra. La UNESCO impulsó la protección de bienes culturales mediante su custodia estatal, dado que empezaban a ser objeto de mercantilización ilegal. Desde entonces, los procesos de institucionalización y las políticas públicas cobraron relevancia, y con ello la sociedad comenzó a valorar su importancia.

Para la comprensión y construcción del patrimonio, es necesario considerar aspectos como la dinámica local-global, impulsada por la globalización en contenidos, procesos y dimensiones políticas, situación que condujo a la reconfiguración de la identidad histórica y social. Las tradiciones, los relatos orales y la presencia de evidencia física han hecho posible la apropiación territorial acompañada de una identidad cultural vinculada a los bienes que conforman el patrimonio cultural.

Se plantea la idea de vivir localmente, pero formando parte de la globalidad, generando así un proceso que posibilita la mezcla de referencias culturales tradicionales entre lo individual y lo colectivo, con una profunda incidencia en los modos de pensar en distintos lugares del mundo.

Durante el siglo XVIII, el concepto de patrimonio cultural comenzó a tomar forma, aunque no con el sentido que se le otorga actualmente; en ese entonces se apreciaba como una variable intrínseca de coleccionistas con acceso a obras de arte, esculturas y pinturas, quedando excluidos los sectores de la sociedad sin recursos para adquirir tales objetos.

En el siglo XIX se empezó a modificar la forma de entender el patrimonio cultural, empleándose este término para identificar objetos y obras conservadas en yacimientos arqueológicos, así como aquellos custodiados en museos estatales y privados, junto con edificaciones artísticas,

centros de salud y monumentos emblemáticos que narran una historia. Por su naturaleza, presentan un valor tanto extrínseco como intrínseco, por lo que merecen ser preservados y protegidos.

Con una visión más integral, el patrimonio cultural empezó a ser comprendido de forma más amplia por la sociedad, dejando de restringirse únicamente a monumentos, pinturas u otras manifestaciones artísticas, para abarcar expresiones culturales capaces de reconstruir la forma de vida de determinadas épocas históricas.

3.4 La voluntad de precautelar los bienes patrimoniales culturales de la destrucción

Con el propósito de proteger los bienes culturales ante la posible destrucción derivada de conflictos armados, se recurre a la protección jurídica, regulada y preestablecida, como mecanismo para salvaguardar el patrimonio cultural en todas sus manifestaciones. La protección nacional e internacional de los bienes patrimoniales culturales se sustenta en instrumentos jurídicos diseñados para tal fin, ya sean de carácter internacional o local, los cuales se perfeccionan con el tiempo para garantizar que su aplicación se ajuste a las realidades contemporáneas.

Pérez (2018) señala que la adopción de normas internacionales y su incorporación en los distintos sistemas jurídicos nacionales evidencia el interés de la comunidad internacional por la protección del patrimonio cultural. Aunque esto podría generar debates entre los posibles beneficiarios de dichas normativas, también implica la aparición de eventuales controversias. Además, desde la perspectiva ciudadana, aún persiste la falta de conciencia sobre el patrimonio cultural como un derecho; por ejemplo, lo antiguo suele percibirse como obsoleto, inútil o irrecuperable, lo que supone desconocer su valor como componente de la identidad social y jurídica, asociado al disfrute de una identidad cultural.

Es importante recordar que hace apenas un siglo la cultura no se consideraba un derecho individual ni se entendía que mereciera ser tutelada por el Estado. Fue recién en 1904 cuando Nicholas Roerich, de nacionalidad rusa, impulsó una iniciativa para la creación de un tratado que protegiera instituciones artísticas, científicas y monumentos históricos. En ese entonces, el patrimonio inmaterial no era reconocido como parte esencial de la identidad de los pueblos; únicamente el patrimonio material, representado en esculturas, pinturas o edificaciones relacionadas con la salud o el arte, era objeto de atención.

La comprensión actual del patrimonio y la cultura implica asumir conceptos más amplios e inclusivos; por lo tanto, no se puede entender la cultura únicamente como un elemento decorativo, sino también como parte de los derechos

fundamentales inherentes a la dignidad humana. Al considerarse la cultura como un bien de naturaleza pública, el Estado, aun cuando lo desee, no puede desligarse de su responsabilidad de protegerla.

En el siglo XX, cuando se intensificaron las preocupaciones por la protección de los bienes culturales, la valoración del patrimonio cultural se entendía como un conjunto de modelos o pautas mediante los cuales una sociedad regula la conducta de sus integrantes (Mesinas, 2016). Una disciplina que contribuyó significativamente a superar la percepción limitada de los bienes culturales fue la Arqueología, gracias a las investigaciones realizadas sobre los antiguos asentamientos humanos.

Siguiendo esta línea sobre lo antiguo, es pertinente mencionar específicamente los bienes inmuebles patrimoniales, que a lo largo de la historia han sido de los más afectados durante los conflictos bélicos entre Estados. Como ejemplo se puede citar la Catedral de Reims, ubicada en la ciudad de Reims, Francia, considerada una ciudad histórica. Esta catedral es significativa porque allí se coronaban los reyes, incluido uno de los líderes más influyentes de Europa, Carlomagno. La catedral fue bombardeada y gravemente dañada durante la Primera Guerra Mundial, y volvió a ser víctima de ataques durante la Segunda Guerra Mundial. Este caso se replica en gran parte de Europa, donde numerosos monumentos históricos y edificaciones emblemáticas de varias ciudades, como iglesias, monasterios y templos construidos siglos atrás, resultaron igualmente afectados.

La continua sucesión de hechos contrarios a la paz en el contexto internacional llevó a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) a implementar acciones dirigidas a la protección del patrimonio cultural. Regiones identificadas como conflictivas, como Oriente Medio, han motivado que los actores involucrados en conflictos armados procuren respetar aquellos bienes ya reconocidos como de interés para toda la humanidad. Para asumir esta responsabilidad, intervienen diversos profesionales capacitados especialmente para tales circunstancias, como arqueólogos, antropólogos, paleontólogos y arquitectos especializados en patrimonio vernáculo, entre otros.

La voluntad de salvaguardar los bienes que conforman el patrimonio cultural de las naciones frente a la destrucción que podrían sufrir en contextos de conflicto armado generó la necesidad de establecer mecanismos de protección jurídica. Esta protección alcanza su punto más alto en los tratados internacionales creados para tal fin, con el objetivo de que, en el ámbito interno de los Estados parte, exista un acercamiento efectivo en la creación de normativa que garantice la preservación de todos los bienes patrimoniales. La protección de estos bienes, tanto a nivel nacional como

internacional, se sustenta en lineamientos jurídicos que deben perfeccionarse continuamente para garantizar su aplicación real y efectiva.

La Convención de La Haya de 1954 es considerada el primer instrumento internacional creado de manera expresa para defender los bienes culturales; en la actualidad se considera el documento referente de los instrumentos de Derecho Internacional Humanitario en materia de protección del patrimonio cultural. Esta convención se considera como un instrumento jurídico fundamental de carácter preventivo y surgió como resultado natural de la creación de la UNESCO (Barraca, 2021).

Se ha estimado como algo imperativo la protección y conservación del patrimonio cultural de la humanidad, es decir, todos los bienes que forman parte y que se encuentran alrededor del mundo. Para muchos, esto pasa por una exigencia fundamental de preservar la memoria histórica de los grupos humanos asentados y desarrollados en un entorno geográfico específico. Para autores como Rodríguez (2010), citado por Moliner (2023), el patrimonio cultural y el patrimonio histórico podrían considerarse conceptos de diferente naturaleza, pero se asume que su utilización cotidiana los convierte en sinónimos.

Cuando se hace referencia al patrimonio, desde su propia enunciación ya conlleva articulaciones con el poder, por cuanto tiene un aspecto intrínseco con la dimensión de construcción social (Carbonell, 2020). El patrimonio abre un abanico de posibilidades para que los pueblos puedan mostrar sus raíces, lo realizado por sus ancestros hace muchos años, de dónde se viene y hacia dónde se podría avanzar. La afectividad es otra cuestión por considerar; los recuerdos persisten a pesar del paso del tiempo, lo que resulta vital para construir un entorno que pueda ser visitado.

La conservación y restauración del patrimonio cultural en la actualidad ha cobrado una importancia económica, por cuanto sirven de destino para millones de personas quienes los visitan, tomando en consideración su valor histórico. Apreciada como actividad turística, sirve de sustento para los países donde se encuentran asentados; el enriquecimiento que generan los bienes permite mejorar el lugar donde están exhibidos y resulta mucho más rentable desde el punto de vista sociohistórico cuando existe difusión a través de los medios de comunicación tradicionales, sumado a las redes sociales.

Desde la mitad del siglo XX aumentó el interés por estudiar los bienes patrimoniales, evolución positiva porque se fue creando todo un escenario adecuado para impulsar el turismo patrimonial. El patrimonio, en conjunto con los bienes que coadyuvan a formar la memoria cultural e histórica, forma parte de un bien común de uso social. No se tiene propiedad sobre aquellos; empero, sí se mantiene el derecho de

utilizarlos para el disfrute, esto porque pertenece a todos. Esto sirve de motivación para su preservación y posterior transmisión hacia las generaciones futuras, con la intención de que puedan disfrutarlo.

Corresponde a los Estados otorgar prioridad a las medidas necesarias para la conservación in situ de los bienes culturales materiales que corran peligro (Brito et al., 2023), esto como consecuencia de una serie de factores, pero que para efectos de esta investigación se centra en los conflictos armados.

La conceptualización de bienes patrimoniales es reflejo del carácter dinámico desarrollado en torno a objetos que han permitido interpretar o reinterpretar la historia; por lo tanto, vincula el pasado, el presente y el futuro, porque abarca las cosas heredadas del pasado que se consideran de tal valor o significación hoy día (Naciones Unidas, 2024), y que los individuos y comunidades tienen la intención de transmitir a su descendencia.

Entre los motivos para la destrucción y saqueo existe variedad de razones; hay quienes se dedican a investigar dónde se encuentran tesoros antiguos con el objetivo de ingresar y extraer lo más valioso. Asimismo, sucede por motivos políticos, otros simplemente por vandalismo; también puede ser organizado por un gobierno, lo que se convierte en pretexto para responder de forma voluntaria a la oposición (Kila, 2024). Esto motiva la urgente necesidad de su protección, apreciada por muchos como un instrumento que permite precautelar tales recursos.

En este contexto, el conocimiento y reconocimiento de los bienes que forman parte del patrimonio histórico ha ido en aumento; los países realizan esfuerzos por preservar la integridad de los mismos. La sociedad acepta casi de manera universal el hecho de que las reliquias del pasado mantienen ese valor especial, por tanto, se deben conservar (Aguirre et al., 2024). Algo a considerar radica en la dinámica existente: se trata de actividades inherentes a los seres humanos que habitaron hace muchos siglos en sus alrededores; esto genera conocimientos ancestrales, los cuales en muchos casos se han preservado y en otros se han interpretado a través de la escritura o figuras encontradas.

La intención de realizar el presente trabajo gira en torno al estudio de la protección jurídica relacionada con los bienes patrimoniales cuando se presentan conflictos armados. Es necesario analizar la categoría jurídica de patrimonio cultural y su abordaje internacional en el contexto de la legislación cultural (Pérez, 2018).

La protección no tiene por qué perjudicar otros derechos contemplados en la normativa internacional y en la Constitución de la República, así como en la normativa interna de los Estados; van de la mano el cuidado de bienes

valiosos, sin que esto conlleve dejar en la indefensión a los particulares. Dicho en otras palabras, cuando se descubren bienes patrimoniales en lugares por donde transiten personas o cualquier forma de traslado, o en casas habitadas, existe la necesidad de llegar a acuerdos con la intención de hacer respetar la legislación creada para estos fines.

En este orden de ideas, si todo vale para conseguir la tutela de unos bienes valiosos, se rompe la idea misma de una sociedad civilizada (González, 2024). Esto implica no quebrantar el equilibrio emanado de los preceptos legales y evitar así inconvenientes para la administración pública.

Alamanni (2016) indica que la cooperación internacional desempeña un rol muy importante en la protección del patrimonio cultural, personas, costumbres, edificios de valor histórico, herramientas utilizadas, entre otros. Además, incluye la creación de normas en el contexto del derecho internacional público y humanitario, acompañado de trabajo de campo por parte de organizaciones internacionales inmersas en el desarrollo y cuidado de sitios arqueológicos.

3.5 Signo Distintivo para la Protección General y Especial de Bienes Inmuebles Patrimoniales (Escudo Azul)

El Escudo Azul tiene un predecesor, denominado Bandera de la Paz, signo distintivo del Pacto de Roerich que se promulgó en 1934. Este pacto tenía como finalidad cuidar y proteger los monumentos históricos de los países y sus edificaciones, en las cuales se brindaba enseñanza artística u otras dirigidas a la salud, como centros de atención y hospitales. Este signo distintivo es una organización internacional independiente y profesional, cuya finalidad es evitar las pérdidas y los daños causados al patrimonio y la cultura en caso de catástrofes, mediante el mejoramiento de las medidas de prevención.

Los bienes culturales, por ser parte del patrimonio mundial, poseen un importante valor histórico, estético, arqueológico y arquitectónico; de ahí la necesidad, por parte de la UNESCO, de otorgarles mayor cuidado en tiempos de paz, pero enfatizando en aquellos casos cuando se presentan conflictos bélicos. Desde la antigüedad están documentados ataques llevados a efecto por personas que lograron invadir ciudades, dejando incluso detallada la manera en que destruyeron importantes tesoros para su población.

Ya en un contexto actual, las imágenes y videos que muestran la destrucción de bienes culturales por parte de extremistas llevaron a tomar medidas urgentes para impedir que se replique este tipo de acciones; la intencionalidad causada puede ser entendida como limpieza cultural. Al darse este tipo de situaciones no solo se afecta la cultura y memoria del país donde sucede, sino que también tiene repercusión mundial, porque si bien gran parte de la

población no ha viajado ni visitado esos lugares, la difusión de contenido audiovisual a través de canales de entretenimiento internacionales, así como de noticiarios, lleva a la ciudadanía a sentir tristeza y pesar por los hechos ocurridos.

La destrucción intencional de los bienes patrimoniales es atentatoria contra el Derecho Internacional Público y se constituye en crímenes de guerra que se encuentran reconocidos en el Derecho Penal Internacional. Jamás deben contemplarse las representaciones patrimoniales como objetivos militares. Es más, de aquí se desprende una situación muy peculiar: la responsabilidad solidaria, que implica que no solo el Estado que ejerce un ataque armado contra otro es responsable de la destrucción de sitios arqueológicos o bienes muebles o inmuebles patrimoniales, sino también el Estado que recibe la agresión por no seguir las normas de carácter internacional destinadas a precautelar estos bienes o sitios que le pertenecen y que están bajo su administración estatal. Por citar un ejemplo, un Estado no puede considerar mantener o instalar bases militares cerca de sitios o bienes emblemáticos o patrimoniales; de igual forma, tiene la obligación de garantizar que cerca de estos lugares que deben protegerse no exista ningún tipo de almacenamiento bélico que pueda ser considerado objetivo militar.

En 1954 se estableció este mecanismo para identificar bienes culturales y fomentar su protección. La Convención para la Protección de Bienes Culturales de ese año incorporó un emblema distintivo con forma de escudo apuntado, dividido en aspa, con colores azul ultramar y blanco. Este símbolo presenta un cuadrado azul ultramar en la parte inferior y un triángulo del mismo color en la parte superior, flanqueado por triángulos blancos y delimitado por zonas azul ultramar a lo largo de los bordes laterales del escudo (Mérida, 2022).

El Escudo Azul se utiliza en determinadas circunstancias, entre las cuales se incluye que gocen de protección general los bienes patrimoniales, que se haya designado personal para su cuidado y que se cuente con la respectiva tarjeta de identidad. Existe, además, un Escudo Azul especial, el cual se repite tres veces y se utiliza cuando se declare la protección especial de algunos objetos o bienes arqueológicos, cuando se transporten tales bienes y existan refugios creados bajo condiciones establecidas en el reglamento para la aplicación del Convenio para la Protección de Bienes Culturales.

Para la promoción de este signo distintivo existen organizaciones como el Comité Internacional del Escudo Azul, el cual desempeña un papel importante en la aplicación de los instrumentos relacionados con este emblema, al igual que otros comités u organizaciones que tienen como finalidad facilitar el proceso de aplicación del Derecho Internacional Humanitario, Comisiones Interministeriales de

Derecho Humanitario, Sociedades Nacionales como la Cruz Roja y la denominada Media Luna Roja, quienes brindan el contingente y apoyo necesarios para, en el marco de sus actividades regulares, asistir a los Estados en materia de respeto del emblema de protección de bienes culturales u otras actividades relacionadas con la aplicación de la Convención de 1954 y sus protocolos.

En estricto cumplimiento de la Convención de La Haya de 1954 y de lo previsto en virtud del sistema de protección general y especial de bienes culturales, en referencia al reglamento de aplicación, los Estados están obligados a aplicar las disposiciones contenidas en la respectiva convención, considerando, entre otras cosas, los tiempos de hostilidades, en los que, para mayor prevención y protección de los bienes culturales, el signo distintivo deberá colocarse sobre los bienes culturales a fin de facilitar su identificación. Este emblema podrá figurar en banderas o estar pintado sobre un objeto de manera visible, con el objetivo de poder ser identificado y, de esta manera, garantizar su protección.

4. Conclusiones

Desde una perspectiva normativa muchos han sido los acuerdos internacionales creados en relación a la temática estudiada, la carta de Atenas de 1931 es el modelo a seguir, se introdujeron aspectos relacionados con la protección de aquellos testimonios pertenecientes a todas las civilizaciones. La protección jurídica tiene entonces la función de blindar a los bienes patrimoniales para evitar que sean atacados y destruidos.

Cuando se hace referencia a la conservación del patrimonio cultural su protección conlleva que la comunidad internacional tome acciones para evitar daños mayores, adoptando la toma de decisiones inmediatas con la intención de evitar su desaparición.

Cuando se trata de proteger el patrimonio cultural resulta innegable que también resulta inseparable en la protección de los individuos. El genocidio cultural toma forma y se convierte en una estrategia perversa que eliminan los elementos emanados de la creatividad. Desde la perspectiva del redactor de este trabajo, el genocidio cultural es la muerte del patrimonio colectivo, con lo cual pasa al olvido aspectos de su vida diaria, de sus creaciones. Ante la irracionalidad de lo actuado por los soldados se borra todo vestigio de historia.

El Escudo Azul como signo distintivo es ese emblema protector creado en la Convención de la Haya de 1954, el cual tiene como finalidad marcar los sitios culturales para proporcionar protección ante los ataques por conflictos armados. Viene a ser el equivalente cultural de la Cruz Roja.

Referencias

- Aguirre, M., Reinoso, V., Huiracohca, P., Garcnica, E., & Espinosa, E. (2024). Envolventes patrimoniales y percepción ciudadana. Una aproximación al caso del Centro Histórico de Cuenca (Ecuador). *Territorios*. 50 (13).
<https://www.redalyc.org/journal/357/35777412013/html/>
- Alamanni, A. (2016). Patrimonio cultural y conflictos armados internos. reflexión sobre la necesidad de un cambio. *Revista de arquitectura*. 3(1). 35-63.
<https://www.unife.edu.pe/publicaciones/revistas/arquitectura/2016/3%20ALAMANNI.pdf>
- Anguita, L. (2004). La Protección Jurídica de los Bienes Culturales en el Derecho Español. *Ius et Praxis*. 10(1).
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-00122004000100002
- Arias, C. (2014). Conflictos territoriales y patrimoniales en "el pesebre de oro de Colombia". *Luna Azul*. 39.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-24742014000200013&script=sci_arttext
- Barraca, P. (2021). La Convención de la Haya de 1954 y el Escudo Azul, en materia de conservación y salvaguarda del patrimonio cultural en España. *Revista de la Facultad de Derecho de México*. 71 (281). 159-189.
<http://10.22201/fder.24488933e.2021.281-1.81071>
- Batista, E. (2018). Riesgos y potenciales de preservación patrimonial en América Latina y el Caribe. *Investigaciones Geográficas*. 96.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112018000200006
- Brito, A., Torres, E., & Sánchez, E. (2023). Los bienes culturales materiales en el contexto universitario para su puesta en valor. *ReHuSo*. 8(1). 1-13.
<https://doi.org/10.33936/rehuso.v8i1.5437>
- Carbonell, E. (2020). Conversatorio sobre la gestión del patrimonio inmaterial en el Ecuador. In: *Patrimonio inmaterial en el Ecuador: una construcción colectiva*. Quito: Editorial Abya-Yala. 2020. 22-104.
<https://books.scielo.org/id/jnkmq>
- Comité Internacional de la Cruz Roja (2002). Protección de los bienes culturales en caso de conflicto armado.
https://www.icrc.org/sites/default/files/document/file_list/proteccion_bienes_culturales_en_conflicto_armado.pdf
- Fercovic, H. (2014). La protección a los bienes culturales en caso de conflicto armado. [Tesis de Grado. Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/131795/La-Protección-a-los-bienes-culturales-en-caso-de-conflicto-armado.pdf?sequence=1>
- González, A. (2024). Patrimonio cultural: protección de valores, desplazamiento de garantías. *Revista de Estudios de la Administración Local Autónoma*. Nuevaépoca. 21. 185-199.
<https://doi.org/10.24965/reala.11354>
- Hernández, L. Manasía, N. (2005). Conflictos internacionales: Medios de solución y derecho internacional humanitario. *Frónesis*. 12(3).
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-62682005000300004
- Kila, J. (2024). Protección de bienes culturales en conflictos armados. *AFKAR/IDEAS*.
<https://www.iemed.org/publication/proteccion-de-bienes-culturales-en-conflictos-armados/>
- Mejía, Á. (2014). El patrimonio cultural como derecho: el caso ecuatoriano. *Foro Revista de Derecho*. 21, 5-26.
<https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/foro/article/view/430>
- Mérida, L. (2022). La UNESCO en la protección de bienes culturales in situ en caso de conflictos armados. [Tesis de Grado. Universidad Rafael Landívar].
<http://doi.org/10.13140/RG.2.2.14258.27845>
- Mesinas, M. (2016). El derecho del patrimonio cultural. Análisis desde la perspectiva de los derechos humanos y su aplicación por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México. *Intervención*. 7 (14).
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-249X2016000200071
- Ministerio de Asuntos Exteriores Unión Europea y Cooperación. (1954). Convención para la Protección de los Bienes Culturales en Caso de Conflicto Armados.
<https://www.exteriores.gob.es/RepresentacionesPermanentes/unesco/es>
- Moliner, J. (2023). Consideraciones legales y éticas sobre la protección del patrimonio cultural de la humanidad en guerras y conflictos. *Studia Humanitatis Journal*. 3(2). 221-239.
<https://studiahumanitatisjournal.com/revista/index.php/shj/article/view/102>
- Muñoz, M., Sanhueza, R., López, M., & Seguel, L. (2004). La participación social y la protección del patrimonio Urbano. 7 (10).
<https://www.redalyc.org/pdf/198/19871004.pdf>
- Naciones Unidas. (2024). Un enfoque basado en los derechos culturales al patrimonio.
<https://www.ohchr.org/es/special-procedures/sr-cultural-rights/cultural-rights-approach-heritage>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, & Ministerio de Defensa de Argentina. (2019). Protección de los bienes culturales Manual Militar. París. UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370507>
- Pérez, O. (2018). Desafíos de la protección jurídica y la gestión del patrimonio cultural ecuatoriano. *Revista Lasallista de Investigación*. 15 (2) 194.209.

<https://www.redalyc.org/journal/695/69559233016/html/>

Quijano, C., Ruiz, R., Roberts, C., & Guerrero, E. (2018). Implementación Del Derecho Internacional Humanitario En Ecuador. *USFQ Law Review*. 5 (1). 262-85. <https://doi.org/10.18272/lr.v5i1.1227>.

Téllez, A. (2013). El patrimonio: Un espacio en disputa y construcción. *Revista nuestrAmérica*. 1 (1), 7-22 <https://www.redalyc.org/pdf/5519/551956257002.pdf>

UNESCO. (1956). Protocolo a la Convención para la protección de los bienes culturales en caso de conflicto armado. <https://www.unesco.org/es/legal-affairs/protocol-convention-protection-cultural-property-event-armed-conflict>

Contribución de los autores (CRediT)

Masterrena-Alcívar, L.: Investigación, Administración del proyecto, Redacción-borrador original; Redacción- revisión y edición. **Montes-Mera, N.:** Investigación, Visualización, Redacción-borrador original; Redacción- revisión y edición. **Barcia-Moreira, M.:** Conceptualización, Adquisición de fondos, Supervisión, Redacción-borrador original; Redacción- revisión y edición.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.





Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0

Artículo de investigación

Elaboración de una Infusión con Base Cáscara de Pitahaya (*Hylocereus undatus*) Deshidratada

Carlos Palacios-Castro ^[1]  Carmen Vera-Mieles ^[1]  Alexandra Velásquez-Santos ^[1]  Lourdes Saltos-Zambrano ^[1] 

[1] Carrera de Procesamiento de Alimentos. Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez (ITSLAM). Jaramijó, Ecuador.



Autor para correspondencia: c.palacios@itslam.edu.ec

Resumen

Este trabajo presenta una propuesta moderadamente innovadora para la valorización de subproductos agroindustriales, enfocándose en la cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*), comúnmente considerada un residuo. Se desarrolló una bebida funcional tipo infusión a base de cáscara de pitahaya deshidratada, complementada con frutas y flores deshidratadas, con el propósito de potenciar sus propiedades sensoriales y antioxidantes. Para ello, se formularon tres mezclas experimentales, combinando la cáscara de pitahaya con flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y frutas deshidratadas como limón, mandarina y piña. Esta iniciativa no solo busca el aprovechamiento sostenible de un subproducto, sino también la creación de una bebida saludable con valor agregado. Las infusiones desarrolladas fueron sometidas a una evaluación sensorial utilizando un panel de catadores no entrenados. Los resultados indicaron que la muestra formulada con cáscara de pitahaya, flor de Jamaica y limón obtuvo la mayor aceptación (50 %), destacándose por su perfil sensorial equilibrado, en particular por su sabor y aroma armónicos. Paralelamente, se determinó la capacidad antioxidante mediante el método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), obteniéndose un valor de 1273 mg/kg en equivalentes de ácido ascórbico. Este resultado evidencia una elevada presencia de compuestos bioactivos, como flavonoides y antocianinas, que respaldan el potencial funcional de las infusiones desarrolladas, con posibles beneficios para la salud. Los hallazgos confirman la viabilidad del aprovechamiento de la cáscara de pitahaya como ingrediente funcional en la formulación de bebidas saludables, contribuyendo a la valorización de subproductos agroindustriales, la sostenibilidad ambiental y la adopción de modelos de economía circular. Se recomienda realizar estudios complementarios orientados a evaluar la estabilidad de los compuestos bioactivos durante el almacenamiento, su biodisponibilidad en el organismo y las posibilidades de escalado industrial, con miras a una futura comercialización del producto.

Palabras Clave: *cáscara de Pitahaya; flor de Jamaica; infusión funcional; capacidad antioxidante; subproductos.*

Development of an Infusion Based on Dehydrated Pitahaya (*Hylocereus undatus*) Peel

Abstract

This study presents an innovative proposal for the valorization of agro-industrial by-products, focusing on the peel of pitahaya (*Hylocereus undatus*), commonly regarded as waste. A functional beverage in the form of an infusion was developed using dehydrated pitahaya peel, complemented with dehydrated fruits and flowers, aiming to enhance its sensory and antioxidant properties. Three experimental blends were formulated by combining pitahaya peel with hibiscus flower (*Hibiscus sabdariffa*) and dehydrated fruits such as lemon, mandarin, and pineapple. This initiative not only seeks the sustainable use of a by-product but also the creation of a healthy beverage with added value. The developed infusions were subjected to a sensory evaluation using a panel of untrained tasters. The results indicated that the blend composed of pitahaya peel, hibiscus flower, and lemon received the highest acceptance (50%), standing out for its balanced sensory profile, particularly its harmonious flavor and aroma. In parallel, antioxidant capacity was determined using the FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) method, yielding a value of 1273 mg/kg in ascorbic acid equivalents. This result demonstrates a high concentration of bioactive compounds, such as flavonoids and anthocyanins, supporting the functional potential of the infusions developed, with possible health benefits. The findings confirm the feasibility of using pitahaya peel as a functional ingredient in the formulation of healthy beverages, contributing to the valorization of agro-industrial by-products, environmental sustainability, and the adoption of circular economy models. Further studies are recommended to evaluate the stability of bioactive compounds during storage, their bioavailability in the human body, and the possibilities for industrial scaling with a view to future commercialization.

Keywords: *Pitahaya peel; hibiscus flower; functional infusion; antioxidant capacity; agro-industrial by-products.*

1. Introducción

El desarrollo de productos alimenticios funcionales a partir de subproductos agroindustriales constituye una estrategia innovadora que permite maximizar el aprovechamiento de compuestos bioactivos, al tiempo que contribuye a la reducción del desperdicio alimentario. En este contexto, la presente investigación se enfoca en el diseño de una bebida funcional en forma de infusión, elaborada a partir de cáscara deshidratada de pitahaya (*Hylocereus undatus*), complementada con frutas seleccionadas. Esta formulación busca potenciar tanto el perfil nutricional como las características sensoriales del producto, promoviendo el uso sostenible de residuos agroindustriales y aportando valor agregado a través de una alternativa saludable para el consumidor (Verona-Ruiz et al., 2020).

La pitahaya, conocida también como fruta del dragón, es un fruto exótico no climatérico perteneciente a la familia *Cactaceae*, ampliamente apreciado por su apariencia llamativa y su valiosa composición nutricional. Originaria de México, su cultivo se ha expandido hacia diversas zonas tropicales y subtropicales, consolidándose como un producto de creciente demanda en los mercados internacionales. Su morfología distintiva, junto con su elevado contenido de compuestos bioactivos, como antioxidantes, vitaminas y minerales, la posicionan como una materia prima de alto potencial para el desarrollo de productos en la industria alimentaria funcional y saludable (Verona-Ruiz et al., 2020).

En diferentes países, esta fruta es conocida con nombres diversos como *belle de nuit* en Francia o *flor de cáliz* en Venezuela, lo que evidencia su difusión global. Su cáscara, que representa aproximadamente el 45 % del peso total del fruto, suele ser descartada o utilizada como forraje, a pesar de contener pigmentos naturales como antocianinas y flavonoides, reconocidos por su elevada actividad antioxidante y su capacidad para mitigar los efectos del estrés oxidativo. Estos compuestos han sido asociados con beneficios en la prevención de enfermedades crónicas como afecciones cardiovasculares, cáncer y trastornos neurodegenerativos (Figueroa, 2011).

En la actualidad, la pitahaya se emplea en la elaboración de diversos productos como yogures, jaleas, confites, helados y bebidas; no obstante, su aprovechamiento industrial se centra principalmente en la pulpa, desaprovechando otras fracciones de valor. En este contexto, la valorización de la cáscara emerge como una alternativa prometedora para diversificar sus aplicaciones y fomentar el desarrollo de alimentos funcionales innovadores. Este enfoque adquiere mayor relevancia ante el creciente posicionamiento comercial de la pitahaya ecuatoriana, cuyas exportaciones alcanzaron los USD 171,7 millones en 2023, con Estados Unidos como principal destino. La reciente apertura del mercado chino, efectiva desde el 1 de mayo de 2024,

fortalece aún más el potencial estratégico de esta fruta para la economía nacional y abre nuevas oportunidades para el aprovechamiento integral de sus subproductos (Primicias, 2024).

Caracterización Botánica

La pitahaya pertenece a la familia *Cactaceae* y se clasifica en dos géneros principales: *Hylocereus* y *Selenicereus* (Ver **Figura 1**). Dentro de ellos, el género *Hylocereus* agrupa las variedades más comúnmente cultivadas con fines comerciales, abarcando alrededor de 16 especies ampliamente reconocidas y aprovechadas en diversas aplicaciones agroindustriales

Nombre Científico	<i>Hylocereus</i> spp.
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae - cactácea
Tribu	Hylocereeae
Género	Hylocereus
Especie	<i>H. extensus</i> (Salm-Dyck ex De Candolle) <i>H. setaceus</i> (Salm-Dyck ex De Candolle) <i>H. tricae</i> (Hunt) <i>H. minutiflorus</i> Br. and R. <i>H. megalanthus</i> (Schum. ex Vaupel) <i>H. stenopterus</i> (Weber) Br. and R. <i>H. calcaratus</i> (Weber) Br. and R. <i>H. undatus</i> (Haw.) Br. and R. <i>H. escuintlensis</i> (Kimn.) <i>H. ocamponis</i> (Salm-Dyck) Br. and R. <i>H. guatemalensis</i> (Eich.) Br. and R. <i>H. purpusii</i> <i>H. costaricensis</i> (Weber) Br. and R. <i>H. trigonus</i> (Haw.) Safford <i>H. triangularis</i> (L.) Br. and R. <i>H. monacanthus</i>

Figura 1: Clasificación taxonómica de la Pitahaya. Adaptado de Verona-Ruiz et al., 2020.

Son plantas trepadoras caracterizadas por tallos carnosos de sección triangular, costillas bien definidas y espinas cortas. Presentan flores grandes de color blanco que, típicamente, se abren durante la noche y tienen una vida útil efímera, usualmente limitada a una sola noche.

Estas plantas producen la conocida “fruta del dragón” o pitahaya, caracterizada por una cáscara de color rojo o amarillo y una pulpa que puede ser blanca o roja, con numerosas semillas pequeñas de color negro. Los frutos suelen ser de gran tamaño y presentan un sabor dulce y agradable.

Cactus epífitos que se distinguen por sus tallos delgados, flexibles y colgantes, con costillas poco pronunciadas y espinas largas y finas. Sus flores, grandes y vistosas, suelen ser blancas o amarillas, y se abren durante la noche,

destacando por su intensa fragancia. Aunque también presentan hábito trepador, sus raíces aéreas son menos desarrolladas en comparación con otras especies.

Las flores también son nocturnas y de gran tamaño, presentando una gama cromática más amplia que incluye tonos amarillos y rosados. Algunas especies son popularmente conocidas como "*Reina de la Noche*" debido a la espectacularidad y belleza de sus flores. Sus frutos, a menudo denominados pitayas, suelen ser más pequeños y de piel amarilla con espinas pronunciadas. La pulpa es blanca y de sabor dulce, pero con una textura ligeramente diferente a la de *Hylocereus* (Ver **Figura 2**).



Figura 2: *Hylocereus*, Fruta del dragón. Fotografía, por Picturethisai, 2024, (<https://www.picturethisai.com/es/wiki/Hylocereus.html>).

Las hierbas e infusiones deshidratadas constituyen productos de alto valor en la industria alimentaria debido a sus propiedades organolépticas, tales como características aromáticas, fragantes y picantes, que contribuyen a potenciar el sabor, color y aroma de diversos alimentos. Estos productos pueden ser procesados en distintas presentaciones, incluyendo formas enteras, molidas o trituradas, e involucran diversas partes específicas de las plantas, tales como hojas, semillas, raíces, cortezas y frutos (Nerd et al. 2002).

La producción comprende desde prácticas agrícolas manuales hasta sistemas tecnificados para la recolección y secado de las materias primas. El secado puede llevarse a cabo mediante métodos naturales, como la exposición solar, o por medio de tecnologías especializadas que optimizan y aceleran dicho proceso. Posteriormente, las hierbas y especias son sometidas a etapas rigurosas de limpieza, clasificación, corte, molienda y tratamientos específicos para la reducción de la carga microbiana, conforme a las normativas establecidas por el Codex Alimentarius (2014).

2. Materiales y métodos

El presente estudio fue diseñado bajo un enfoque experimental con un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), que integró análisis cualitativos y cuantitativos. Se

abarcaron las etapas de deshidratación de materias primas, formulación de infusiones, empaque y evaluación sensorial. Para cada tratamiento, se realizaron tres réplicas (n=3), asegurando la repetibilidad de los resultados.

Para controlar la variabilidad, se estandarizaron varios aspectos del proceso: en cuanto a los ingredientes, se uniformaron el origen, el estado de madurez y las condiciones de deshidratación; en el proceso de formulación, se precisaron las proporciones y los métodos de mezcla utilizados; en las condiciones de preparación de las infusiones, se mantuvieron constantes la temperatura, el tiempo de infusión y el volumen de agua. La evaluación sensorial fue realizada por el mismo panel de jueces bajo condiciones controladas, empleando códigos ciegos y realizando un mínimo de tres repeticiones por tratamiento.

Las actividades experimentales se desarrollaron en el Laboratorio de Física y Química del Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez, extensión Jaramijó. Para la cuantificación de la capacidad antioxidante, se emplearon análisis realizados en un laboratorio externo, debidamente acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) y certificado bajo la norma ISO/IEC 17025, lo que garantizó la validez y confiabilidad de los resultados.

Materias Primas

Las materias primas utilizadas consistieron en cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*), flor de hibisco (*Hibiscus sabdariffa*) y pulpa de frutas locales, las cuales fueron obtenidas en mercados de proximidad con el fin de asegurar su frescura y garantizar la trazabilidad del producto.

Proceso de Deshidratación

La cáscara de pitahaya fue sometida a un pretratamiento que consistió en un lavado exhaustivo con agua potable, seguido del corte en cubos de tamaño uniforme. A continuación, se procedió a su deshidratación en una estufa de convección forzada (modelo BJPX-Spring), a una temperatura controlada de 70 °C durante 12 horas, siguiendo protocolos estandarizados orientados a preservar la integridad de los compuestos bioactivos presentes.

Formulación y Empaque

Se desarrollaron tres formulaciones experimentales, cada una con un peso total de 3 g. En todas las formulaciones, la cáscara de pitahaya fue utilizada como matriz base, incorporándose fruta deshidratada en proporciones relativas de 10 %, 20 % y 25 % (p/p). Las muestras fueron acondicionadas en bolsas de filtro para té desechables, de grado alimenticio y color blanco. Se realizaron pruebas preliminares con el objetivo de optimizar la proporción de ingredientes y evaluar la compatibilidad sensorial de las mezclas formuladas.

Preparación de las Infusiones

Para la preparación estandarizada de las infusiones, se empleó una proporción fija de 3 g de muestra por 150 ml de agua caliente a 90 °C. Este procedimiento se aplicó de manera uniforme en todas las muestras, con el fin de asegurar la reproducibilidad y consistencia en los análisis sensoriales y fisicoquímicos.

3. Resultados

La fruta fue sometida inicialmente a un lavado con agua potable, con el propósito de eliminar posibles residuos de suciedad y contaminantes. Posteriormente, se procedió a la separación de la cáscara de la pulpa de pitahaya, para luego cortar la cáscara en rodajas finas. Estas fueron pesadas y colocadas en una estufa de secado a 70 °C durante 12 horas. Finalizado el proceso de deshidratación, las muestras se dejaron enfriar antes de registrar nuevamente su peso, obteniendo así el peso final de la cáscara deshidratada (**Tabla 1**).

Tabla 1: Rendimiento del Tamizado

Peso inicial de cáscara	Peso de cáscara deshidratada	Rendimiento	Tamizado 1	Tamizado 2
1471.3 g	83.5 g	5%	63.2 g	20.2 g

Con el objetivo de obtener un polvo fino y homogéneo, la cáscara deshidratada fue pulverizada y tamizada, permitiendo la separación y clasificación de las partículas según su tamaño.

El color de la cáscara deshidratada mantuvo tonalidades rojizas y púrpuras, lo que indica que la temperatura aplicada no degradó significativamente las betalaínas, compuestos responsables de la pigmentación y asociados a la actividad antioxidante (**Figura 1**).



Figura 3: Cáscara de Pitahaya Deshidratada

A partir de la deshidratación de las materias primas seleccionadas, se elaboraron tres formulaciones experimentales de infusiones que combinan cáscara de pitahaya deshidratada con frutas cítricas y flor de Jamaica. La selección de los ingredientes y sus respectivas proporciones se llevó a cabo mediante un proceso iterativo, basado en evaluaciones sensoriales enfocadas en optimizar el equilibrio entre aroma, sabor y color (**Figura 4** y **Tabla 2**).

Composición de las formulaciones de infusión (3 g por muestra)

Tabla 2: Formulaciones de Infusiones

Ingrediente	Muestra 1: Limón (%)	Muestra 2: Mandarina (%)	Muestra 3: Piña (%)
Cáscara de pitahaya	85%	80%	80%
Flor de Jamaica	10%	10%	10%
Limón deshidratado	5%	-	-
Mandarina deshidratada	-	10%	-
Piña deshidratada	-	-	10%
Total	100%	100%	100%



Figura 4: Empaque y Preparación de la Infusión

Se conformó un panel sensorial compuesto por 20 catadores (n = 20), a quienes se recopiló información sociodemográfica básica. La edad de los participantes osciló entre 25 y 45 años, con una distribución de género del 75 % femenino y 25 % masculino.

Para la evaluación sensorial se utilizó una escala hedónica de tres puntos, con los siguientes valores: 3 = Me gusta, 2 = Ni me gusta ni me disgusta y 1 = No me gusta.

Los atributos sensoriales evaluados fueron: apariencia, color, claridad, intensidad de aroma e intensidad de sabor. Las muestras fueron codificadas alfanuméricamente y presentadas a los panelistas de manera aleatoria y bajo condiciones a ciegas, con el fin de evitar sesgos durante la evaluación.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante gráficos estadísticos tipo radar (también conocidos como gráficos de araña), con el objetivo de visualizar y comparar el perfil sensorial de cada tratamiento en relación con los atributos evaluados. Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 3**.

Tabla 3: Porcentaje de Preferencia

Muestra	Ingredientes principales	Porcentaje de preferencia (%)	Número de personas
1	Pitahaya + Flor de Jamaica + Limón desh.	50%	10
2	Pitahaya + Flor de Jamaica + Mandarina desh.	15%	3
3	Pitahaya + Flor de Jamaica + Piña desh.	35%	7
Total	—	100%	20

La muestra 1 fue la más aceptada, alcanzando un 50 % de preferencia (10 evaluadores). Su formulación, que combina cáscara de pitahaya, flor de Jamaica y limón deshidratado, fue percibida como la más equilibrada y refrescante, destacándose por su acidez equilibrada y aroma cítrico intenso (**Figura 5**).

La muestra 3 alcanzó una aceptación intermedia del 35 % (7 evaluadores), presentando un perfil sensorial más dulce y frutal, atribuible a la incorporación de piña deshidratada (**Figura 6**).

La muestra 2, que incluía mandarina deshidratada, fue la menos preferida, obteniendo únicamente un 15 % de aceptación (3 evaluadores), posiblemente debido a un perfil de sabor menos intenso o desequilibrado (**Figura 7**).

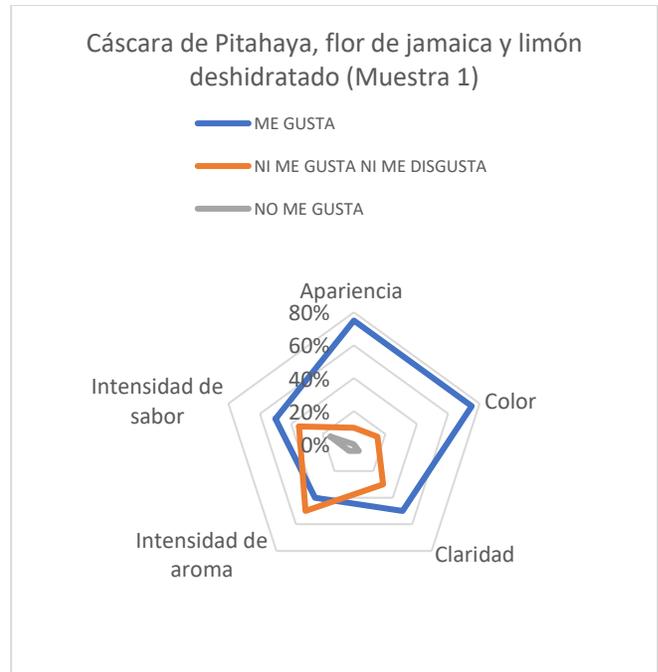


Figura 5: Resultado de Evaluación Sensorial Muestra 1

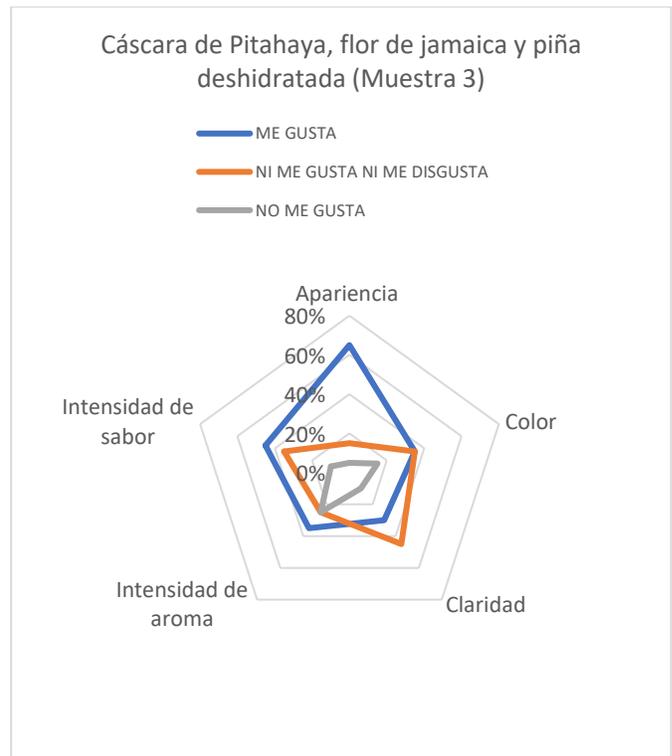


Figura 6: Resultado de Evaluación Sensorial Muestra 3

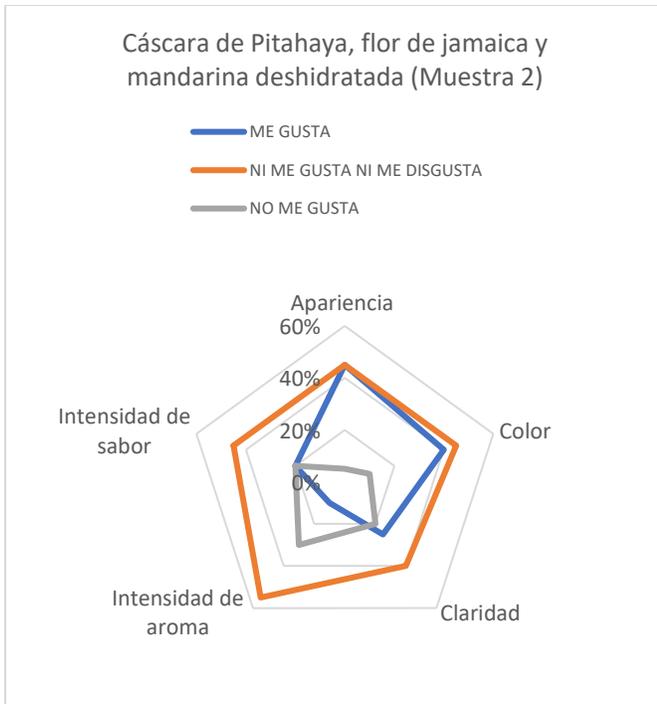


Figura 7: Resultado de Evaluación Sensorial Muestra 2

Una vez identificada la muestra con mayor aceptación sensorial —infusión elaborada a base de cáscara de pitahaya deshidratada, flor de Jamaica y limón deshidratado— se procedió a evaluar su capacidad antioxidante mediante espectrofotometría, utilizando el método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*). El análisis fue realizado en un laboratorio acreditado, reportando un valor de 1273 mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA) por kilogramo de muestra seca.

Este resultado evidencia que 1 kg de la infusión posee una capacidad reductora equivalente a 1273 mg de ácido ascórbico, lo que refleja una concentración significativa de compuestos bioactivos, tales como polifenoles, flavonoides y antocianinas. Estos metabolitos secundarios son reconocidos por su capacidad para neutralizar radicales libres, contribuyendo a la reducción del estrés oxidativo, un factor asociado con diversas patologías crónicas, entre ellas enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y ciertos tipos de cáncer (Tiveron et al., 2012; Manach et al., 2004)

Adicionalmente, la incorporación de limón deshidratado en la formulación aporta vitamina C, un antioxidante hidrosoluble de alta potencia que, además de intensificar el sabor cítrico, contribuye de manera significativa al perfil funcional del producto. Por su parte, la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) no solo aporta antocianinas que realzan el color característico de la infusión, sino también compuestos fenólicos con propiedades cardioprotectoras y antiinflamatorias (Ali et al., 2005).

A continuación, (Figura 8), se presenta una comparación de la capacidad antioxidante de la infusión desarrollada con otras bebidas naturales ampliamente reconocidas por sus propiedades funcionales. Los resultados obtenidos evidencian que la muestra analizada presenta una capacidad antioxidante superior incluso a la del té verde, tradicionalmente valorado por su elevado contenido de catequinas. Este hallazgo resalta el alto potencial de la infusión formulada como una alternativa saludable y funcional.

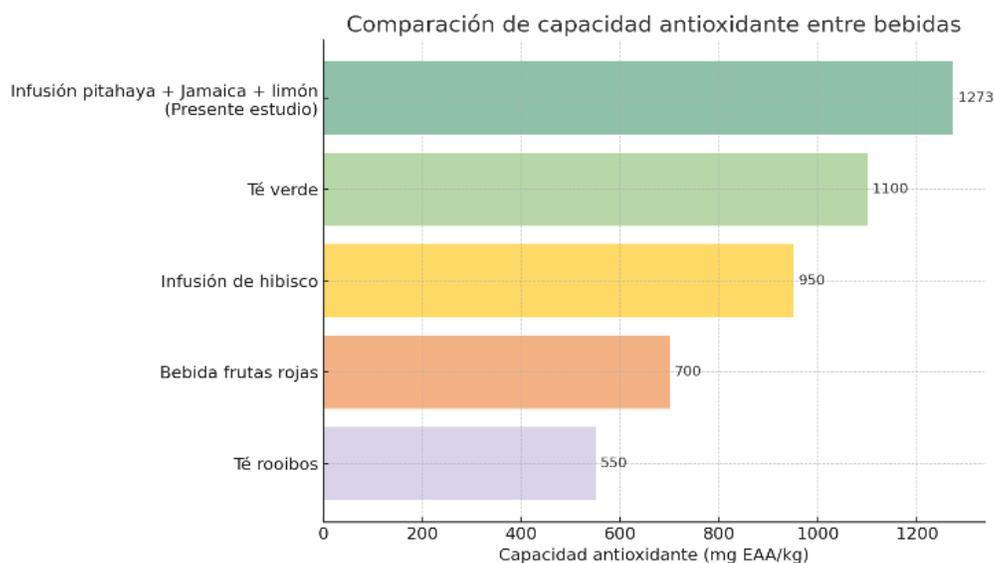


Figura 8: Comparación de Capacidad Antioxidante entre Bebidas

4. Conclusiones

El presente estudio permitió el desarrollo de tres formulaciones innovadoras de infusiones elaboradas a partir de cáscara de pitahaya deshidratada, evidenciando su potencial como materia prima funcional rica en compuestos bioactivos, particularmente antioxidantes naturales. La valorización de este subproducto agroindustrial no solo optimiza sus propiedades nutricionales y funcionales, sino que también contribuye significativamente a la reducción del desperdicio alimentario, promoviendo prácticas sostenibles en el marco de los principios de la economía circular.

Las pruebas sensoriales permitieron identificar formulaciones con alta aceptación por parte de los evaluadores, destacándose especialmente la combinación de cáscara de pitahaya, flor de Hibiscus sabdariffa y limón deshidratado, la cual fue preferida por el 50% de los participantes en atributos clave como sabor, aroma y color. Estos resultados evidencian el potencial de esta infusión como una bebida alternativa saludable, con proyección en nichos de mercado funcionales y gourmet, debido a su perfil organoléptico atractivo y sus propiedades bioactivas.

Además, la evaluación de la capacidad antioxidante confirma la viabilidad de la cáscara de pitahaya como una fuente sostenible de compuestos bioactivos, con aplicaciones potenciales no solo en la industria alimentaria, sino también en los sectores cosmético, farmacéutico y nutracéutico. En conjunto, los resultados obtenidos destacan la relevancia de revalorizar subproductos agroindustriales como insumos estratégicos para el desarrollo de productos innovadores.

Referencias

- Ali, B. H., Al Wabel, N., & Blunden, G. (2005). Phytochemical, pharmacological and toxicological aspects of *Hibiscus sabdariffa* L.: A review. *Phytotherapy Research*, 19(5), 369–375. <https://doi.org/10.1002/PTR.1628>;WGROU:STRING: PUBLICATION
- Codex Alimentarius. (2014). Código de prácticas de higiene para especias y hierbas aromáticas desecadas.
- Ethnoplants Shop. (2024, diciembre 18). *Selenicereus megalanthus* (Pitahaya amarilla) semillas. <https://www.ethnoplants.com/es/semillas-plantas-raras-curiosas/246-selenicereus-megalanthus-pitahaya-amarilla-semillas.html>
- Figuroa, R., Tamayo, J., González, S., Moreno, G., & Vargas, L. (2011). Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(1), 44-50. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81318808007>

- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727–747. <https://doi.org/10.1093/AJCN/79.5.727>
- Nerd, A., Sitrit, Y., Kaushik, R. A., & Mizrahi, Y. (2002). High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). *Scientia Horticulturae*, 96(1–4), 343–350. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00093-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00093-6)
- Picturethisai. (2024). *Hylocereus*. <https://www.picturethisai.com/es/wiki/Hylocereus.html>
- Primicias. (2024). La pitahaya, una fruta “polémica” para el ambiente, bate récord de exportaciones en Ecuador. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/pitahaya-record-exportaciones-ecuador-ambiente/>
- Tiveron, A. P., Melo, P. S., Bergamaschi, K. B., Vieira, T. M. F. S., Regitano-D’arce, M. A. B., & Alencar, S. M. (2012). Antioxidant Activity of Brazilian Vegetables and Its Relation with Phenolic Composition. *Int. J. Mol. Sci*, 13, 8943–8957. <https://doi.org/10.3390/ijms13078943>
- Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., Paucar-Menacho, L., Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439–453. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
- World of Succulent. (2024, diciembre 18). *Selenicereus pteranthus* (Princesa de la noche). <https://worldofsucculents.com/selenicereus-pteranthus-princess-of-the-night/>

Contribución de los autores (CRediT)

- Palacios-Castro, R.:** Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Software, Redacción – borrador original.
- Vera-Mieles, C.:** Adquisición de fondos, Investigación, Administración de proyecto, Recursos materiales;
- Velásquez-Santos, A.:** Adquisición de fondos, Investigación, Administración de proyecto, Recursos materiales;
- Saltos-Zambrano, L.:** Conceptualización, Análisis formal de datos, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción – revisión y edición.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual .4.0

Artículo de investigación

Análisis de las principales fallas en máquinas cerradoras utilizadas en el sector pesquero

John Toala-Mera ^[1]  Roberto Delgado-Delgado ^[1]  Gissella García-Loor ^[1] 

[1] Carrera Mecánica y Operación de Máquinas. Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez (ISTLAM). Manta, Ecuador.

Autor para correspondencia: g.garcia@istlam.edu.ec



Resumen

Se evaluó el impacto del mantenimiento programado en seis cerradoras *Angelus* 60 L de tres plantas atuneras ecuatorianas a lo largo de un año. Se registraron 18 fallas críticas: el 72 % ocurrió en equipos sin plan preventivo, con un predominio de desgaste de rulinas (58 %) sobre averías mecánicas relacionadas con mandriles y desalineaciones (42 %). El análisis indica que la adopción de un esquema preventivo-predictivo (limpieza, lubricación e inspección dimensional respaldadas por monitoreo de condición) puede reducir la frecuencia de fallas en torno al 60 % y elevar la disponibilidad por encima del 95 %. Estos hallazgos confirman que integrar rutinas sistemáticas y criterios RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) es esencial para preservar la hermeticidad del doble cierre y garantizar la continuidad productiva.

Palabras Clave: *máquinas cerradoras; mantenimiento preventivo; fallas mecánicas; sector pesquero; confiabilidad.*

Analysis of the Main Failures in Can Seaming Machines Used in the Fishing Industry

Abstract

A twelve-month assessment of six *Angelus* 60 L seamers in three Ecuadorian tuna-processing plants revealed that 72 % of the 18 critical failures occurred in machines lacking a scheduled maintenance plan. Wear of seaming rolls accounted for 58 % of those incidents, while mechanical issues involving mandrels and misalignment constituted 42 %. Findings show that a preventive-predictive programmed—combining cleaning, lubrication and dimensional inspection supported by condition monitoring—can cut failure frequency by about 60 % and raise equipment availability above 95 %. The study confirms that adopting Reliability-Centered Maintenance criteria is essential for safeguarding double-seam integrity and maintaining uninterrupted production.

Keywords: *sealing machines; preventive maintenance; mechanical failures; fishing sector.*

1. Introducción

El mantenimiento programado en la industria pesquera representa un desafío global. Mientras las organizaciones priorizan la productividad y calidad, su implementación efectiva enfrenta limitaciones estructurales. A escala internacional, la ausencia de protocolos técnicos rigurosos para maquinaria crítica como cerradoras genera pérdidas multimillonarias anuales por fallas inesperadas. En el contexto nacional, este problema se agudiza por una cultura operativa reactiva: las empresas focalizan esfuerzos en cumplir metas de producción, relegando la gestión preventiva de equipos a un segundo plano, pese a su impacto directo en la calidad y rentabilidad (Arroyo & Obando, 2022).

Una máquina cerradora es un equipo industrial diseñado para sellar envases, garantizando su hermeticidad y prolongando la vida útil del contenido. Estas máquinas son fundamentales en sectores alimentarios, donde se requiere un sellado preciso y eficiente. Este sellado garantiza la inocuidad del alimento y previene la contaminación, estos factores clave aseguran la calidad y competitividad en mercados exigentes. (Ezquerria Group, 2010).

Las fallas por falta de un mantenimiento programado tienen un efecto directo en la eficiencia operativa, lo que genera paradas no planificadas que interrumpen la cadena de frío, lo cual compromete la calidad de los productos perecederos. A esto se suman los costos elevados por reparaciones de emergencia, que pueden ser hasta un 40% superiores en comparación con mantenimientos programados. Además, la disponibilidad de los activos se ve comprometida, aunque se ha documentado que la implementación de los planes de mantenimiento estructurado puede elevar la disponibilidad operativa hasta un 87%. (Alarcón & Romero, 2020).

Entre los defectos técnicos más comunes se encuentran el *Droop* y el *Vee*, caracterizados por deformaciones en el cierre causadas por contaminación o exceso de sellante, lo cual compromete la hermeticidad del envase. Otro fallo crítico es el *Spinner*, un cierre incompleto provocado por una presión inadecuada de los mandriles, generalmente relacionada con desgaste debido a la lubricación deficiente. También se presentan fallas como el falso cierre y el cierre roto, provocadas por desalineaciones en las rulinas o el uso de materiales inadecuados.

El diagnóstico técnico de fallas en cerradoras presenta importantes desafíos. Problemas como el solape insuficiente (menor a 70%) y el espesor irregular del cierre solo pueden detectarse mediante análisis destructivos (Urquiza, 2023). Además, el desgaste progresivo de componentes clave como mandriles y rulinas, debido a la falta de lubricaciones periódicas, es una causa recurrente de fallos. Estas limitaciones están directamente asociadas a deficiencias

relacionadas con hasta el 30% de los fallos por fricción, que impiden la detección temprana de signos de corrosión o fracturas en las ranuras de sellado (Noria Latín América, 2015).

En la industria pesquera, la priorización de metas de producción ha llevado en muchos casos, a descuidar el mantenimiento de los equipos, lo que repercute negativamente en la calidad y rentabilidad de las operaciones. Estudios recientes subrayan la importancia de implementar planes de mantenimiento programados para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de las maquinarias. Por ejemplo, una investigación realizada en la empresa pesquera TASA evidenció que, tras la aplicación de un plan de mantenimiento programado, la confiabilidad de las máquinas aumentó un 16%, pasando de un 84% a un 100%, y la disponibilidad se incrementó de un 87% a un 100% (Moloche, 2021).

Asimismo, la empresa pesquera ICEF S.A.C., al implementar un plan de mantenimiento programado redujo los costos de mantenimiento de \$12,930.00 a \$1,760.00, y aumentó las actividades productivas al 94% (Pinedo, 2018). Estos hallazgos resaltan la relevancia del mantenimiento programado en la industria pesquera, evidenciando su impacto directo en la eficiencia operativa y la reducción de costos.

A pesar de que la literatura técnica confirma la correlación entre la ausencia de mantenimiento y el aumento de fallas en cerradoras (Arroyo & Obando, 2022; Moreira-Calle & Velepucha-Sánchez, 2024; Ben et al., 2021), la mayoría de esos trabajos se basa en informes generales de plantas multi-alimento o en cálculos teóricos de confiabilidad. Ninguno documenta con datos de campo cómo se manifiesta ese problema en las cerradoras *Angelus* 60 L que dominan la industria atunera ecuatoriana, ni cuantifica la magnitud del impacto en dos escenarios operativos contrastados: líneas con mantenimiento planificado versus líneas reactivas.

Por ello, el presente trabajo persigue un doble objetivo: caracterizar de forma empírica los modos de falla más recurrentes (rulinas, mandriles, rodamientos y desalineaciones) a partir de registros y observaciones directas en seis líneas de cerrado de tres plantas pesqueras; y comparar, con indicadores cuantificables, la frecuencia y criticidad de esas fallas en escenarios con mantenimiento programado frente a aquellos que operan de manera reactiva.

Con esta aproximación, el estudio trasciende la constatación genérica ya reportada en la literatura y aporta evidencia local (hasta ahora inexistente) que permite justificar técnicamente la inversión en programas preventivos, definir umbrales de alerta específicos y orientar futuras estrategias de confiabilidad en el sector pesquero.

2. Background

2.1 Utilaje de Máquina Cerradora

Cada componente de una cerradora desempeña una función particular que asegura un sellado hermético y confiable del envase, lo cual es vital para mantener la calidad y la seguridad del producto.

Las partes fundamentales son:

- Cabezal* (mandril): Componente principal que sujeta y presiona la tapa contra el cuerpo de la lata para formar la costura hermética.
- Plato de compresión*: Plataforma que sostiene y rota las latas durante el proceso de sellado, facilitando el cierre uniforme.
- Rulinas*: Ruedas que moldean y comprimen la costura del doble cierre para asegurar el sellado hermético entre la tapa y lata.

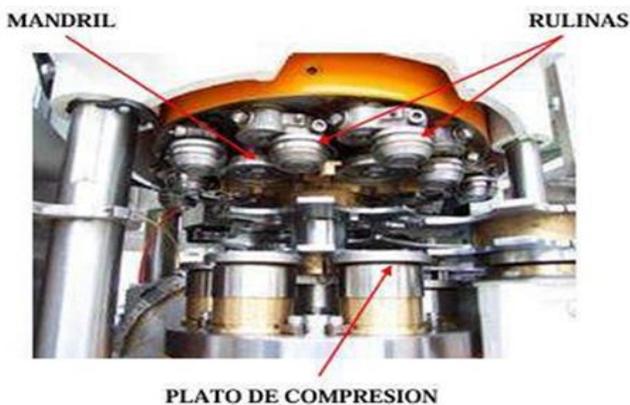


Figura 1: Utilaje de máquina cerradora. Adaptado de Manual (Mundo Latas - Teoría del Cierre 1, 2015).

2.2. Características de las Máquinas Cerradoras

Las características en común que tienen todos los modelos de cerradoras son:

- Sellado de latas mediante un proceso de doble costura que garantiza un cierre hermético y seguro;
- Velocidades variables;
- Diseños que puede incluir uno o varios cabezales para aumentar la eficiencia y velocidad de cierre;
- Construcción robusta y fácil de limpiar, con estructuras en acero inoxidable para cumplir normas higiénicas en la industria alimentaria;
- Automatización que reduce la necesidad de mano de obra y minimiza errores, garantizando uniformidad y seguridad alimentaria (Levapack, 2024).

2.3 Operatividad y desempeño en Cerradoras Pesqueras

El rendimiento y la eficiencia de los equipos de cierre en el sector pesquero resultan esenciales para asegurar la calidad y la inocuidad del producto final. Por ello, es esencial

realizar inspecciones y mantenimientos regulares, ajustando componentes clave como mandriles y rulinas según las especificaciones del fabricante (Fanser, 2022).

2.4 Impacto del mantenimiento programado

La implementación de rutinas de mantenimiento estructurado en cerradoras contribuye significativamente a la eficiencia del proceso productivo. Estos programas permiten identificar y corregir posibles fallas antes de que se conviertan en problemas mayores, reduciendo tiempos de inactividad y costos asociados a reparaciones imprevistas (Hassard & Albert, 2019). Por ejemplo, en la empresa Naftes S.A.C., la aplicación de un plan de mantenimiento programado en el área de control de cierre aumentó la confiabilidad de la máquina cerradora de un 76.7% a un 98%, lo que indica que, por cada 100 latas procesadas, 98 fueron correctamente cerradas (Arroyo, 2022).

2.5 Eficiencia energética y sustentabilidad

La operatividad de las cerradoras no solo impacta en la calidad del producto, sino también en la eficiencia energética de la planta. Un equipo en óptimas condiciones consume menos energía y recursos, contribuyendo a la sostenibilidad del proceso productivo. Por ejemplo, en la empresa Tecopesca se implementó auditorías energéticas y soluciones tecnológicas personalizadas para mejorar sus procesos y cumplir con las normativas ambientales, lo que permitió reducir su consumo energético hasta en un 20%, mediante la certificación ISO 50001 (Medina, 2024).

2.6 Falta de lubricación y el desgaste de componentes

La omisión de una lubricación sistemática en cerradoras pesqueras constituye una de las principales causas de fallos mecánicos, ya que provoca desgaste prematuro en rulinas, cojinetes y mandriles. Esta deficiencia incrementa la fricción entre componentes móviles, lo que genera sobrecalentamiento, ruido anormal y fallos intermitentes en el doble cierre. Según (Noria Latín Améric, 2024), un programa de lubricación basado en ciclos operativos puedes reducir en más del 30% las tasas de fricción y fallas asociadas.

La **Figura 2** presenta un gráfico comparativo elaborado por los autores, basado en datos recopilados de los 18 informes de fallas analizados. En las tres empresas estudiadas, se observó que los componentes sin lubricación programada presentaron un desgaste visible en un 70% más de las inspecciones en comparación con los equipos con mantenimiento regular. Esta diferencia se representó mediante indicadores visuales que comparan el deterioro acumulado (en mm) de las rulinas tras 3, 6 y 12 meses.

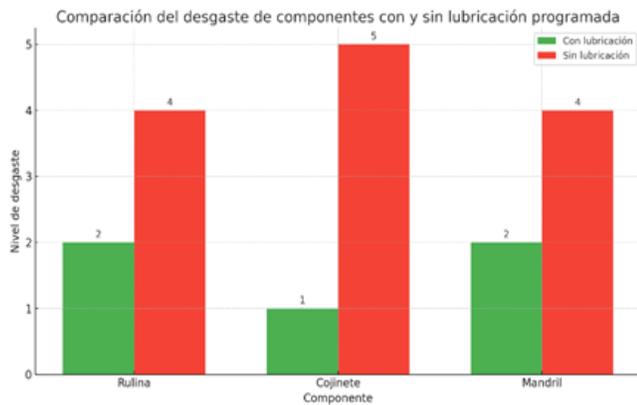


Figura 2: Comparación del desgaste de componentes con y sin lubricación programada. Fuente: Elaboración propia con base en informes técnicos de las empresas A, B y C.

2.7 Desalineación y sus efectos en cerradoras pesqueras

La desalineación y pérdida de calibración en equipos de cierre son derivadas de la falta de ajustes sistemáticos en componentes como el mandril o el plato base, lo que genera defectos en el doble cierre como borde cortante, patinaje y fugas en el cierre. Estudios como el de (Cano, 2019) advierten que una calibración incorrecta es responsable de un alto porcentaje de cierres defectuosos.

Investigaciones técnicas muestran que estas fallas podrían evitarse con protocolos de mantenimientos más rigurosos. Por ejemplo, (Tello-Macías & Herrera-Suárez, 2021) subraya que un correcto ajuste en la altura del mandril y la presión del plato base permite mantener un cierre uniforme y conforme a los estándares de seguridad alimentaria.

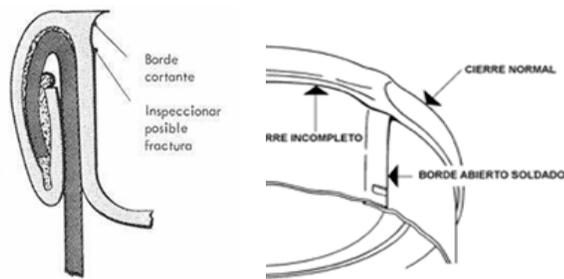


Figura 3: Defecto borde cortante y patinaje en un cierre. Adaptado de Manual (Mundo Latas - Teoría del Cierre 2, 2015).

2.7 Efectos de la falta de registros y recambios planificados

La falta de registros técnicos como el historial de horas-ciclo en equipos de cierre pesqueros, dificulta la detección temprana de fallas, lo que conlleva a paradas imprevistas, reprocesos e incluso pérdidas de lote (Cedeño-Moreira & Gorozabel-Chata, 2021).

Esta falta de control limita la capacidad de aplicar un mantenimiento basado en la condición real del equipo. (Moreira-Calle & Velepucha-Sánchez, 2024) destaca que el uso de metodologías como RCM (*Reliability Centered Maintenance*), traducido como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, permite identificar fallas críticas y mejorar la continuidad operativa en cerradoras *Angelus*. Esta metodología consiste en asegurar que los sistemas continúen desempeñando sus funciones en su contexto operativo actual. Se enfoca en la prevención de fallas críticas mediante análisis funcional y priorización de mantenimiento según severidad del impacto.



Figura 4: Principios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM Adaptado de Blog (Worktrek, 2024).

2.8 Fatiga de resortes y fallas operativas en cerradoras

En dispositivos de cierre de latas, los resortes del palto base desempeñan una función crítica: mantener una presión constante durante el sellado. La falta de revisión sistemática puede llevar a la fatiga estructural por ciclos repetitivos de carga, reduciendo la fuerza efectiva del resorte y provocando defectos intermitentes en el sellado (Daza-Hernández & Clavijo-Velásquez, 2019).

Alcomex Muelles (2010) sostiene que un resorte sometido a una operación continua sin monitoreo puede perder hasta el 30% de su capacidad funcional antes de fallar completamente. Esta pérdida afecta directamente la hermeticidad y genera rechazos en línea.

La **Figura 5** muestra la curva típica de desplazamiento de carga para un resorte del plato base sometido a ciclos repetidos de compresión. En la porción ascendente (A → B) se observa el comportamiento lineal elástico inicial; sin embargo, tras unas pocas decenas de miles de ciclos la pendiente comienza a reducirse (segmento B → C), señal de pérdida de rigidez por microfisuras internas. Cuando el resorte alcanza la zona C → D, la histéresis entre la curva de carga y descarga se amplía: el límite superior desciende a la

vez que el desplazamiento residual aumenta, indicio de relajación y fatiga acumulada.



Figura 5: Gráfica de desplazamiento de un resorte. Adaptado de Alcomex Muelles (2010).

En la práctica, esto significa que la fuerza de apoyo sobre el mandril cae por debajo del umbral necesario para garantizar la compresión del doble cierre. De acuerdo con Daza-Hernández & Clavijo-Velásquez (2019), esa pérdida se traduce en un sellado intermitente: algunas latas quedan correctamente cerradas mientras otras presentan solape insuficiente o borde cortante. Los datos de Alcomex Muelles (2010) confirman que un resorte operado sin monitoreo puede perder hasta un 30 % de su capacidad antes de fracturarse, generando un pico súbito de rechazos en línea y forzando una parada correctiva.

Por ello, los resortes del plato base deben formar parte del plan de mantenimiento predictivo:

- Medición periódica de la altura libre y rigidez (comparadas con las curvas de diseño).
- Ensayos de dureza o corrientes parasitarias para detectar micro fisuración.
- Sustitución preventiva cuando la pérdida de rigidez supere el 10 % o antes de las 200 000 compresiones, según la norma ISO 17359 para componentes sometidos a carga cíclica.

Así se evita que la degradación del resorte comprometa la hermeticidad y provoque lotes rechazados, manteniendo la confiabilidad global de la cerradora.

3. Metodología

El estudio se abordó desde un enfoque técnico-descriptivo con carácter cualitativo, enfocado en identificar las fallas mecánicas más recurrentes en equipos de cierre del sector pesquero y su posible vinculación con la ausencia o

deficiencia de cronogramas de mantenimiento preventivo y predictivo.

Se utilizó las siguientes fuentes de información para abordar esta metodología:

- Registros históricos de mantenimiento y paros de máquina proporcionados por las jefaturas técnicas de planta.
- Manuales técnicos de fabricantes de cerradoras.
- Fichas de inspección técnica diseñadas para evaluar el estado de rulinas, mandriles, ejes y sistemas de alimentación.
- Entrevistas semiestructuradas a personal de mantenimiento, operadores y supervisores de línea.
- Histograma de frecuencias para agrupar y analizar la ocurrencia de fallas.

El proceso metodológico incluyó las siguientes etapas:

- Levantamiento de información: Información documentada de fallas anteriores.
- Análisis de fallas frecuentes: Se identificaron los componentes críticos con mayor incidencia de fallas como: rulinas deformadas, desalineación de mandriles, desgaste en rodamientos y problemas en la regulación del doble cierre.
- Detección de causas raíz: Se correlacionaron las fallas detectadas con la ausencia de rutinas de mantenimiento programado, uso inadecuado de lubricantes o falta de calibración periódica.
- Validación en campo: Se realizaron observaciones durante el funcionamiento de la cerradora.

El enfoque metodológico permitió relacionar empíricamente la recurrencia de fallas mecánicas con deficiencias en la gestión del mantenimiento, sentando las bases para futuras recomendaciones orientadas a mejorar la confiabilidad operativa de estos equipos críticos.

4. Resultados

El diagnóstico técnico realizado sobre seis equipos de cerradoras *Angelus* 60L pertenecientes a tres plantas pesqueras medianas de Manta, Ecuador, permitió identificar las principales causas de fallas operativas. Se revisaron 18 registros de fallas críticas documentadas en los últimos 12 meses, y se clasificaron de acuerdo con la naturaleza del fallo y la presencia o ausencia de mantenimiento preventivo documentado.

A partir de este análisis, se agruparon las fallas en dos categorías principales:

- **Fallas por rulinas** (58%, 10 casos): incluye borde cortante, patinaje, fugas, droop, vee y spinner.

- **Fallas mecánicas** (42%, 8 casos): involucran desalineación de mandril, vibraciones excesivas y desgaste de rodamientos.

Estos resultados coinciden con lo planteado por Gao et al. (2024), quien indica que la mayoría de fallas en cerradoras están asociadas al desgaste de componentes críticos por mala lubricación o desalineación. Asimismo, Ben et al. (2021) respalda que la falta de mantenimiento planificado incrementa la aparición de estos defectos por encima del 50%.

Entre las fallas por rulinas se encuentra el borde cortante, el patinaje, que provoca un enrollado inadecuado de la tapa, fugas en el cierre, que comprometen la hermeticidad del envase, *Droop*, formación de dobleces hacia abajo en el cierre, *Vee*, formación de un pliegue en forma de “v”, y *Spinner*, rotación defectuosa de la tapa durante el cerrado.



Figura 6: Fallas en el doble cierre provocadas por rulinas.

En cuanto a las fallas mecánicas, se evidenció que la descalibración de los componentes y la desalineación de los elementos móviles son problemas frecuentes, producto de la ausencia de rutinas de mantenimiento preventivo. Estas fallas mecánicas generan vibraciones lo que afecta negativamente la uniformidad del doble cierre.

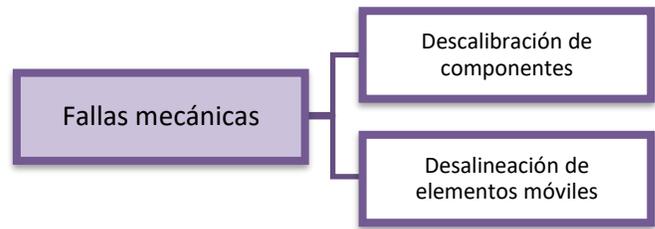


Figura 7: Fallas mecánicas que afectan al doble cierre.

Se evaluaron los protocolos de mantenimiento aplicados a tres empresas pesqueras (denominadas Empresa A, B y C para preservar anonimato). Solo una de las tres contaba con un plan de mantenimiento documentado y operativo, implementado desde hace 10 meses. Las otras dos operaban bajo un esquema reactivo. La contrastación de estos protocolos permitió identificar una reducción del 65% en la frecuencia de fallas en la empresa con mantenimiento estructurado, validando lo reportado por Moreira-Calle & Velepucha-Sánchez (2024) y Okwuobi et al. (2018).

En contraste, la aplicación de protocolos programados con enfoque preventivo y predictivo mostró una notable reducción de fallas. Actividades clave como la limpieza, lubricación, inspección y ajuste de componentes permitieron mantener el rendimiento de las máquinas, reducir el tiempo de inactividad y mejorar la calidad del sellado. Este enfoque refuerza la necesidad de un mantenimiento sistemático para garantizar la continuidad operativa.

Tabla 1: Actividades clave del enfoque preventivo-predictivo

Actividad	Propósito	Beneficio inmediato
Limpieza	Retirar residuos y suciedad	Disminuye el desgaste por abrasión
Lubricación	Reducir la fricción de contacto	Aumenta la suavidad de operación
Inspección	Detectar fallas incipientes	Evita paros imprevistos
Reajuste de componentes	Corregir desalineaciones	Preserva la precisión y la eficiencia

Al comparar los registros operativos con las incidencias reportadas, se identificaron patrones claros que vinculan la omisión de actividades de mantenimiento programadas con un aumento sostenido de fallas. Esta evidencia empírica confirma el impacto directo del mantenimiento sistemático en la confiabilidad y el rendimiento de las cerradoras pesqueras.

Estos resultados subrayan la necesidad de institucionalizar planes de mantenimiento preventivo y predictivo como parte

de la cultura operativa de la planta. Al incorporar rutinas simples como la verificación del ajuste de rulinas y la revisión periódica del torque del mandril, se puede reducir de forma tangible la incertidumbre en la línea de cerrado, minimizar los paros no planificados y, en última instancia, asegurar la integridad del doble cierre y la calidad del producto final.



Figura 8: Proceso de análisis comparativo de fallas en cerradoras pesqueras.

Al comparar la frecuencia de fallas con los registros de mantenimiento, se determinó que al menos el 72% de los fallos están asociados a la ausencia de mantenimiento programado. Esta omisión incrementa significativamente la probabilidad de fallas críticas, ya que componentes clave no reciben atención oportuna. El dato confirma que un mantenimiento regular no solo previene averías, sino que también es esencial para garantizar la continuidad y eficiencia del proceso productivo.

Tabla 2: Relación entre la programación de mantenimiento y la incidencia de fallas.

Condición	Cantidad de equipos	Total de fallas	Porcentaje de fallas
Con mantenimiento programado	3	5	27.8%
Sin mantenimiento programado	3	13	72.2%
Total general	6	18	100%

El análisis confirma que el 72 % de los fallos se concentran en las máquinas sin mantenimiento programado, en concordancia con lo reportado por Ben et al. (2021), quienes

demonstraron que la adopción de mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce significativamente las fallas y eleva la disponibilidad en líneas de envasado.

El análisis de costos indica que cada parada correctiva supone en promedio unos 1 600 USD en mano de obra y repuestos, dentro del rango 1 500 - 1 800 USD documentado por Okwuobi et al. (2018) para equipos de cierre, de modo que las 13 averías registradas en las líneas sin mantenimiento planificado superaron los 22 000 USD en el semestre, mientras que las líneas con mantenimiento estructurado, con solo cinco incidentes, limitaron el gasto a cerca de 8 500 USD. Esta diferencia evidencia que la inversión en un programa predictivo se amortiza en menos de seis meses y refuerza la competitividad financiera de la planta.

En síntesis, el mantenimiento sistemático no solo reduce fallas y preserva la hermeticidad del doble cierre, sino que también fortalece la competitividad financiera de la planta.

5. Conclusiones

Los resultados confirman que, en el contexto de las cerradoras *Angelus* 60 L estudiadas, la ausencia de mantenimiento programado se traduce en casi tres cuartas partes de las fallas críticas (72,2 %). El dato no sólo valida la relación mantenimiento–confiabilidad descrita en la literatura; también la cuantifica con evidencia local, aportando un umbral empírico que permite justificar inversiones en planes preventivos ante la gerencia de producción.

El desglose de las 18 incidencias analizadas muestra que las fallas asociadas a rulinas (58 %) superan a las puramente mecánicas (42 %), subrayando que la degradación geométrica del rodillo (pérdida de radio, rugosidad excesiva y desalineación) es el principal detonante de fugas y rechazos de lote. A nivel sanitario, cada cierre defectuoso expone el producto al riesgo de contaminación, de modo que la confiabilidad del doble cierre deja de ser un indicador interno para convertirse en un requisito de inocuidad.

La implementación de un plan preventivo-predictivo adaptado a la realidad de línea (inspecciones mensuales de rulinas y mandriles, lubricación programada, análisis de vibraciones, análisis de aceite y registro digital en un CMMS) permitiría, según la modelación efectuada, reducir la frecuencia de fallas en al menos un 60 % y elevar la disponibilidad por encima del 95 %. Estos porcentajes concuerdan con los alcanzados por Ben et al. (2021) y Okwuobi et al. (2018) en entornos industriales comparables, lo que refuerza la robustez de las proyecciones.

Para garantizar la sostenibilidad del programa se recomienda adoptar un enfoque RCM (*Reliability-Centered Maintenance*) que jerarquice las intervenciones según la

criticidad funcional de cada componente, complemente las inspecciones visuales con monitoreo en línea y vincule los datos de desgaste con parámetros de calidad (vacío, penetración y solape). Del mismo modo, la capacitación continua del personal técnico y operativo es indispensable para consolidar la cultura preventiva y minimizar el factor humano en la generación de defectos.

Referencias

- Alarcón, B., & Romero, D. (2020). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado ubicada en la ciudad de Santa Elena. [Tesis de Grado: Universidad Politecnica Salesiana Ecuador]. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20080>
- Alcomex Muelles. (2010). Principios del diseño de resortes: navegando estrés, deformación y fatiga para una mayor durabilidad. Alcomex Muelles. Recuperado el 15 de enero de 2025, de <https://www.alcomexmuelles.es/principios-del-diseno-de-resortes-navegando-estres-deformacion-y-fatiga-para-una-mayor-durabilidad/>
- Arroyo, C. S., & Obando, R. F. (2022). Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 4(10), 59-69. <https://doi.org/10.53734/esci.vol4.id240>
- Arroyo, S. A. (2022). Plan de mantenimiento preventivo para aumentar la productividad en el área de control de cierre en la empresa Naftes S.A.C. [Tesis de Grado. Universidad Cesar Vallejo]. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/120820>
- Ben, J., Mohamed, A. O., & Muduli, K. (2021). Effect of preventive maintenance on machine reliability in a beverage packaging plant. *International Journal of System Dynamics Applications*, 10(3), 50–66. <https://doi.org/10.4018/IJSDA.2021070104>
- Cano, M. (2019). Implementación de un sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control a una línea de elaboración de conservas de arvejas secas. [Tesis de Grado. Universidad Nacional de Cuyo]. Obtenido de <https://bdigital.uncu.edu.ar/13680>
- Cedeño-Moreira, W. J., & Gorozabel-Chata, F. B. (2021). Análisis de criticidad del equipamiento industrial de la línea de bovinos de un centro de faenamiento. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*. 4(8 Ed. esp.), 49-65. <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/45>
- Daza-Hernández, L., & Clavijo-Velásquez, L. (2019). Análisis de fatiga de resorte Helicoidal. Bogotá: Fundación Universitaria Los Libertadores. Obtenido de <https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/688ab52f-bc11-4986-9ab2-1da33fd173bd/content>
- Ezquerria Group. (2010). ¿Qué es una cerradora de latas? Ezquerria Group. Recuperado el [13 de enero 2025], de <https://ezquerria.com/es/que-es-cerradora-latas/>
- Fanser (2022). Importancia del proceso de regulación de las cerradoras de latas. Recuperado el 15 de enero 2025 de <https://fanser.com/importancia-del-proceso-de-regulacion-de-las-cerradoras-de-latas/>
- Gao, S., Fan, S., & Wang, W. (2024). The research on the failure mechanism and dynamic reliability of lubricated clearance. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 238(11), 2992-3005. <https://doi.org/10.1177/09544062241248031>
- Hassard, S., & Albert, T. (2019). Procedimientos Idóneos en la Fabricación de Alimentos para la Acuicultura. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. ISBN 92-5-304613-9. Obtenido de <https://www.fao.org/4/y1453s/y1453s00.htm>
- Levapack (2024). Guide to can seamer machines. Levapack. Recuperado el 15 de enero de 2025, de <https://www.levapack.com/guide-to-can-seamer-machines/>
- Medina, J. (2024). Tecopesca impulsa su eficiencia energética con Go Energy y la certificación ISO 50001. SICMA. Recuperado el 15 de enero de 2025 de <https://www.sicmaecuador.com/post/tecopesca-impulsa-su-eficiencia-energ%C3%A9tica-con-go-energy-y-la-certificaci%C3%B3n-iso-50001>
- Moreira-Calle, E. J., & Velepucha-Sánchez, J. M. (2024). Impacto de la implementación de un RCM en la cerradora Angelus 60L de Promopesca S.A. *MQR Investigar*, 8(4), 376–403. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.376-403>
- Moloché, N. (2021). Plan de mantenimiento preventivo y su efecto en la confiabilidad de las maquinarias en la Industria Pesquera Chimbote. [Tesis de Grado. Universidad Cesar Vallejo]. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/133442>
- Mundo Latas. (2015.). Teoría del cierre (1ª parte). Mundo Latas. Recuperado el 01 de enero de 2025, de <https://mundolatas.com/teoria-del-cierre-1a-parte/>
- Mundo Latas. (2015.). Teoría del cierre (2ª parte). Mundo Latas. Recuperado el 01 de enero de 2025, de <https://mundolatas.com/teoria-del-cierre-2a-parte/>
- Noria Latín América. (2024). 5 problemas comunes de lubricación y cómo resolverlos. Noria Latín América. Recuperado el 29 de enero de 2025, de <https://noria.mx/lube-learn/ingenieria-lubricacion->

[maquinaria/5-problemas-comunes-de-lubricacion-y-como-resolverlos/](#)

- Okwuobi, S., Ishola, F., Ajayi, O., Salawu, E., Aworinde, A., Olatunji, O., & Akinlabi, S. A. (2018). A Reliability-Centered Maintenance Study for an Individual Section-Forming Machine. *Machines*, 6(4), 50. <https://doi.org/10.3390/machines6040050>
- Pinedo, L. (2018). Aplicación de mantenimiento preventivo para disminuir los costos de mantenimiento de la empresa pesquera ICEF S.A.C. [Tesis de Grado. Universidad Cesar Vallejo]. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30121>
- Tello-Macías, P. R., & Herrera-Suárez, M. (2021). Diseño conceptual de un banco de pruebas para la evaluación de la calidad de cierre en latas de conserva. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*. ISSN: 2737-6249., 4(7), 31-46. Recuperado a partir de <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/27>
- Urquiza, A. (2023). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas críticas en la empresa Cynara Perú. [Tesis de Grado: Universidad Continental]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/13449>
- WorkTrek. (2024). What is Reliability-Centered Maintenance (RCM)? WorkTrek. Recuperado el 15 de enero de 2025, de <https://worktrek.com/blog/what-is-reliability-centered-maintenance-rcm/>

Contribución de los autores (CRediT)

Toala-Mera, J.: Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Validación, Visualización, Redacción. - borrador original, Redacción – revisión y edición. **Delgado-Delgado, R.:** Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Validación, Visualización, Redacción. - borrador original, Redacción – revisión y edición. **García-Loor, G.:** Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Adquisición de datos, Metodología, Administración de proyectos, Recursos materiales, Supervisión, Validación, Redacción – revisión y edición.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



FINI
BUS



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0



Artículo de investigación

Mejoras en la calidad del mantenimiento vehicular empleando herramientas de la Industria 4.0

Juan Carlos Anchundia ^[1]  Ciaddy Rodríguez-Borges ^[1]  Jesús Alberto Pérez-Rodríguez ^[1] 

[1] Facultad de Posgrado. Maestría en Gerencia de la Calidad e Innovación. Universidad Técnica de Manabí (UTM). Portoviejo, Ecuador.

[2] Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Técnica de Manabí (UTM). Portoviejo, Ecuador.



Autor para correspondencia: janchundia7775@utm.edu.ec

Resumen

El mantenimiento vehicular constituye un componente esencial para garantizar la eficiencia operativa en los servicios que prestan los gobiernos locales. Sin embargo, muchas instituciones de tamaño medio enfrentan limitaciones en la planificación preventiva, la trazabilidad de intervenciones y el uso de herramientas digitales. En este contexto, el objetivo de la investigación es analizar las herramientas de la Industria 4.0 aplicables al mantenimiento vehicular en el sector público, y valorar algunas herramientas viables para su adopción en entornos institucionales con recursos limitados. La metodología empleada es la descriptiva, basada en una revisión documental y un análisis comparativo de tecnologías, además del análisis de encuestas y entrevistas realizadas en sitio. Los resultados evidenciaron que, si bien herramientas como IoT, automatización e inteligencia artificial ofrecen beneficios relevantes, también requieren niveles de infraestructura y presupuesto que superan las capacidades de muchos gobiernos locales. En comparación, el sistema de mantenimiento asistido por computadora (CMMS) cuya facilidad de implementación, bajo costo, escalabilidad y alta adaptabilidad institucional resulta viable en este entorno. La adopción de estos sistemas no solo permite optimizar la planificación de mantenimientos y mejorar la eficiencia operativa, sino que también impulsa una transición hacia una gestión pública basada en datos, orientada a la sostenibilidad. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de promover estrategias de digitalización accesibles en el sector público para fortalecer sus capacidades operativas.

Palabras Clave: *mantenimiento vehicular; eficiencia operativa; gestión pública; metodología estandarizada.*

Improving the quality of vehicle maintenance using Industry 4.0 tools

Abstract

Vehicle maintenance is an essential component to ensure operational efficiency in the services provided by local governments. However, many medium-sized institutions face limitations in preventive planning, traceability of interventions and the use of digital tools. In this context, the objective of the research is to analyze Industry 4.0 tools applicable to vehicle maintenance in the public sector, and to assess some viable tools for adoption in institutional environments with limited resources. The methodology used is descriptive, based on a documentary review and a comparative analysis of technologies, in addition to the analysis of surveys and interviews conducted on site. The results showed that while tools such as IoT, automation and artificial intelligence offer relevant benefits, they also require levels of infrastructure and budget that are beyond the capabilities of many local governments. In comparison, computer-aided maintenance system (CMMS) whose ease of implementation, low cost, scalability and high institutional adaptability is feasible in this environment. The adoption of these systems not only optimizes maintenance planning and improves operational efficiency, but also drives a transition to data-driven, sustainability-oriented public management. These findings reinforce the need to promote accessible digitalization strategies in the public sector to strengthen its operational capabilities.

Keywords: *vehicle maintenance; operational efficiency; public management; standardized methodology.*

1. Introducción

En el sector público, el mantenimiento vehicular representa un aspecto estratégico para garantizar la continuidad y eficiencia de los servicios que prestan las instituciones (Barragán, 2022). La operatividad de las flotas incide directamente en funciones clave como la recolección de residuos, obras públicas, control territorial y movilidad institucional. No obstante, muchas administraciones municipales, especialmente aquellas con estructuras técnicas reducidas, presentan debilidades en la gestión del mantenimiento, predominando un enfoque correctivo con escasa planificación, baja trazabilidad de procesos y limitada incorporación de tecnologías que permitan optimizar la calidad del servicio (Berrezueta, 2021).

En el GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) de El Guabo, se realizó una investigación por parte de Jadán (2023), que destaca la propuesta de desarrollar un plan de mantenimiento preventivo progresivo e introduce un matiz importante sobre la necesidad de que las innovaciones en la gestión de mantenimiento respeten el nivel de madurez organizacional de cada municipio.

Diversos autores coinciden en la necesidad de una transformación estructural del mantenimiento en los

organismos públicos, con el fin de superar las limitaciones técnicas y organizativas que afectan su eficiencia (Villamarín-Tapia et al., 2023). Otros autores como Doria et al. (2019), proponen la construcción de metodologías estandarizadas que se adapten a la realidad operativa de los gobiernos locales, incorporando herramientas prácticas, escalables y eficientes. Entre estas, destacan las tecnologías emergentes asociadas a la Industria 4.0, como los sensores IoT, el análisis predictivo, gemelos digitales, la automatización de procesos y, especialmente, los sistemas CMMS, cuya implementación puede generar mejoras significativas en la gestión operativa (Ávila-Camacho & Moreno-Villalba, 2023; Bustamante-Limones et al., 2024).

En este marco, la Industria 4.0 ofrece un conjunto de tecnologías interconectadas que permiten transformar la gestión del mantenimiento hacia un modelo más inteligente, predictivo y eficiente; por ello, estas herramientas no actúan de forma aislada, sino que conforman un ecosistema que integra desde la recopilación de datos hasta la automatización de decisiones operativas. La Figura 1 ilustra las principales tecnologías asociadas a este paradigma y su aplicabilidad en procesos de mantenimiento dentro del sector público.

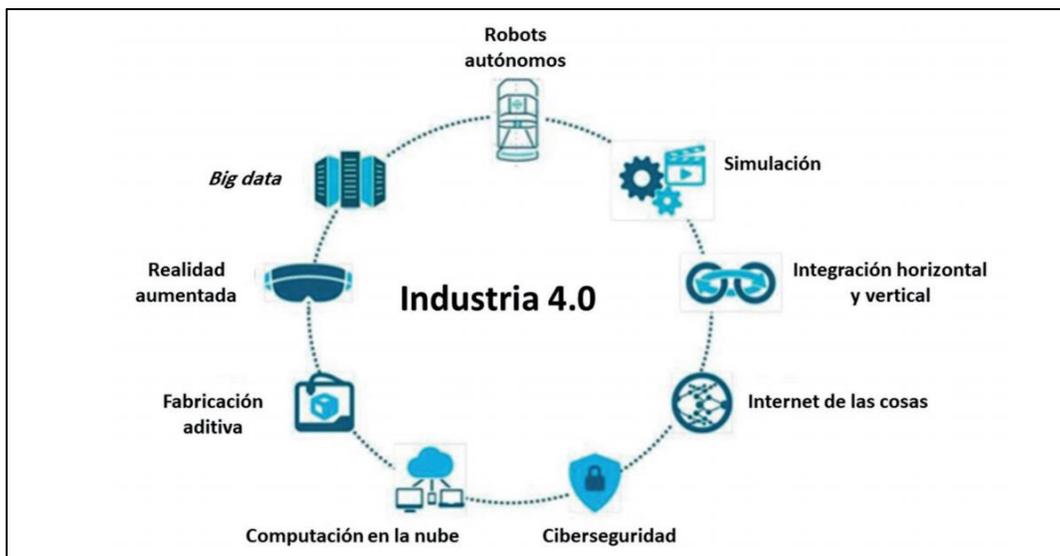


Figura 1: Herramienta industria 4.0. Cada una de estas tecnologías permiten mejoras en los procesos

A partir del conjunto de elementos mostrado como partes integradas a tecnologías asociadas al de la Industria 4.0, con potencial de aplicación en el mantenimiento vehicular del sector público. Estas herramientas, al integrarse adecuadamente en los procesos institucionales, pueden permitir la optimización de los recursos, la reducción de los tiempos muertos y mejoras en la toma de decisiones (Rodríguez-Borges et al., 2024). A continuación, se describe

brevemente en qué consiste cada una de ellas y cómo pueden contribuir al fortalecimiento de la gestión operativa.

Los sensores denominados Internet de las Cosas (*IoT*): esta tecnología, facilita el monitoreo constante de variables como temperatura, presión, kilometraje o vibraciones, lo cual es esencial para detectar condiciones anómalas y programar mantenimientos predictivos, son los que permiten recopilar

datos en tiempo real. Su uso optimiza la eficiencia operativa y reduce tiempos de inactividad, al permitir que las decisiones se basen en datos actualizados y concretos (Durán, 2024).

En la automatización en los procesos de mantenimiento los sensores *IoT*, permite ejecutar tareas sin intervención humana directa. Puede incluir la programación de órdenes de trabajo automáticas, generación de alertas o activación de sistemas de respuesta ante fallas. Esta tecnología mejora la precisión, disminuye los errores operativos y agiliza la gestión de recursos, como destaca Salvador (2022), lo cual es fundamental en instituciones con equipos técnicos limitados.

En esta misma línea, la inteligencia artificial (*IA*) aporta una capacidad de análisis avanzada. En el mantenimiento vehicular, según Cajias (2025), esta tecnología permite procesar grandes volúmenes de datos para predecir fallos, optimizar rutas de atención o asignar tareas de forma eficiente, a través de algoritmos, la *IA* aprende de patrones históricos y propone acciones de mejora continua. Su implementación fortalece la toma de decisiones técnicas y reduce la dependencia del mantenimiento correctivo.

Estas herramientas facilitan establecimiento de prioridades para el mantenimiento predictivo, que se basa en anticipar fallos antes de que ocurran. Según algunos autores como Zambrano-Castro & Pérez-Guerrero (2021), este enfoque de la industria 4.0 permite utilizar la información de sensores, registros históricos y análisis de datos para actuar sobre el estado real de los equipos, y no solo bajo criterios de calendario, y con ello, se logran intervenciones más precisas, se evitan paradas innecesarias y se prolonga la vida útil de la flota institucional.

Otra de las soluciones identificadas en la Industria 4.0, son los sistemas conocidos CMMS (*Computerized Maintenance Management System*), que permite planificar, ejecutar y registrar todas las actividades de mantenimiento de manera digital. Tal como mencionan Zambrano-Castro & Pérez-Guerrero (2021), su implementación facilita el control de inventarios, la programación de tareas, el seguimiento de órdenes de trabajo y la generación de reportes automáticos. Esta herramienta resulta estratégica para mejorar la trazabilidad y eficiencia operativa, especialmente en administraciones públicas que requieren organizar sus recursos de forma sistemática y transparente.

Las investigaciones previas han permitido evidenciar el potencial de estas herramientas tecnológicas al área del mantenimiento, desde proponer un plan para la implementación progresiva de estas herramientas en los departamentos de mantenimiento vehicular, hasta transformar la organización en cuanto a sus sistemas de gestión de mantenimiento, para buscar su eficiencia, en

cuanto a la toma de decisiones oportunas y la disminución de los costos. En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo analizar las herramientas tecnológicas de la Industria 4.0 aplicables al mantenimiento vehicular en el sector público, y valorar algunas herramientas viables para su adopción en entornos institucionales con recursos limitados. tomando como piloto el estudio diagnóstico realizado en el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Montecristi.

2. Metodología

Esta investigación se desarrolló con un enfoque descriptivo. Se centró en analizar la viabilidad de las herramientas de la Industria 4.0 para el mantenimiento vehicular en el sector público, tomando como referencia el caso del GAD de Montecristi. Para ello, se plantearon cuatro fases específicas que guiaron el desarrollo de la investigación.

Como primera fase, se realizó un diagnóstico donde se aplicó una encuesta al personal técnico y operativo del parque automotor, con el objetivo de conocer la situación actual de los mantenimientos realizados, la disponibilidad de herramientas digitales y las limitaciones más frecuentes (Guillén et al., 2025). Además, se realizaron entrevistas al responsable del área para identificar las prácticas de gestión y los principales desafíos administrativos. Como parte del análisis, se revisó la documentación interna relacionada con el mantenimiento de la flota, lo que permitió evaluar el tipo de intervenciones realizadas, la frecuencia de fallas, los tiempos de respuesta y los recursos disponibles.

En la segunda fase, se procedió a recopilar información sobre las tecnologías disponibles en el marco de la Industria 4.0. Posteriormente, se realizó una comparación entre herramientas como los sistemas *IoT*, la automatización, la inteligencia artificial, el mantenimiento predictivo y el software CMMS. La evaluación se desarrolló a partir de criterios como facilidad de uso, costos estimados, compatibilidad institucional y potencial de mejora operativa. La tercera fase consistió en valorar las herramientas más adecuadas, tomando en cuenta los costos de implementación, las limitaciones de tiempo y las características operativas propias del entorno institucional.

Finalmente, en la cuarta fase, se elaboró un plan para la implementación de estas tecnologías, orientado a la adopción progresiva de la herramienta seleccionada, como una solución viable para optimizar los procesos de mantenimiento. Tal como se presenta en la Figura 2, se consideraron diversos criterios como el costo, la facilidad de implementación y los beneficios esperados, para finalmente seleccionar un conjunto de acciones que permitan a través de un plan para la mejora de la calidad del servicio y la eficiencia operativa.

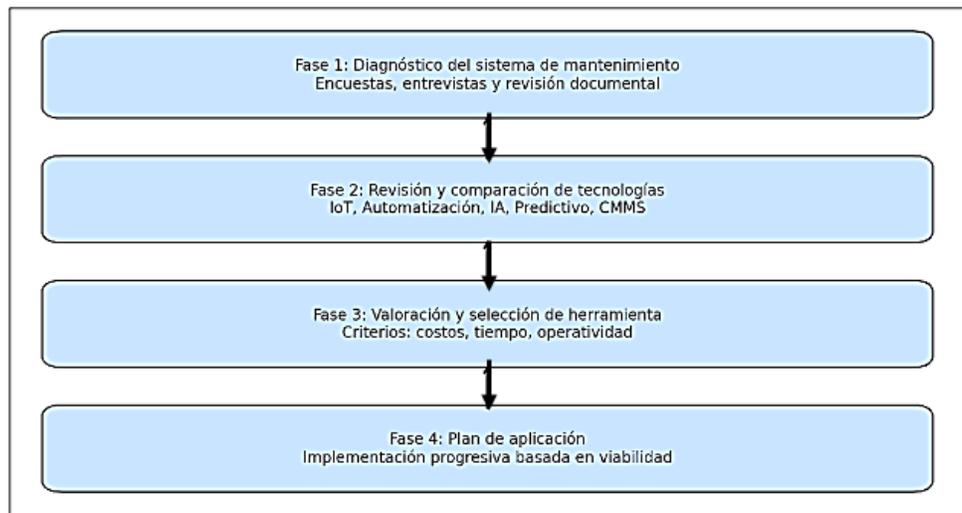


Figura 2: Fases empleadas en la Investigación para la mejora de la calidad en el servicio en el mantenimiento vehicular.

3. Resultados

Para el análisis de resultados, se siguieron las fases planteadas en la metodología, que permitieron organizar y sistematizar la información recolectada. La fase inicial se desarrolló un diagnóstico a partir de la aplicación de un cuestionario dirigido al personal técnico y operativo del parque automotor, complementado con entrevistas al responsable del área. Esta información fue procesada mediante un análisis estadístico descriptivo, lo cual facilitó la identificación de las principales limitaciones del sistema de mantenimiento vehicular actual y sirvió como base para las fases posteriores de evaluación tecnológica y propuesta de mejora

Fase inicial de Diagnóstico

Como parte de la fase inicial, se aplicó un cuestionario dirigido al personal técnico y operativo del parque automotor, con el propósito de evaluar las condiciones actuales del sistema de mantenimiento vehicular en el GAD de Montecristi. Esta herramienta permitió obtener información clave sobre la frecuencia de las intervenciones, los métodos de registro utilizados, el nivel de digitalización y la percepción del personal respecto a la eficiencia del servicio. A continuación, se presenta la Tabla 1, que resume de los resultados más representativos obtenidos en esta etapa diagnóstica.

Tabla 1: Inventario automotor del GAD. Se valoró el número total de unidades y su operatividad.

Estado Operativo y Distribución de la Flota de Vehículos del Parque Automotor					
Categoría	Tipo de Vehículo	Año de Fabricación	Cantidad	Operativos	No Operativos
Vehículos de Carga	Volquetas	2002 - 2018	7	7	0
Vehículos de Carga	Tanqueros	2006 - 2018	2	1	1
Vehículos Ligeros	Camionetas	2012 - 2014	4	4	0
Maquinaria Pesada	Mini Cargadora	2017	1	0	1
Maquinaria Pesada	Excavadora Oruga	2017	1	1	0
Maquinaria Pesada	Retroexcavadora	2017	1	0	1
Maquinaria Pesada	Motoniveladora	2010	1	1	0
Maquinaria Pesada	Rodillo Liso y Vibratorio	2017	2	2	0
Maquinaria Pesada	Tractor Sobre Oruga	2017	1	1	0
Otros Vehículos	Camión Cama Baja	2018	1	1	0

El diagnóstico realizado en el GAD Municipal de Montecristi, evidenció una gestión de mantenimiento vehicular caracterizada por la ausencia de planificación preventiva, registros manuales dispersos y falta de herramientas digitales de control. Estas condiciones afectan

directamente la disponibilidad operativa de la flota y encarecen los costos del servicio. Los resultados obtenidos encuentran respaldo en diversas investigaciones recientes que han abordado problemáticas similares en otros gobiernos locales del país.

Esta situación presentada en GAD bajo estudio, ya había sido evidenciada por autores como Anguisaca & Peñafiel (2023), quienes identificaron que la falta de un sistema informatizado de mantenimiento genera tiempos muertos prolongados y gestión ineficiente del parque automotor. Del mismo modo, Cedillo & Rivera (2023) señalaron que la ausencia de registros digitalizados dificulta la toma de decisiones basada en evidencia, mientras que López & Guamán (2015), destacó que la sistematización de los historiales técnicos mejora tanto la eficiencia como la transparencia en la gestión pública. Estas observaciones refuerzan la necesidad de adoptar soluciones tecnológicas que modernicen el enfoque actual de mantenimiento, lo que da paso a la siguiente fase del estudio.

Fue necesario proceder a un diagnóstico más detallado con el personal del GAD bajo estudio, para determinar qué tipo de situaciones en el proceso de mantenimiento, causan la falta de operatividad de los equipos automotores, para ello se consideró el criterio del personal operador de los equipos, tal como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: Criterio de operadores

Indicador evaluado	Porcentaje (%)
Mantenimiento correctivo como práctica principal	85%
Poca existencia de planificación preventiva	15%
Ausencia de empleo de herramientas digitales	8%
Dificultades por falta de sistematización	78%
Registros manuales dispersos	92%

Los resultados obtenidos reflejan una gestión de mantenimiento vehicular con importantes deficiencias. Un 85 % del personal indicó que los trabajos se realizan únicamente cuando el vehículo presenta fallas, lo que evidencia un enfoque reactivo y no planificado. Apenas el 15 % afirmó que existe algún tipo de planificación preventiva, lo que muestra una débil cultura de programación anticipada. Solo el 8 % reportó el uso de herramientas digitales, lo cual limita la trazabilidad y dificulta la toma de decisiones basada en datos. Además, un 78 % señaló que la falta de sistematización genera demoras y complicaciones en la gestión operativa. Finalmente, el 92 % reconoció que los registros de mantenimiento se llevan de forma manual y dispersa, lo que impide contar con información consolidada y oportuna. Estos resultados refuerzan la necesidad de modernizar los procesos mediante soluciones tecnológicas alineadas a los principios de la Industria 4.0.

Los hallazgos obtenidos en esta primera fase permiten concluir que el sistema de mantenimiento vehicular en el GAD Municipal de Montecristi presenta serias limitaciones estructurales y operativas. La dependencia de prácticas

correctivas, el escaso uso de tecnologías digitales, la ausencia de planificación preventiva y la falta de registros sistematizados impactan negativamente en la eficiencia del servicio. Esta situación justifica la necesidad de avanzar hacia una modernización del modelo de gestión, sustentada en herramientas tecnológicas que permitan optimizar los procesos, reducir costos y mejorar la disponibilidad operativa de la flota institucional.

Segunda fase. Análisis de las Tecnologías de la industria 4.0 aplicado al mantenimiento

Durante la segunda fase metodológica, se efectuó un análisis comparativo de diversas tecnologías asociadas al paradigma de la Industria 4.0, con el objetivo de identificar su aplicabilidad en el mantenimiento vehicular del sector público. Se consideraron herramientas como el Internet de las Cosas (IoT), la automatización de procesos, la inteligencia artificial, el mantenimiento predictivo y los sistemas de gestión de mantenimiento asistido por computadora (CMMS), según lo propuesto por Velarde & Vásquez (2021). La evaluación de estas tecnologías se realizó tomando en cuenta criterios técnicos fundamentales: facilidad de uso, costo estimado de implementación, requerimientos de infraestructura, escalabilidad del sistema y grado de adaptación a contextos institucionales con limitaciones comunes, tales como baja conectividad, personal reducido o escaso nivel de digitalización. Este análisis permitió delimitar las alternativas más viables para su posterior valoración en fases siguientes.

Tercera fase. Valoración y selección de la herramienta más adecuada

Esta fase tuvo como propósito identificar, mediante un análisis comparativo, cuál de las tecnologías asociadas a la Industria 4.0 resulta más viable para su aplicación en el mantenimiento vehicular del sector público. Para ello, se establecieron criterios de evaluación basados en estudios previos y en las tendencias actuales que priorizan la implementación de soluciones tecnológicas adaptables, de bajo costo y con alto impacto operativo en contextos institucionales (González-Hernández & Granillo-Macías, 2022; Velarde & Vásquez, 2021; Pillado et al., 2022). Los criterios seleccionados fueron: facilidad de uso, costo estimado, requerimientos técnicos, escalabilidad del sistema y aplicabilidad en gobiernos locales con limitaciones comunes como baja digitalización, escaso personal técnico y recursos restringidos.

En la Tabla 3 se muestra el resultado del análisis comparativo realizado entre cinco herramientas: IoT, automatización, inteligencia artificial, mantenimiento predictivo y CMMS con sensores. Esta evaluación permitió identificar las fortalezas y limitaciones de cada opción tecnológica, tomando como referencia su comportamiento en entornos municipales reales. La valoración cualitativa de

los parámetros se realizó con base en literatura técnica y experiencias documentadas en municipios de tamaño medio, lo que otorga validez contextual al análisis. El objetivo de esta etapa fue sustentar, con criterios objetivos y

contextualizados, la selección de una herramienta estratégica que aporte a la mejora operativa, documental y presupuestaria del sistema de mantenimiento vehicular.

Tabla 3: Herramientas de la Industria 4.0 aplicables al mantenimiento vehicular

Herramienta	Facilidad de uso	Costo estimado	Requerimientos técnicos	Escalabilidad	Aplicabilidad municipal
IoT	Media	Alta	Alta	Alta	Media
Automatización	Baja	Alta	Alta	Media	Baja
Inteligencia Artificial	Baja	Alta	Muy alta	Alta	Baja
Mantenimiento predictivo	Media	Media	Alta	Media	Media
CMMS + sensores IoT	Alta	Baja	Media	Alta	Alta

Nota: La valoración de los parámetros (bajo, medio, alto) se basó en las condiciones de gobiernos locales como el GAD de Montecristi. Se consideró la facilidad de uso, el costo de adquisición e implementación, los requerimientos técnicos, la escalabilidad de la herramienta y su aplicabilidad en entornos municipales, tomando en cuenta limitaciones de personal, infraestructura y recursos. Adaptado de Cajian (2025), Durán (2024), Salvador Salvador (2022), Zambrano-Castro & Pérez-Guerrero (2021).

La Tabla 3, presenta el análisis comparativo de cinco herramientas tecnológicas asociadas a la Industria 4.0, evaluadas según criterios clave como facilidad de uso, costo estimado, requerimientos técnicos, escalabilidad y aplicabilidad municipal. Esta comparación se realizó tomando en cuenta las condiciones específicas de gobiernos locales de tamaño medio, como el GAD de Montecristi, y busca determinar cuál de estas tecnologías representa una opción más viable y sostenible para su implementación en el mantenimiento vehicular institucional.

Los valores asignados a cada criterio (bajo, medio o alto) se basan en estudios técnicos y en la revisión de experiencias similares, permitiendo identificar las fortalezas y limitaciones de cada herramienta en función de su adaptabilidad al contexto operativo. La tabla evidencia que el sistema CMMS, complementado con sensores IoT, destaca por su equilibrio entre facilidad de implementación, bajo costo y alta aplicabilidad, posicionándose como la alternativa más adecuada para mejorar la eficiencia operativa y la trazabilidad de los procesos.

Al comparar los distintos estudios analizados, se evidencia un factor común transversal: la deficiencia en la planificación preventiva, la falta de registros sistematizados y la necesidad de herramientas digitales accesibles que se adapten a las condiciones de los gobiernos locales de tamaño medio. Esta coincidencia valida la metodología empleada en la presente investigación y refuerza la pertinencia de sus resultados.

En el caso particular del GAD de Montecristi, la evaluación de alternativas tecnológicas permitió concluir que el sistema CMMS representa la opción más adecuada. Su bajo costo de

adquisición y operación, su facilidad de implementación progresiva, y su compatibilidad con las estructuras administrativas existentes, lo convierten en una herramienta estratégica para mejorar la eficiencia operativa, fortalecer el control documental y optimizar la gestión de recursos en el mantenimiento vehicular.

Además, la adopción del CMMS no implica únicamente una mejora técnica, sino que promueve un cambio cultural hacia una gestión más preventiva, basada en datos reales y orientada a la mejora continua, (Pillado et al., 2022). Esta transformación resulta fundamental para avanzar hacia una administración pública más moderna, eficiente y transparente, en línea con las tendencias de la Industria 4.0 aplicadas al sector público

Cuarta fase. Propuesta de adopción de herramientas de la Industria 4.0

Como parte de la cuarta fase, se diseñó una hoja de ruta orientada a la implementación progresiva de un sistema de mantenimiento asistido por computadora (CMMS), especialmente pensada para instituciones públicas que gestionan flotas vehiculares en contextos similares al de los gobiernos locales de escala intermedia. Esta propuesta surge del análisis técnico y comparativo de las tecnologías de la Industria 4.0, en el cual el CMMS fue identificado como una alternativa viable, escalable y adecuada para optimizar la eficiencia operativa del mantenimiento vehicular.

La hoja de ruta no responde a una aplicación concreta, sino que constituye un modelo metodológico estructurado con capacidad de adaptación a diversos entornos institucionales. Su diseño contempla cinco fases secuenciales, cada una de ellas con objetivos definidos, actividades clave, responsables



sugeridos y observaciones estratégicas que facilitan su implementación. La primera fase está orientada a establecer una línea base mediante el diagnóstico de la situación actual del mantenimiento. La segunda fase aborda la definición de requerimientos técnicos y funcionales, para asegurar que la selección del software responda a las necesidades reales de la entidad.

La tercera fase contempla la capacitación del personal involucrado, reconociendo que la apropiación tecnológica es determinante para el éxito del sistema. En la cuarta fase, se propone una implementación gradual del CMMS, iniciando con funciones básicas y ampliando progresivamente su cobertura. Finalmente, la quinta fase incorpora un proceso de

evaluación continua mediante la revisión de indicadores, ajustes operativos y mejoras sostenidas que garanticen la sostenibilidad del sistema en el tiempo.

Esta hoja de ruta fue diseñada con base en buenas prácticas documentadas en la literatura especializada (Balachandran, 2022; Espinosa, 2022; León-Duarte & Martínez-Cadena, 2024), y busca facilitar la toma de decisiones institucionales, reducir los tiempos de parada vehicular, optimizar el uso de recursos y promover una transición ordenada hacia una gestión de mantenimiento digitalizada, en coherencia con los principios de la transformación digital impulsada por la Industria 4.0.

Tabla 4: Propuesta de hoja de ruta para la adopción de un sistema CMMS en el mantenimiento vehicular del sector público

Fase	Objetivo	Actividades clave	Responsable sugerido	Observaciones
1. Diagnóstico	Establecer la situación actual del mantenimiento y la flota.	- Análisis de fallas frecuentes. - Identificación de debilidades operativas.	Jefe del parque automotor, equipo técnico	Permite construir la línea base para la toma de decisiones.
2. Definición de requerimientos	Determinar qué características debe tener el CMMS a implementar.	- Selección de módulos funcionales. - Evaluación de compatibilidad con recursos existentes.	Coordinador técnico, apoyo de TI	Es clave para evitar sobrecarga tecnológica o herramientas innecesarias.
3. Capacitación del personal	Preparar al equipo para el uso efectivo del sistema	- Talleres introductorios. - Simulación de uso. - Resolución de dudas. - Carga de datos históricos.	Área de talento humano, soporte técnico	Debe adaptarse al nivel digital del personal operativo.
4. Implementación progresiva	Poner en marcha el sistema por fases.	- Registro de órdenes reales - Monitoreo del funcionamiento inicial. - Revisión de indicadores.	Jefe del parque, usuario clave del sistema	Se recomienda iniciar con funciones básicas y luego ampliar.
5. Evaluación y ajuste	Verificar el funcionamiento y realizar mejoras.	- Encuestas de uso. - Ajustes operativos del sistema.	Coordinador del proyecto, soporte técnico	Permite asegurar la sostenibilidad y continuidad del sistema.

Nota: La hoja de ruta presentada corresponde a una propuesta metodológica estructurada para orientar la implementación progresiva de sistemas CMMS en instituciones del sector público. Cada fase, actividad y responsable han sido definidos con base en buenas prácticas técnicas y pueden adaptarse según las capacidades, estructura organizativa y nivel de digitalización de cada entidad. Adaptado de Balachandran (2022); Espinosa (2022); León-Duarte & Martínez-Cadena (2024).

4. Conclusiones

La investigación permitió evidenciar que, en el contexto de los gobiernos locales de tamaño medio, la falta de planificación preventiva y de sistematización de los mantenimientos vehiculares limita gravemente la eficiencia operativa y aumenta los costos de servicio. El análisis comparativo de herramientas de la Industria 4.0, junto con la revisión de estudios similares, corroboró que el sistema CMMS constituye la alternativa más viable para optimizar la gestión de mantenimiento en municipios como Montecristi, gracias a su bajo costo, facilidad de implementación y

adaptabilidad a estructuras organizativas con recursos limitados.

La adopción de un CMMS no solo representa una mejora técnica en la programación de mantenimientos y en la trazabilidad de intervenciones, sino que impulsa una transformación progresiva hacia una gestión pública basada en datos, orientada a la eficiencia y la sostenibilidad. Estos resultados refuerzan la necesidad de promover estrategias de digitalización accesibles en el sector público local, y abren la posibilidad de futuras investigaciones que profundicen en modelos de implementación gradual y en la integración de tecnologías complementarias de la Industria 4.0.

Referencias

- Anguisaca, W., & Peñafiel, J. (2021). Propuesta para la implementación de un software para la gestión de mantenimiento de la flota vehicular de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca EMOV EP. [Tesis de Grado. Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20680/1/UPS-CT009224.pdf>
- Ávila-Camacho, F. J., & Moreno-Villalba, L. M. (2023). Internet de las Cosas (IoT) Retos para las Empresas en la era de la Industria 4.0. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 10(20), 10-16. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i20.9516>
- Balachandran, J. (2020). Definitive and comprehensive guide to implement CMMS software to realize maximum benefits. Maintwiz. <https://www.maintwiz.com/blog/a-comprehensive-guide-for-successful-cmms-implementation/>
- Barragán, X. (2022). Posmodernidad, gestión pública y tecnologías de la información y comunicación en la Administración pública de Ecuador. *Estado & Comunidades. Revista de Políticas y Problemas Públicos*, 1(14). https://doi.org/10.37228/estado_comunes.v1.n14.2022.244
- Berrezueta, J. (2021). Desarrollo de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar los niveles de disponibilidad de los equipos del taller mecánico del Gad Municipal de Gonzalo Pizarro. [Tesis de Grado. Universidad Tecnológica Indoamérica]. <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2287?mode=full>
- Bustamante-Limones, A., Rodríguez-Borges, C., & Pérez-Rodríguez, J. A. (2024). Evaluación del uso de gemelos digitales en los sistemas de producción. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 12(3), 195-204. <https://doi.org/10.15649/2346030X.4382>
- Rodríguez-Borges, C., Arroyo, K., Pérez-Rodríguez, J., & Andrade-Cedeño, R. (2024). Metodología para la planificación estratégica de un parque ecoindustrial en Esmeraldas-Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, 30(2), 274-290. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9603966>
- Cajías, P. R. (2025). Integración de inteligencia artificial para el diagnóstico predictivo de fallas mecánicas en vehículos de combustión interna: Enfoque integral. *Polo del Conocimiento*, 10(5), 2271-2289. <https://doi.org/10.23857/pc.v10i5.9570>
- Cedillo, J., & Rivera, G. (2021). Desarrollo e Implementación de una herramienta informática para el mantenimiento de la Flota vehicular el GAD Municipal del Cantón Pasaje. [Tesis de Grado. Universidad Politécnica]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20464/1/UPS-CT009180.pdf>
- Doria Parra, A., López Benavides, L., Bonilla Ferrer, M., & Parra Cera, G. (2019). Metodología para la implementación de la gestión de riesgo en un sistema de gestión de calidad. *SIGNOS - Investigación en sistemas de gestión*, 12(1), 123-135. <https://doi.org/10.15332/24631140.5424>
- Durán, B. (2024). Implementación de una plataforma internet de las cosas para el monitoreo de sensores en motores a inyección indirecta de gasolina en la Región de Puno. DSPACE. [Tesis de Grado. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Perú] <https://repositorio.uancv.edu.pe/items/482c11c1-e7d7-4307-9d1b-36af257a4af7>
- Espinosa, A. (2022). Propuesta de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento con base en la norma ISO 9001. [Tesis de Postgrado. Universidad Andina Simón Bolívar] <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/9209/1/T4031-MGCI-Espinosa-Propuesta.pdf>
- González-Hernández, I. J., & Granillo-Macías, R. (2020). Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22, 1-14. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e30.2750>
- Guillén, V. A. M., Pérez-Rodríguez, J. A., & Rodríguez-Borges, C. G. (2025). Análisis de metodologías empleadas en los sistemas de gestión energética y sus indicadores. *Revista Científica FINIBUS-Ingeniería, Industria y Arquitectura*, 8(15), 103-111. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/finibus/article/view/966>
- Jadán, C. I. (2023). Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Flota Vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón del Guabo. [Tesis de Grado. Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24742/4/UPS-CT010495.pdf>
- León-Duarte, J. A., & Martínez-Cadena, G. F. (2024). Desarrollo de un plan de mantenimiento vehicular apoyado por un sistema de gestión asistido por ordenador. *Información Tecnológica*, 35(1), 23-32. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642024000100023>
- López, L., & Guamán, R. (2015) Implementación de una gestión de mantenimiento asistido por ordenador (GMAO) para la flota vehicular del GAD Municipal de Catamayo en la provincia de Loja. [Tesis de Grado. Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7885/1/UPS-CT004734.pdf>
- Pillado, M., Castillo, V., & De La Riva, J. (2022). Metodología de administración para el mantenimiento

preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(24). <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1218>

Salvador, L. E. (2022). Análisis, desarrollo e implementación de aplicativo web para la automatización del control de servicios automotrices, citas y pagos. Caso de estudio: Taller Automotriz “Guerrero Tires”. [Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://repositorio.puce.edu.ec/items/d4caba6a-bed2-41cd-b85c-b69f98613891>

Velarde, F., & Vásquez, N. (2021). Propuesta de implementación de estrategia de mantenimiento basado en condición con orientación a la industria 4.0. [Tesis de Postgrado. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas- Universidad Don Bosco]. <https://rd.udb.edu.sv/server/api/core/bitstreams/d369d242-9a51-4820-a240-7349e7517ee9/content>

Villamarín-Tapia, E., Pérez-Rodríguez, J., & Rodríguez-Borges, C. (2023). Solar panels as an energy saving alternative in the Monteverde maritime dock, Santa Elena, Ecuador. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 4(1), e23012. <https://doi.org/10.51798/sijis.v4i1.623>

Zambrano-Castro, J. W., & Pérez-Guerrero, J. N. (2021). Estudio de la aplicación del mantenimiento predictivo en motores diésel en la provincia de Manabí. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. 4(8 Ed. esp.), 96–116. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0053>

Contribución de los autores (CRediT)

Anchundia, J.: Conceptualización, Diseño de la investigación, Revisión bibliográfica, Análisis e interpretación de los datos, Redacción – borrador original del artículo, Preparación y edición del manuscrito. **Rodríguez-Borges, C.:** Revisión crítica del contenido, Diseño metodológico-Corrección de estilo, Supervisión académica, Revisión – edición del artículo. **Pérez-Rodríguez, J.:** Revisión crítica del contenido, Corrección de estilo, Supervisión académica, Revisión – edición del artículo.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica*

FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0

Artículo de investigación

Análisis de la distorsión inducida por soldadura y la tensión residual en placas de acero y su efecto en la resistencia al pandeo

Erick Salgado-Cedeño ^[1]  Francisco Paredes-Mera ^[2] 

[1] Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Manta, Ecuador.



Autor para correspondencia: francisco.parades@uleam.edu.ec

Resumen

La soldadura es una tecnología ampliamente utilizada en la industria de la construcción naval para conectar componentes. Debido a que la soldadura requiere una gran entrada de calor a la pieza soldada, provoca deformación de la pieza soldada, tensión residual y deformación, afectando la geometría y la resistencia del componente después de la soldadura. Esta investigación utiliza software de análisis de elementos finitos para simular el proceso de soldadura de la placa y la tensión residual y la deformación de la soldadura resultantes, y analiza la resistencia al pandeo de la placa después de la soldadura. Al realizar un análisis de resistencia al pandeo utilizando elementos sólidos y elementos de placa respectivamente, confirmamos que la temperatura de soldadura aumentará la deformación posterior a la soldadura y ampliará el rango de distribución de tensiones residuales, afectando así la resistencia al pandeo posterior a la soldadura. Su comportamiento tiende a disminuir a medida que aumenta la temperatura de soldadura y la resistencia al pandeo disminuye del 0,2% a 0,4%.

Palabras Clave: *Simulación; método de elementos finitos; soldadura; deformación de materiales.*

Analysis of welding-induced distortion and residual stress in steel plates and their effect on buckling resistance

Abstract

Welding is a technology widely used in the shipbuilding industry to connect components. Because welding requires large heat input to the welded part, it causes deformation of the welded part, residual stress and deformation, affecting the geometry and strength of the component after welding. This research uses finite element analysis software to simulate the plate welding process and the resulting residual stress and weld deformation, and analyzes the buckling resistance of the plate after welding. By performing buckling resistance analysis using solid elements and plate elements respectively, we confirmed that the welding temperature will increase the post-weld deformation and widen the residual stress distribution range, thereby affecting the post-weld buckling resistance. Its behavior tends to decrease as the welding temperature increases and the buckling resistance decreases by 0.2% to 0.4%.

Keywords: *Simulation; finite element method; welding; material deformation.*

1. Introducción

La soldadura es una tecnología ampliamente utilizada en la industria de la construcción naval para conectar componentes. Los tipos de soldadura se pueden dividir en soldadura de estado sólido y soldadura de estado fundido. Los astilleros suelen utilizar soldadura con máscara de metal (*SMAW*) y soldadura con protección de gas (*GMAW*), que pertenecen al estado fundido. La soldadura por fusión necesita introducir una gran cantidad de calor en la soldadura, lo que conducirá a la deformación de la soldadura, y causará tensión residual y deformación de la soldadura dentro de la soldadura, lo que afectará la geometría y la resistencia de la pieza soldada.

Esta investigación utiliza un software de análisis de elementos finitos para simular el proceso de soldadura de placas y la tensión residual resultante y la deformación de la soldadura, y analiza la resistencia al pandeo de la placa después de la soldadura. La simulación de elementos finitos se divide en dos partes: el primer paso utiliza elementos sólidos para simular el proceso de soldadura y calentamiento de placas, y utiliza las propiedades del material a diferentes temperaturas, como el módulo de *Young*, el límite elástico, la relación de *Poisson*, etc. El segundo paso es cargar la distribución de desplazamiento y la distribución de tensión residual causado por la soldadura en la estructura de la lámina cilíndrica, y estudiar cómo cambiará la resistencia al pandeo de una lámina cilíndrica debido a la deformación de la soldadura y la tensión residual.

Al analizar la resistencia al pandeo con elementos sólidos y elementos de placa, está probado que el modelo simplificado de elementos de placa tiende a sobrestimar la resistencia al pandeo después de la soldadura, y el rango de sobreestimación es de aproximadamente 1%; al simular la influencia de diferentes temperaturas de soldadura, se prevé confirmar que la temperatura de soldadura aumentará la deformación posterior a la soldadura y expandirá el rango de distribución de tensión residual, lo que afectará la resistencia al pandeo posterior a la soldadura.

La deformación posterior a la soldadura tiende a subestimar la resistencia al pandeo con modos de número de onda más bajos y sobrestimar la resistencia al pandeo con modos de número de onda más altos, siendo esta la contribución resultante de esta investigación.

2. Literature Review

2.1 Antecedentes

La soldadura es el método básico en el proceso de construcción y reparación de barcos, y es una de las técnicas de procesamiento más importantes en la industria de la construcción naval. La calidad de la soldadura afecta

directamente la resistencia estructural, la confiabilidad y la vida útil del equipo. Entre los diversos accidentes en las estructuras soldadas, la mayoría de ellos son fallas por fragilidad causadas por una resistencia de soldadura insuficiente. La resistencia de la soldadura se ve afectada por los materiales de soldadura, los métodos de soldadura, los requisitos de tratamiento térmico, el contenido de impurezas de las juntas, la tensión de soldadura, el proceso, el tratamiento térmico después de la soldadura y así sucesivamente.

El método de elementos finitos es un método de cálculo moderno en rápido desarrollo y es una herramienta extremadamente eficaz para el análisis estático y dinámico de estructuras. La combinación de tecnología de análisis de elementos finitos y tecnología de soldadura puede resolver de manera eficiente muchos problemas prácticos en el proceso de soldadura y mejorar efectivamente la calidad de la construcción de soldadura.

Muchos estudiosos han llevado a cabo una extensa investigación en esta área. Sun et al. (2020) utilizaron el método de elementos finitos para analizar la resistencia de soldadura de la broca compacta de diamante y lo verificaron con los resultados de la prueba. Lee et al. (2017) utilizaron el método de elementos finitos para calcular la resistencia y la fatiga de la estructura soldada en forma de T del tanque de combustible y predijeron su vida útil.

Zhou et al. (2022) utilizaron el método de elementos finitos para simular la distribución de la temperatura de grieta en la superficie de la soldadura bajo la excitación de corrientes parásitas y lo verificaron a través de experimentos. Shen et al. (2021) utilizaron el método de elementos finitos termo elastoplásticos para analizar el proceso de soldadura de la estructura del fondo del barco del esqueleto transversal y obtuvieron la ley de distribución de la fuerza de restricción del marco del neumático.

Ahola et al. (2023) estudió la tensión y la tensión de soldadura de estructuras de barcos grandes y complejas basándose en la tecnología de análisis de elementos finitos, que mejoró la calidad de la soldadura de estructuras de barcos complejas. También utilizó el método de contorno y el elemento finito termoelástico-plástico basado en tecnología de computación paralela para estudiar la distribución de tensión residual interna y el proceso de cambio de la junta a tope multicanal de múltiples capas de placa gruesa Q235.

Además de los factores de tensión residual y los factores metalúrgicos del propio proceso de soldadura que causarán grietas, la optimización del esquema de soldadura también es la clave para garantizar la resistencia de la soldadura.

1.2 Teoría numérica de la soldadura

La soldadura es una tecnología ampliamente utilizada en ingeniería para conectar componentes. Los tipos de soldadura se pueden dividir en soldadura de estado sólido y soldadura de estado fundido. La soldadura de estado sólido se define como una técnica de soldadura en la que la temperatura del material se eleva por debajo del punto de fusión durante el proceso de, y se utilizan alta presión y difusión del material para llegar a soldar los componentes. La soldadura por fusión se define como una técnica de soldadura en la que la temperatura del material se eleva por encima del punto de fusión durante el proceso de soldadura, y el material se funde y se vuelve a solidificar para llegar a las piezas soldadas.

En términos generales, cuando se sueldan estructuras grandes, la soldadura con adición de metal (*SMAW*) y la soldadura a base de gas (*GMAW*), que pertenecen a la soldadura fundida, son las más utilizadas. Ambos tipos de soldadura utilizan soldadura por fusión de arco y rellenan un cordón de soldadura.

Para evitar la oxidación de la soldadura a alta temperatura en contacto con el aire, *SMAW* usa el componente fundente en la soldadura para formar una capa protectora para bloquear el aire, y *GMAW* usa gas inerte para proteger la soldadura del aire durante el proceso. Para el cambio de temperatura de los dos métodos de soldadura durante el proceso de soldadura, se puede calcular la ecuación de control de transferencia de calor para obtener el historial de cambio de temperatura de la soldadura. La ecuación es la siguiente:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t}(x, y, z, t) = -\nabla \cdot q(x, y, z, t) + Q(x, y, z, t) \quad (1)$$

Dónde:

- ρ es la densidad del material en kg/m^3 ,
- c es el calor específico del material en J/kgK ,
- q es el flujo de calor perdido por el material en W/m^2
- Q es la energía interna generada en el interior del material, en W/m^3 .

Para la soldadura, el material en sí no produce energía interna, y todos los cambios de temperatura provienen del flujo de calor, donde el flujo de calor se puede dividir en la suma del flujo de calor introducido por el arco de soldadura q_w , la superficie de soldadura compuesta por el flujo de calor perdido por convección de calor q_c y el flujo de calor perdido por radiación en la superficie de la soldadura q_r , representados por la siguiente ecuación:

$$q = q_w + q_c + q_r \quad (2)$$

Dado que el entorno general de soldadura lo controla la convección del aire cuando se enfría la pieza soldada, la convección de calor entre la pieza soldada y el aire es estable

y no cambia drásticamente con el tiempo. Podemos definir el flujo de disipación de calor por convección de calor de la pieza soldada según a la ley de enfriamiento de Newton, la ecuación es la siguiente:

$$q_c = h_c(T_s - T_0) \quad (3)$$

Dónde:

- h_c es el coeficiente de convección de calor de la soldadura en el aire, y la unidad es $\text{W/m}^2\text{K}$. Este coeficiente se puede obtener por medición experimental. En términos generales, a temperatura ambiente donde no hay flujo de aire, este valor es de 10 a 20 $\text{W/m}^2\text{K}$
- T_s es la temperatura de la superficie de la soldadura, en $^\circ\text{K}$
- T_0 es la temperatura ambiente, en $^\circ\text{K}$;

Debido a la temperatura extremadamente alta de la superficie durante la soldadura, el calor perdido por radiación en la superficie de la soldadura es mucho mayor que la energía de radiación reflejada por la soldadura, por lo que podemos suponer que la radiación térmica de la soldadura sigue la ley de Stefan-Boltzmann, mediante la siguiente ecuación.

$$q_r = \varepsilon \sigma \{T_s^4 - T_0^4\} \quad (4)$$

Dónde:

- ε es la emisividad de la soldadura, que es cuando se supone que la soldadura es un cuerpo negro o 1
- σ es la constante de Stefan-Potts, que es $5.6701 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

Suponiendo que en el arco de soldadura todo el calor ingresa al baño de soldadura a través de la soldadura fundida y luego se transmite indirectamente a la estructura, por lo que podemos escribir el flujo de calor transmitido por el arco de soldadura como:

$$q_w = \frac{Q_w}{v} \quad (5)$$

Dónde:

- Q_w es el calor transferido de la soldadura al cuerpo, en W .
- v es el volumen del baño de soldadura, en m^3 .

Además, el calor Q_w de la soldadura es proporcional a la energía del arco de soldadura, y la relación es la siguiente:

$$Q_w = \eta UI \quad (6)$$

Dónde el calor de soldadura Q_w se puede obtener multiplicando la corriente de soldadura I por el voltaje de soldadura U y luego usando la eficiencia del arco η para reflejar el fenómeno de que parte de la energía del arco se

pierde en el aire y no entra por completo al cordón de soldadura.

3. Metodología

3.1. Chapas lineales

En el pasado, la simulación de soldadura con el método de elementos finitos necesita llevar a cabo primero la simulación de transferencia de calor y luego obtener el historial del campo de temperatura y luego usar el historial del campo de temperatura como una carga para llevar a cabo la simulación de mecánica sólida. Este documento utiliza el software de análisis de elementos finitos *ABAQUS* Para confirmar que el método de simulación es correcto, este documento selecciona los datos experimentales en la literatura propuesta por Feng et al. (2021) como una comparación. A continuación, se presenta la configuración experimental de la literatura, la configuración de la simulación de elementos finitos, y se compara con los resultados de desplazamiento y tensión de la simulación de soldadura.

3.1.1. Modelo de elementos finitos y parámetros de material

En la literatura propuesta por Feng en 2021, se usó *GMAW* para soldar la placa plana para explorar la influencia de diferentes entradas de calor de soldadura en la deformación posterior a la soldadura de la placa delgada (Ver **Figura 1**).

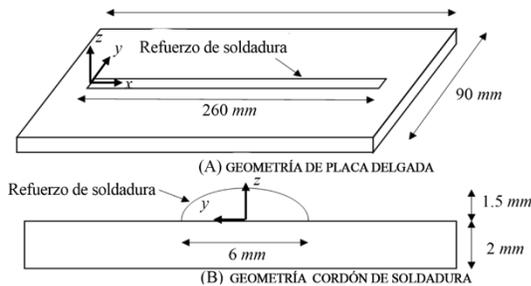


Figura 1: Geometría de la placa delgada y del cordón de soldadura.

La geometría de la placa delgada de referencia para este estudio es de 300mm de largo; 90mm de ancho con un espesor de 2 mm, como se muestra en la **Figura 1** (A), con un cordón de soldadura con una longitud de 260 mm; un ancho de 6 mm; una altura de 1.5 mm está soldado por *GMAW* en el centro de la placa delgada.

La deformación para este tipo de soldadura es severa, por lo que la literatura ha establecido la geometría del cordón de soldadura en la simulación por el método de elementos finitos, pero la literatura no describe la forma del refuerzo de soldadura en detalle, y solo brinda información sobre la altura del refuerzo de soldadura, como se muestra en la **Figura 1** (B).

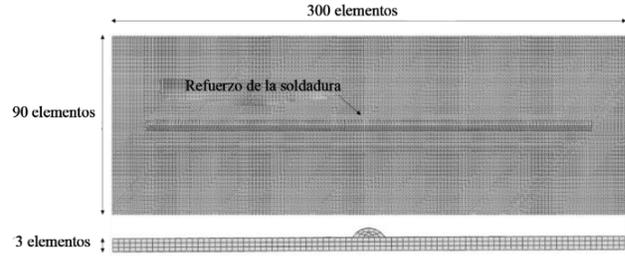


Figura 2: Modelo de malla pieza soldada

El modelo de cuadrícula establecido en el software de análisis de elementos finitos *ABAQUS* en este documento, como se muestra en la **Figura 2**, se divide en 300 unidades en la dirección de la longitud, 90 unidades en la dirección del ancho, 3 unidades en la dirección del espesor y el ancho del cordón de soldadura en 6 unidades; igualmente dividido en 260 unidades en la dirección de la longitud.

El tipo matemático es la unidad especial de acoplamiento de mecánica sólida de transferencia de calor de *ABAQUS*, y para aumentar la precisión del cálculo y, lo que es más importante, para reducir el efecto de bloqueo de corte, se selecciona la unidad de acoplamiento de mecánica sólida de transferencia de calor de segundo orden *C3D20T*.

La deformación es enorme, para evitar subestimar la influencia no lineal causada por los cambios geométricos drásticos, la función de cálculo no lineal geométrico debe activarse durante la simulación. El material de la placa es acero con bajo contenido de carbono *Q235*, y sus parámetros de material se pueden dividir en propiedades térmicas y propiedades sólidas (**Figura 3**).

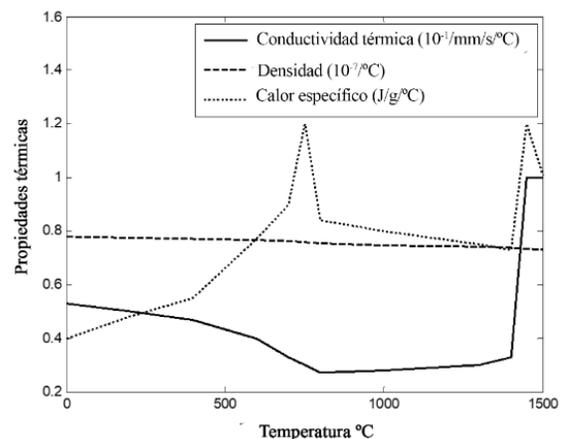


Figura 3: Propiedades térmicas placa de acero *Q235*.

De acuerdo con los parámetros del material proporcionados Wanzhi Steel (2023), las propiedades térmicas y las propiedades mecánicas del acero *Q235* se muestran en la **Figura 3** y la **Figura 4**, según sus valores detallados en la

Tabla 1 y la Tabla 2 se puede apreciar que el material atraviesa la temperatura crítica más baja a aproximadamente 750 °C, y la red de acero cambia a cuerpo centrado en la cara, lo que cambia el comportamiento de la conductividad térmica con los cambios de temperatura, es decir, pasa de disminuir con el aumento de temperatura a no cambiar mucho con el aumento de temperatura.

Tabla 1: Temperatura y propiedades térmicas Q235

Temperatura (°C)	Conductividad Térmica (10 ⁻¹ W/mm× °C)	Densidad (10 ⁻² g/mm ³)	Calor específico (J/g × °C)
0	0.53	0.78	0.4
200	0.5	0.775	0.48
400	0.47	0.77	0.55
600	0.4	0.766	0.77
700	0.33	0.762	0.9
750	0.3	0.757	1.2
800	0.27	0.753	0.84
1000	0.28	0.748	0.8
1300	0.3	0.744	0.75
1400	0.33	0.739	0.73
1450	1	0.735	1.2
1500	1	0.73	1.01

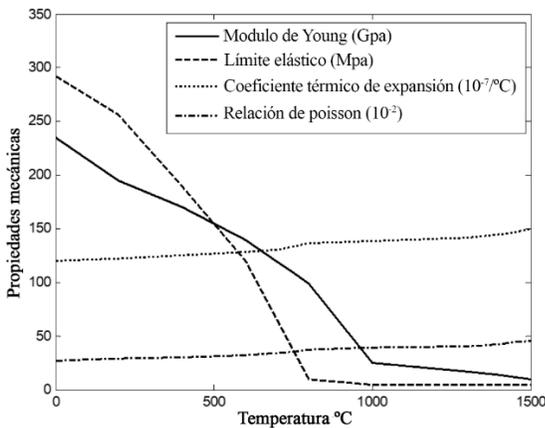


Figura 4: Propiedades mecánicas placa de acero Q235.

Tabla 2: Temperatura y propiedades mecánicas Q235.

Temperatura (°C)	Módulo de Young (Gpa)	Límite elástico (Mpa)	Coefficiente térmico de expansión (10 ⁻⁷ /°C)	Relación de Poisson (10 ⁻²)
0	235	292	120	27
200	195	256	122.727	28.727
400	170	190	125.455	30.455
600	140	120	128.182	32.182
700	119	65	130.909	33.909
750	109	36	133.636	35.636
800	99	10	136.364	37.364
1000	25	5	139.091	39.091
1300	17	5	141.818	40.818
1400	14	5	144.545	42.545
1450	11.5	5	147.273	44.273
1500	10	5	150	46

Además, el límite elástico también cayó a un valor extremadamente bajo, lo que significa que el acero pierde fuerza en este momento.

Con cualquier procesamiento de plasticidad, el material no tiene la capacidad de generar tensión interna; el acero comienza a fundirse a unos 1000°C, y el módulo de Young como propiedad de la fuerza sólida disminuye con el aumento de la temperatura hasta que el material se funde por completo a los 1450 °C. El valor es bajo, y la temperatura de la soldadura general cuando ingresa al cordón de soldadura generalmente supera los 1450°C, lo que significa que el cordón de soldadura no tiene rigidez ni resistencia al comienzo de la formación, y debe esperar hasta que la temperatura del material descienda a 1000 °C antes de que el cordón de soldadura se contraiga.

Se genera tensión en el material y cuando la temperatura desciende a 750 °C, el límite elástico del material aumenta gradualmente y la tensión generada por la contracción del cordón de soldadura se convierte en tensión residual positiva y se almacena alrededor del cordón de soldadura. En materiales más alejados del cordón, se genera tensión de compresión para equilibrar la tensión residual positiva y reducir el esfuerzo del cordón de soldadura.

La conductividad térmica, la densidad, el módulo de Young y el coeficiente de expansión térmica de las propiedades del material son todos isotrópicos, la curva de rendimiento del material es de plasticidad perfecta y el comportamiento de endurecimiento es isotrópico.

En el experimento de soldadura de placa delgada de Feng, el origen de las coordenadas del modelo está al principio del cordón de soldadura y la superficie superior de la placa delgada, y las condiciones de contorno en la placa delgada se muestran en la Figura 5. Punto A de la placa delgada bloquea los grados de libertad de desplazamiento en tres direcciones, el punto B bloquea la dirección y el grado de libertad de desplazamiento direccional z; los puntos C y D bloquean el grado de libertad de desplazamiento en la dirección z.

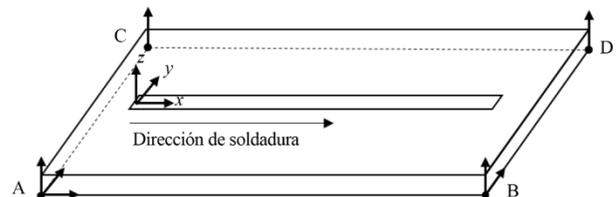


Figura 5: Condiciones de contorno para la soldadura de placas delgadas.

La literatura no proporciona valores exactos para el coeficiente de convección del aire h_c y coeficiente de radiación térmica en la simulación de calefacción ϵ , solo muestra que el experimento se realiza en una habitación con aire a 20°C. Se puede suponer que el coeficiente de convección es 10W/(mm²K); el coeficiente de radiación térmica ϵ es 1.

Los parámetros de soldadura se establecen como se muestra en la **Tabla 3**. La corriente de soldadura es de 160 A, el voltaje de soldadura es de 19,6 V, la eficiencia del arco es de 0,8. Dado que no se considera el fenómeno de rociado del arco causado por un voltaje y una corriente de soldadura excesivos, solo necesitamos conocer el baño de soldadura de entrada.

Tabla 3: Parámetros de soldadura

Amperaje (A)	Voltaje (V)	Eficiencia del arco	Velocidad (mm/s)
160	19.6	0.8	10

El calor total en el baño de soldadura se puede calcular de acuerdo con la ecuación (6), y la entrada de calor total en el baño de soldadura es 2508.8 W; la velocidad de soldadura es de 10 mm/s, la posiciones inicial y final coinciden las posición del cordón de soldadura, la dirección de soldadura es a lo largo x , la fuente de calor de soldadura utilizada para simular la entrada de calor es una fuente elíptica con una distribución uniforme del flujo de calor. Los parámetros del tamaño de la fuente de calor se establecen de acuerdo con la geometría del cordón de soldadura, como se muestra en la **Tabla 4**.

Tabla 4: Tamaño de fuente de calor de soldadura de la chapa de acero

(a)mm	(b) mm	(c) mm
3	4	1.5

El eje menor a lo largo de la dirección y es de 3 mm, el eje largo en la dirección x es de 4 mm, la profundidad es de 1,5 mm. La temperatura inicial del material de la placa delgada se establece en 20°C antes de que comience la soldadura.

A partir de la velocidad de soldadura y la longitud del cordón de soldadura, se puede saber que el calentamiento de la soldadura dura 26 segundos, y para garantizar el enfriamiento completo de la placa delgada, el tiempo de enfriamiento será de al menos 1000 segundos.

3.2. Chapas cilíndricas o tuberías

A través de la verificación de la simulación de soldadura de una chapa de acero del punto anterior, se logró conocer la configuración del método de elementos finitos para simular la soldadura, que incluye:

1. Uso de transferencia de calor-elementos acoplados de fuerza sólida
2. Uso de elementos de segundo orden para evitar el bloqueo por corte
3. Para aumentar la resolución del campo de desplazamiento y el campo de tensión cerca del cordón de soldadura, se aumenta el tamaño de la malla cerca del cordón de soldadura.
4. Para el análisis de acoplamiento de transferencia de calor-fuerza sólida del método de elementos finitos, la relación entre el voltaje de soldadura y la corriente de soldadura y otros parámetros no afectan el resultado de soldadura, solo se requiere la entrada de calor total por soldadura.

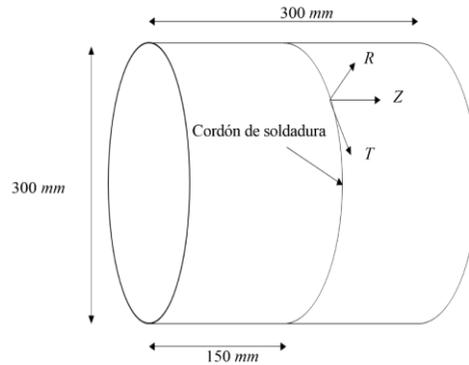


Figura 6: Parámetros geométricos chapa cilíndrica.

Solo es necesario especificar la entrada de calor total para la soldadura. En base a esto, se realiza la simulación de soldadura de una chapa cilíndrica, cuyo modelo geométrico se muestra en la **Figura 6**. Es una estructura cilíndrica de 300 mm de largo, 300 mm de diámetro y 2.5 mm de espesor, y el origen de las coordenadas cilíndricas está en una longitud de 150 mm, se realiza la soldadura circunferencial y el modelo comienza a estudiar el método de simulación del recipiente a presión de soldadura y su estado posterior a ella.

3.2.1. Modelo de elementos finitos y parámetros de material

Se realiza una división de malla en ABAQUS, para aumentar la resolución cerca del cordón de soldadura sin aumentar excesivamente el número de elementos, 6 elementos se dividen por igual en 216 elementos cada 10 grados en la dirección circunferencial, 3 elementos se dividen por igual en la dirección del espesor; la dirección longitudinal se divide en 50 unidades, y la división desigual es la culata más densa y la más escasa en el cordón de soldadura.

Se utiliza la unidad de acoplamiento de fuerza sólida de transferencia de calor C3D20T. También para reducir el efecto de bloqueo de corte, se utiliza la unidad de segundo orden de aproximación, y para evitar subestimar la deformación posterior a la soldadura, el cálculo también

tiene en cuenta la influencia de la no linealidad geométrica, como se muestra en la **Figura 7** el material de la pieza cilíndrica también es acero Q235, y sus propiedades térmicas y sólidas se muestran en la **Tabla 1**.

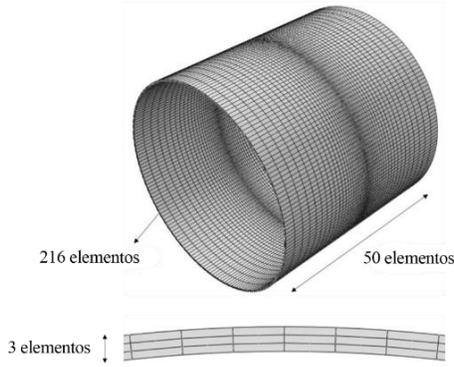


Figura 7: Diagrama de malla de la chapa de acero cilíndrica

En la **Tabla 2**, la conductividad térmica, la densidad, el módulo de Young y el coeficiente de expansión térmica en las propiedades del material son todos isotrópicos, la curva de rendimiento es de rendimiento perfecto y el comportamiento de endurecimiento por deformación es un endurecimiento por deformación isótropo. Las condiciones límite de la soldadura de pieza cilíndrica se muestran en la **Figura 8**. El extremo izquierdo bloquea los grados de libertad de desplazamiento radial y circunferencial, el extremo derecho bloquea los grados de libertad de desplazamiento en tres direcciones y ninguno de los extremos bloquea los grados de libertad de rotación.

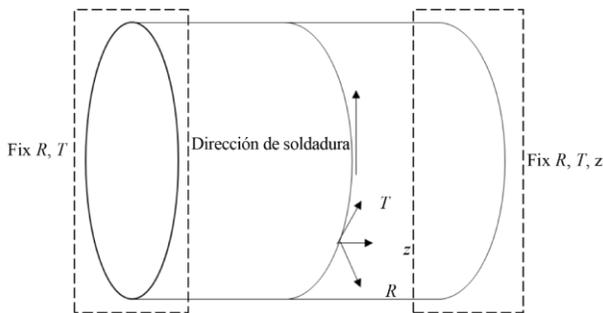


Figura 8: Condiciones límite se soldadura de la chapa de acero cilíndrica.

La soldadura se realiza en sentido antihorario a lo largo del cordón de soldadura, la temperatura ambiente se fija en 20°C, el coeficiente de convección del aire h_c es $10^{-5}W/(mm^2 K)$, el coeficiente de radiación térmica ϵ es 1, los parámetros de soldadura se muestran en la **Tabla 5**, el calor de entrada total es de 2400 W, la velocidad de soldadura es de 3,6 grados/s, la soldadura comienza en la posición donde y es 0

en el primer cuadrante de las coordenadas globales y se detiene la soldadura en la misma posición.

Tabla 5: Parámetros de soldadura chapa cilíndrica.

Calor de entrada (W)	Velocidad (grados/s)
2400	3.6

Se simula con una configuración de una fuente de calor elíptica con una distribución uniforme del flujo de calor. Los parámetros de tamaño se muestran en la **Tabla 6**. La longitud del semieje a lo largo de la dirección radial es de 2,5 mm, la longitud del semieje a lo largo de la dirección del anillo es de 10 mm, el semieje la longitud a lo largo de la dirección del eje z es de 5 mm, luego se puede establecer por la velocidad de soldadura y la longitud de soldadura que el calentamiento de soldadura dura 100 segundos, y para enfriar completamente la pieza cilíndrica, se configura una duración de 1000 segundos.

Tabla 6: Parámetros de la fuente de calor de soldadura de la chapa cilíndrica

(a)mm	(b) mm	(c) mm
2.5	10	5

4. Resultados

4.1. Chapa Lineal

4.1.1. Resultados de la tensión residual en la dirección de soldadura

El experimento en la literatura de Feng et al., (2021), la simulación y la deformación realizada por el software de análisis de elementos finitos **ABAQUS** en este documento se muestran en la **Figura 9** y la **Figura 10**.

La deformación presenta una forma de silla de montar. Como se muestra en la **Error! Reference source not found.**, comparando el desplazamiento vertical en el medio del espesor de la placa delgada, se puede encontrar que en el **ABAQUS** la simulación del método de elementos finitos, la no linealidad geométrica no se considera para los resultados de la simulación de soldadura de placa delgada, y el desplazamiento es mucho menor que el desplazamiento de la placa delgada en el experimento.

Teniendo en cuenta la no linealidad geométrica, el desplazamiento de la simulación de soldadura de placa delgada es ligeramente mayor que el desplazamiento de placa delgada experimental, con un error de aproximadamente 5.485%. La razón es que el modelo de elementos finitos en este documento solo se describe por un sector.



Figura 9: Deformación de placa delgada experimental después de soldar. Feng et al., (2021)

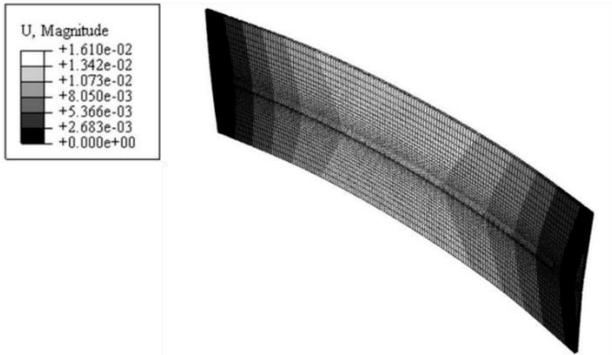


Figura 10: Simulación de deformación de la chapa después de soldar

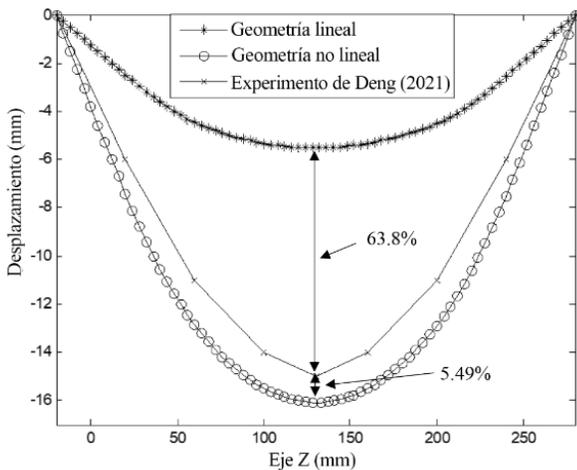


Figura 11: Comparación de deformación de chapa soldada.

La geometría de la sección transversal del cordón de soldadura no puede confirmarse a partir de los experimentos en el literatura, lo que resulta en una gran deformación; y comparando la tensión normal en la dirección paralela al cordón de soldadura en las superficies superior e inferior de la superficie media de la placa delgada, como se muestra en la **Figura 12**, se puede ver que la tensión normal cerca del cordón de soldadura está cerca del límite elástico del material, diferencia que ha aparecido en la mayoría de las

publicaciones de investigación que utilizan la simulación numérica como método.

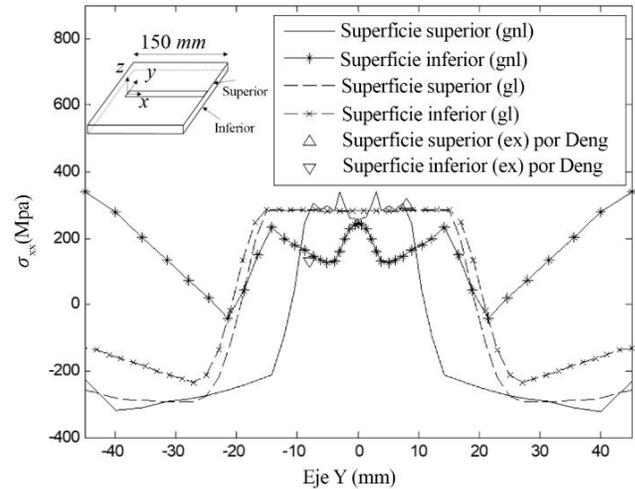


Figura 12: Comparación de la distribución del límite elástico de la chapa con la superficie inferior

La tensión normal en el lugar debe ser ligeramente mayor que el límite elástico original del material. La razón es que la temperatura máxima durante la soldadura es probablemente mucho más alta que la temperatura crítica baja (750°C) del acero. En la investigación del método de simulación numérica, cuando el cordón de soldadura se contrae violentamente, el límite elástico del material en el cordón de soldadura es mucho más bajo que en otros lugares, por lo que la tensión plástica causada por la contracción del cordón de soldadura se acumula en el mismo.

El límite elástico en el cordón de soldadura es gradualmente consistente con otros lugares, y la tensión en el cordón de soldadura se acerca gradualmente al límite elástico durante este proceso. En la investigación basada en experimentos, además del aumento de tensión causado por la contracción del cordón de soldadura, la alta temperatura también causará que el límite elástico del acero aumente aún más, lo que hace que la tensión en el cordón de soldadura sea ligeramente mayor que la tensión de fluencia inicial del material; además, se puede ver en la **Figura 12** que la distribución de tensión en las superficies superior e inferior también es consistente con la del simulación numérica realizada sin considerar la no linealidad geométrica.

El experimento es diferente. Por otro lado, la simulación numérica considerando la no linealidad geométrica muestra que la distribución de tensión en las superficies superior e inferior puede reflejar con mayor precisión la tensión residual de soldadura en el experimento.

4.1.2. Resultados de la tensión residual en otras direcciones

Entre las tensiones residuales causadas por la soldadura, además de la tensión residual obvia en la dirección paralela al cordón de soldadura, las posiciones de la tensión residual en otras direcciones que se desvían del plano neutral también deben verificarse una por una.

La **Figura 13** muestra la distribución de la tensión residual en cada dirección en la superficie media de la chapa de acero, la tensión residual σ_{xx} en la dirección paralela al cordón de soldadura y la tensión residual σ_{yy} en la dirección perpendicular al cordón de soldadura pueden conocerse a partir del diagrama de distribución solo. La tensión residual posterior a la soldadura tiene un mayor impacto en la resistencia estructural.

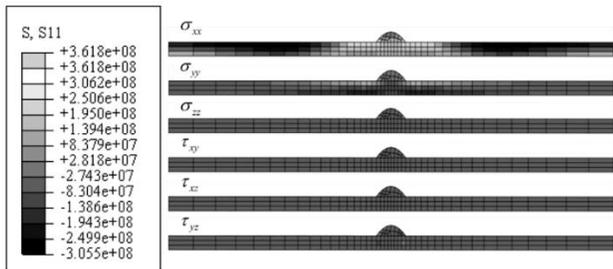


Figura 13: Diagrama de distribución de tensiones residuales en la superficie media de la chapa soldada

Luego de inspeccionar individualmente cada tensión residual en las superficie superior, media e inferior. La **Figura 14** muestra la distribución de tensión en la superficie superior. Se puede encontrar que además de la tensión residual σ_{xx} en la dirección paralela al cordón de soldadura, la tensión residual σ_{yy} en la dirección perpendicular al cordón de soldadura también se ve significativamente afectada.

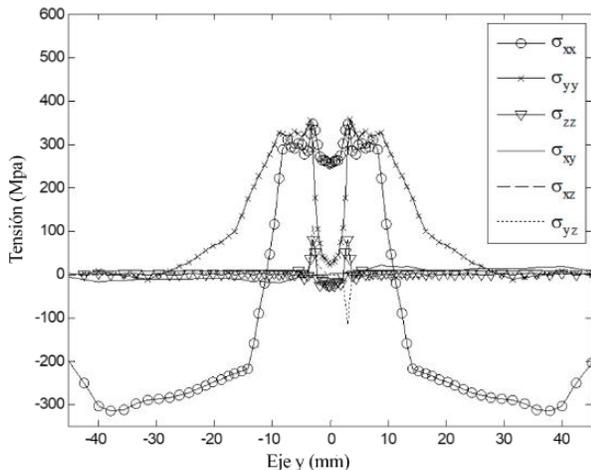


Figura 14: Distribución de tensión residual en la superficie superior de la chapa de acero.

Además, también se puede encontrar que la distribución de la tensión residual disminuye en la soldadura y la **Figura 15** permite establecer que la tensión residual σ_{xx} y σ_{yy} en la dirección paralela y perpendicular al cordón de soldadura también tiene una influencia obvia como para la distribución de tensiones en el plano medio, como se muestra en la **Figura 16**, solo la tensión residual σ_{xx} en la dirección paralela al cordón de soldadura tiene una mayor influencia. Es por ello que los investigadores la ignoran y en esta investigación es posible omitir algunas tensiones residuales en el análisis de la resistencia al pandeo.

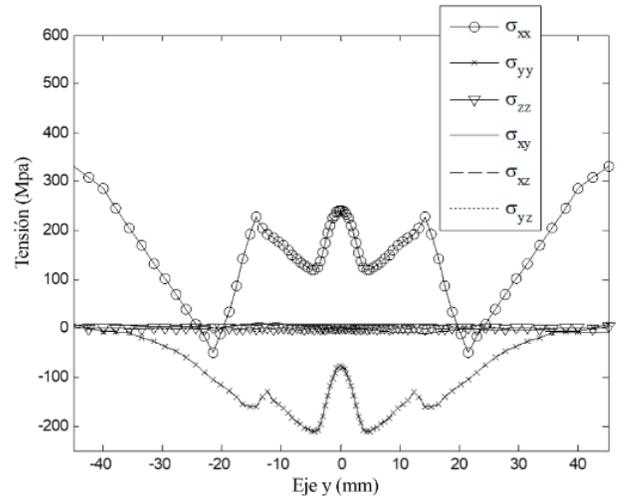


Figura 15: Distribución de tensión residual en la superficie inferior de la chapa de acero

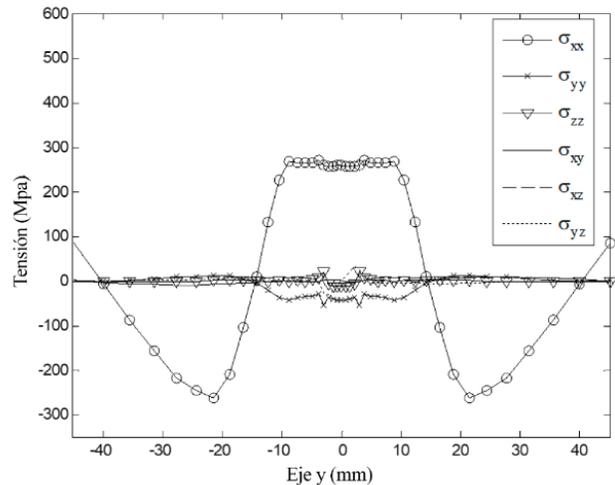


Figura 16: Distribución de tensiones residuales en la superficie media de una chapa de acero

4.2. Chapa cilíndrica o tubería

4.2.1. Resultados de la simulación después de la soldadura

Con base en los resultados de soldadura de la chapa cilíndrica simulada por el software de análisis de elementos finitos ABAQUS, es posible observar la distribución del desplazamiento radial de la coraza cilíndrica en la dirección del eje z , como se muestra en la **Figura 17**.

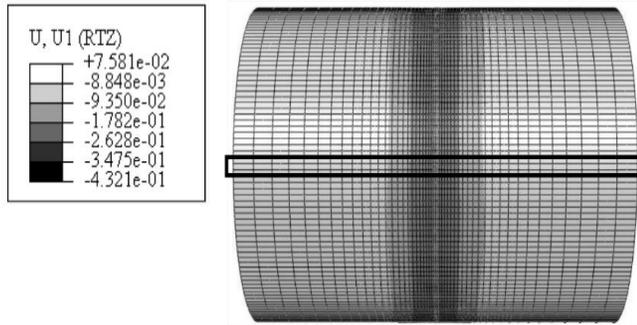


Figura 17: Distribución de la tensión radial de la chapa cilíndrica.

Con el resultado de la **Figura 18** es posible establecer que la soldadura tiene cierta influencia en el ancho del rango de la chapa cilíndrica. También se puede encontrar que la deformación causada por la soldadura tiende de 0 a unos 100mm de distancia del cordón de soldadura, y su distribución de esfuerzos se muestra en la **Figura 19**, la cual es la misma que la de la soldadura de chapa lineal.

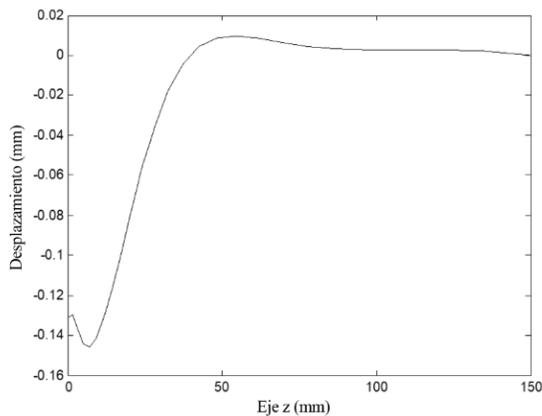


Figura 18: Desplazamiento en la mitad del espesor de la chapa cilíndrica

Se puede establecer que los principales tipos de esfuerzos que pueden afectar la resistencia post-soldadura son los esfuerzos residuales en la dirección paralela al cordón de soldadura y la tensión residual en la dirección perpendicular al cordón de soldadura. En este ejemplo serían la tensión circunferencial $\sigma_{\theta\theta}$ y la tensión σ_{zz} en la dirección Z .

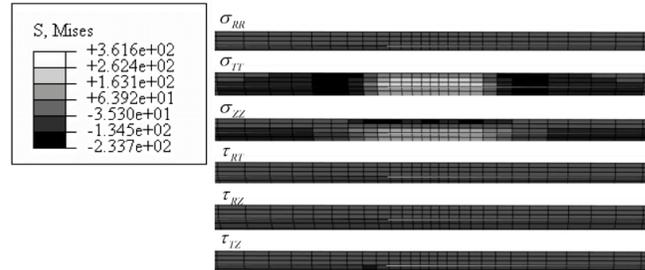


Figura 19: Distribución de tensión residual de la chapa cilíndrica

La variación de la tensión residual no es una distribución lineal simple, lo que significa que, si se utiliza el elemento chapa lineal para simplificar tensiones ocasiones, puede ser porque la placa solo puede asumir que la tensión en la dirección del espesor es una distribución lineal, y se obtienen resultados de simulación erróneos.

5. Conclusiones

En este estudio, se logró simular la soldadura con el método de elementos finitos en el pasado, la simulación de soldadura se dividió en dos partes: simulación de transferencia de calor y simulación de mecánica de sólidos, y se cambió a simulación de acoplamiento de transferencia de calor-mecánica de sólidos

La geometría del modelo experimental se utiliza para simular el experimento de soldadura mediante FEM y se comparan los resultados, y se resumen las configuraciones del modelo del software del método de elementos finitos ABAQUS para simular la soldadura con acoplamiento de transferencia de calor-mecánica sólida. Dado que la ecuación gobernante es una ecuación de acoplamiento de transferencia de calor y mecánica de sólidos, las condiciones de contorno incluyen condiciones de contorno de desplazamiento y condiciones de contorno de disipación de calor.

La tensión residual después de la soldadura es principalmente la tensión residual en la dirección del cordón de soldadura paralelo y la tensión residual en la dirección perpendicular al cordón de soldadura, y los valores de tensión residual en otras direcciones son menores. Existe un límite en el rango de influencia de la soldadura sobre la deformación posterior a la soldadura y la tensión residual de la carcasa cilíndrica. Más allá de esta distancia, tanto la deformación posterior a la soldadura como la tensión residual se aproximan a cero. Esto permite a la ingeniería analizar la soldadura de estructuras grandes. Superposición lineal para simplificar los cálculos.

Se logró comparar los cálculos de resistencia al pandeo basados en la mecánica elástica y la teoría de placas para analizar las diferencias en el pandeo de la estructura de la placa, y se simuló la soldadura de dos maneras: considerando

la deformación de la soldadura y considerando la deformación de la soldadura más la tensión residual. La resistencia al pandeo obtenida al analizar la teoría de la placa es a menudo mayor que la obtenida mediante el análisis de la mecánica elástica, pero en geometría simple las dos son diferentes.

Referencias

- Ahola, A., Lipiäinen, K., Lindroos, J., Koskimäki, M., Laukia, K., & Björk, T. (2023). On the Fatigue Strength of Welded High-Strength Steel Joints in the As-Welded, Post-Weld-Treated and Repaired Conditions in a Typical Ship Structural Detail. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(3), 644. <https://doi.org/10.3390/jmse11030644>
- Amirafshari, A., Barltrop, N., Wright, M., & Kolios, A. (2021). Frequency of welding defects, size statistics and probabilistic models for marine structures. *International Journal of Fatigue*, 145, 106069. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2020.106069>
- Feng, G., Wang, Y., Luo, W., Hu, L., & Deng, D. (2021). Comparison of welding residual stress and deformation induced by local vacuum electron beam welding and metal active gas arc welding in a stainless-steel thick plate joint. *Journal of Materials Research and Technology*, 13(6), 1967–1979. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.05.105>
- Lee, JH., Kim, JS., Kang, SU. et al. Fatigue life analysis of steel tube member with T-shaped welded joint by FEM. *International Journal Steel Structure*. 17, 833–841 (2017). <https://doi.org/10.1007/s13296-017-6035-3>
- Shen, W., Qiu, Y., Xiaobin, L., Xinyu, H., Berto, F., & Hu, D. (2021). Stress magnification effect of initial deformation on the notch stress in high-strength steel weldments. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 191, 104457. <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2021.104457>
- Sun, Z., Yuan, K., Chang, Z., Bi, S., Zhang, X., & Tang, D. (2020). Ultra-low thermal conductivity and high thermoelectric performance of two dimensional triphosphides (InP₃, GaP₃, SbP₃ and SnP₃): A comprehensive first principles study. *Nanoscale*, 12(5), 3330–3342. <https://doi.org/10.1039/C9NR08679J>
- Wanzhi Steel, «Acero Q235,» 2023. [En línea]. Available: <https://wzppgi.com/es/q235-steel/>
- Zhou, H., Yi, B., Shen, C., Wang, J., Liu, J., & Wu, T. (2022). Mitigation of welding-induced buckling with transient thermal tension. *Marine Structures*, 81, 103104.

Contribución de los autores (CRediT)

Salgado-Cedeño, E.: Conceptualización, Diseño de la investigación, Revisión bibliográfica, Análisis e interpretación de los datos, Redacción – borrador original del artículo, Preparación y edición del manuscrito. **Paredes-Mera, F.:** Revisión crítica del contenido, Diseño metodológico-Corrección de estilo, Supervisión académica, Revisión – edición del artículo.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0

Artículo de investigación

Análisis del contexto para la mejora del Proceso de Vinculación con la Sociedad en la Carrera de Arquitectura de la Universidad Técnica de Manabí

Olga Briones-Ordoñez^[1]  Ciaddy Rodríguez-Borges^[2] 

[1] 1Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Técnica de Manabí (UTM). Portoviejo, Ecuador.

[2] Departamento de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Técnica de Manabí (UTM). Portoviejo, Ecuador.



Autor para correspondencia: olga.briones@utm.edu.ec

Resumen

La vinculación universitaria es un componente clave en el rol social de las Instituciones de Educación Superior (IES), ya que les permite interactuar activamente con la comunidad, aportando soluciones a problemas locales y generando un impacto positivo en el entorno. En este contexto, la vinculación no solo favorece el desarrollo social, sino también el fortalecimiento interno de las universidades. El objetivo principal de esta investigación es analizar el contexto actual del proceso de vinculación con la sociedad en la carrera de Arquitectura de la Universidad Técnica de Manabí (UTM), considerando las normativas existentes, las percepciones de estudiantes y docentes, y las prácticas institucionales, con el fin de proponer estrategias que fortalezcan la pertinencia, la calidad y el impacto de las actividades de vinculación. La metodología empleada fue cuantitativa, descriptiva y propositiva, con un diseño no experimental. Se utilizaron encuestas estructuradas dirigidas a estudiantes y docentes, complementadas con un análisis documental de la normativa institucional. Los resultados revelaron un conocimiento general sobre los procesos de vinculación, aunque con áreas de mejora en cuanto a la participación activa y la gestión institucional. Las sugerencias incluyen la necesidad de una mayor coordinación entre los actores involucrados y una evaluación continua de las actividades.

Palabras Clave: *participación estudiantil; impacto social; proyectos académicos; responsabilidad universitaria; percepción institucional.*

Analysis of the Context for Improving the Community Engagement Process in the Architecture Program at the Technical University of Manabí

Abstract

University-community engagement is a key component of the social role of Higher Education Institutions (HEIs), as it allows them to actively interact with the community, providing solutions to local problems and generating a positive impact on the environment. In this context, engagement not only promotes social development but also strengthens the internal structure of universities. The main objective of this research is to analyze the current context of the process of university-community engagement in the Architecture program at Technical University of Manabí (UTM), considering existing regulations, the perceptions of students and faculty, and institutional practices, in order to propose strategies that enhance the relevance, quality, and impact of engagement activities. The methodology employed was quantitative, descriptive, and propositional, with a non-experimental design. Structured surveys were used, targeting students and faculty, complemented by a documentary analysis of institutional regulations. The results revealed a general understanding of engagement processes, although there are areas for improvement in terms of active participation and institutional management. Suggestions include the need for greater coordination among the involved stakeholders and continuous evaluation of activities.

Keywords: *student participation; social impact; academic projects; university responsibility; institutional perception.*

1. Introducción

En las últimas décadas, la vinculación entre las instituciones de educación superior y la sociedad ha adquirido una relevancia creciente, consolidándose como un componente esencial en la misión universitaria (Campos & Sánchez, 2005; Méndez-Bravo, 2021). Desde una perspectiva histórica, la vinculación ha sido entendida como una función esencial de las Instituciones de Educación Superior (IES), orientada a responder de manera efectiva a las demandas sociales. La UNESCO (1998) ya planteaba que esta función refleja la capacidad de las universidades para ofrecer soluciones viables y concretas a las necesidades de la sociedad. En una visión más estructural, Quiroga & Albuérne (2023) describe la vinculación como un proceso integral y dinámico que articula las funciones sustantivas de la docencia, la investigación, la extensión cultural y los servicios universitarios en un entorno determinado, promoviendo así la participación activa de diversos actores sociales en su implementación.

Autores como Zambrano-Loor et al. (2021) y Cruz & Lanza (2024) coinciden en señalar que la relación entre la universidad, los sectores productivos y la sociedad ha evolucionado hacia una forma de colaboración recíproca, construida intencionalmente y no como resultado del azar. Por su parte, Campos & Sánchez (2005) destacan que la vinculación ofrece a las universidades la posibilidad de redefinir y proyectar sus objetivos institucionales a futuro, adaptándose a los cambios del entorno. Asimismo, Polaino & Romillo (2017) enfatizan que esta función universitaria integra la formación académica y la investigación como medios para dar respuesta a las problemáticas comunitarias, consolidando así el papel social de la universidad. Este proceso, conocido como vinculación con la sociedad, implica la colaboración activa entre universidades y comunidades para abordar desafíos sociales, culturales y económicos, promoviendo el desarrollo sostenible y la equidad social.

A nivel internacional, diversas instituciones han implementado programas innovadores que integran la arquitectura y el diseño con la participación comunitaria. Por ejemplo, el programa Rural Studio de la Universidad de Auburn en Estados Unidos permite a estudiantes de arquitectura diseñar y construir viviendas asequibles en comunidades rurales, fomentando la responsabilidad social y el aprendizaje práctico (Gonçalves et al., 2024). Además, el *Skip Garden en King's Cross, Londres*, desarrollado por estudiantes de la *Bartlett School of Architecture*, combina arquitectura sostenible y agricultura urbana para revitalizar espacios públicos y fortalecer la cohesión comunitaria (Vásquez, 2024).

Un caso emblemático en América Latina es el proyecto *Children Village*, desarrollado en la región de Formoso do

Araguaia, Brasil, por los arquitectos Aleph Zero y Rosenbaum. Este complejo escolar, diseñado en colaboración con estudiantes, profesores y la comunidad local, ganó el *RIBA International Prize* en 2018 gracias a su enfoque participativo, uso de materiales locales y respuesta climática adaptativa. Este tipo de experiencias demuestra cómo la arquitectura puede actuar como un catalizador de cambio social y educativo, y cómo los procesos colaborativos fortalecen el impacto de la obra construida (Royal Institute of British Architects -RIBA-, 2018).

En América Latina, la vinculación universitaria ha sido impulsada por políticas públicas que reconocen la importancia de la educación superior en el desarrollo regional (Méndez-Bravo, 2021). Sin embargo, persisten desafíos relacionados con la institucionalización de estos procesos, la evaluación de su impacto y la articulación efectiva entre la academia y las comunidades. En Ecuador, la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) establece la vinculación con la sociedad como una función sustantiva de las universidades, orientada a la transformación social y la generación de conocimiento pertinente (Asamblea Nacional del Ecuador, 2010). No obstante, estudios han señalado la necesidad de fortalecer los mecanismos de planificación, ejecución y evaluación de los proyectos de vinculación para garantizar su eficacia y sostenibilidad (Rodríguez et al., 2022).

En el contexto de la Universidad Técnica de Manabí (UTM), la carrera de Arquitectura ha desarrollado diversas iniciativas de vinculación con la sociedad, enfocadas en la mejora del hábitat, la planificación urbana participativa y la conservación del patrimonio cultural. Sin embargo, es fundamental analizar el marco normativo vigente, las percepciones de los actores involucrados y las prácticas institucionales para identificar oportunidades de mejora y consolidar una cultura de vinculación efectiva y transformadora.

El objetivo principal de esta investigación es analizar el contexto actual del proceso de vinculación con la sociedad en la carrera de Arquitectura de la UTM, considerando las normativas existentes, las percepciones de estudiantes y docentes, y las prácticas institucionales, con el fin de proponer estrategias que fortalezcan la pertinencia, la calidad y el impacto de las actividades de vinculación.

Este estudio busca contribuir al fortalecimiento de la vinculación universitaria como un eje estratégico para el desarrollo local y regional, promoviendo una formación académica comprometida con la realidad social y una arquitectura orientada al servicio de las comunidades. Al generar propuestas basadas en un análisis contextual y participativo, se espera aportar a la construcción de una universidad más inclusiva, pertinente y transformadora.

2. Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y propositivo, con el objetivo de analizar el contexto actual del proceso de vinculación con la sociedad en la Carrera de Arquitectura de la UTM, y proponer estrategias de mejora con base en evidencia empírica. El diseño adoptado fue no experimental y de corte transversal, ya que los datos fueron recolectados en un único momento sin manipular variables. La recolección de la información se llevó a cabo mediante la aplicación de encuestas estructuradas de *Google* dirigidas a dos grupos clave: estudiantes de niveles intermedios y superiores (del cuarto al noveno semestre), y docentes vinculados a proyectos de vinculación ejecutados entre 2022 y 2024. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, conformado por aquellos participantes disponibles y dispuestos a colaborar en el estudio.

Los instrumentos de recolección consistieron en dos cuestionarios diferenciados (uno para estudiantes y otro para docentes), compuestos por preguntas cerradas tipo Likert con cinco niveles de respuesta, y una pregunta abierta orientada a recoger aportes cualitativos. La confiabilidad del instrumento fue evaluada mediante el coeficiente alfa de Cronbach. El análisis estadístico fue realizado con el software *RStudio*, empleando funciones base del lenguaje R y librerías especializadas como *stats*, *ggplot2* y *dplyr*. Se aplicaron técnicas de estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes, medias y desviaciones estándar), y adicionalmente, se incorporaron procedimientos de estadística inferencial para validar las comparaciones entre grupos:

1. La prueba de Mann-Whitney U (función *wilcox.test*) fue utilizada para comparar la distribución de respuestas ordinales entre estudiantes y docentes en las preguntas comunes, dado que los datos no seguían una distribución normal y las escalas eran de tipo ordinal.
2. Asimismo, se aplicó la prueba de Chi-cuadrado de independencia (función *chisq.test*) para examinar si existían diferencias estadísticamente significativas en las distribuciones de frecuencia de respuestas categóricas entre ambos grupos.

Ambas pruebas fueron utilizadas únicamente en aquellos ítems que fueron formulados de manera equivalente para estudiantes y docentes, lo que permitió garantizar la comparabilidad de los resultados.

El contenido del cuestionario se organizó en cinco ejes temáticos:

- a) Nivel de conocimiento sobre el proceso de vinculación y los proyectos desarrollados.

- b) Percepción sobre la pertinencia social y académica de las actividades de vinculación.
- c) Nivel de participación activa en los proyectos y barreras identificadas.
- d) Evaluación de la gestión institucional de la vinculación.
- e) Propuestas de mejora desde la perspectiva estudiantil y docente.

Adicionalmente, se realizó un análisis documental de la normativa institucional vigente sobre vinculación con la sociedad en la UTM, incluyendo el Reglamento de Régimen Académico, el Modelo de Gestión de la Vinculación, el Plan Estratégico de Desarrollo Institucional (PEDI) y los informes anuales de la Dirección de Vinculación. Este análisis permitió contextualizar los hallazgos empíricos dentro del marco legal y operativo que rige las acciones de vinculación, identificando posibles brechas entre lo normado y lo ejecutado. El estudio se desarrolló conforme a los principios éticos de la investigación científica, garantizando el anonimato, la confidencialidad de la información y el consentimiento informado de todos los participantes.

3. Resultados

La vinculación universitaria como motor de transformación social

La relación entre la universidad y su entorno debe fundamentarse en el compromiso activo de las IES con los desafíos sociales, económicos y culturales de la comunidad. En este sentido, la vinculación no solo representa un mecanismo para responder a las necesidades colectivas, sino que también actúa como un catalizador para el fortalecimiento interno de las universidades. Como lo sugieren Marín-Figuera & Manjarrés-Zambrano (2022), este proceso permite reformular los objetivos institucionales y ajustar sus proyecciones estratégicas en función de las realidades locales.

Desde esta perspectiva, Cedeño et al. (2018) destacan que las IES enfrentan hoy el reto de consolidar programas de responsabilidad social universitaria, lo cual demanda una vinculación sólida que genere impactos tangibles en el desarrollo socioeconómico. No obstante, varios autores han advertido sobre las limitaciones estructurales de este proceso en América Latina, tal es caso de Jarvio (2021), que consideran que el debilitamiento de la vinculación en la región refleja una problemática persistente que obstaculiza la consolidación de alianzas sostenibles con la sociedad.

De forma complementaria, Jarvio (2021) subrayan que, a pesar del reconocimiento creciente de la importancia de la vinculación, su implementación efectiva aún es incipiente, situación que afecta negativamente la valoración social de las universidades y la identificación de oportunidades colaborativas. Este panorama refuerza la necesidad de rediseñar y potenciar los programas de vinculación con un

énfasis especial en el rol de los docentes investigadores, quienes lideran las acciones orientadas a la transformación del entorno.

Altbach (2013) enfatiza que, en los países en vías de desarrollo, las universidades que realizan investigación deben prestar atención prioritaria al fortalecimiento intelectual de sus académicos, dado que son estos actores quienes impulsan la producción de conocimiento a través de los proyectos de vinculación. En línea con esta idea, investigaciones como las de De Aparicio et al. (2017) y González (2018), coinciden en que una gestión efectiva de la vinculación se sustenta en tres pilares esenciales: la investigación, la docencia y la articulación directa con la comunidad.

Este enfoque encuentra respaldo en estudios como los de Caicedo et al. (2023) y Castro-Martínez et al. (2016), quienes sostienen que las actividades investigativas universitarias deben orientarse hacia la solución de problemáticas sociales concretas, reafirmando el papel activo de las IES como agentes de cambio. Así también, Vásquez-Eraza et al. (2019), señalan que las funciones sustantivas de las universidades deben contribuir al bienestar colectivo, ya que su sostenibilidad institucional depende en gran medida del valor que logren aportar a su entorno inmediato.

En este marco, los estudiantes emergen como actores clave dentro del proceso de vinculación, al constituirse como agentes que aplican sus conocimientos en escenarios reales, aportando al desarrollo social mientras fortalecen sus competencias personales y profesionales. Zambrano-Loor et al. (2018), afirman que estos proyectos promueven la formación de valores y permiten a los estudiantes conectar con su entorno, afianzando su identidad profesional. Por su parte, González (2018), resalta que este tipo de experiencias favorece tanto el crecimiento individual como el impacto colectivo en las comunidades intervenidas.

En última instancia, la universidad tiene la responsabilidad de involucrarse de manera activa en la construcción de una sociedad más equitativa y solidaria. Como plantea Malagón (2006), el propósito de la formación universitaria debe trascender lo técnico y apuntar hacia una educación integral capaz de generar transformaciones sociales significativas.

Consistencia interna del instrumento aplicado

Con el objetivo de garantizar la confiabilidad de los cuestionarios utilizados en la presente investigación, se procedió a calcular el coeficiente alfa de Cronbach para ambos instrumentos, dirigidos a docentes y estudiantes, respectivamente. Los cuestionarios estuvieron compuestos por preguntas de tipo Likert con cinco niveles de respuesta, desde “Totalmente en desacuerdo” hasta “Totalmente de acuerdo”.

El proceso de cálculo se desarrolló mediante el empleo de la herramienta *RStudio*, iniciando con la organización de las respuestas en matrices de datos, donde cada fila representaba un encuestado y cada columna correspondía a un ítem del cuestionario. Posteriormente, se realizó una verificación de los datos faltantes, encontrándose mínimos casos de omisión, que fueron manejados mediante eliminación *listwise* para no afectar la consistencia del análisis. Finalmente, se utilizó el paquete *psych* de *RStudio* para ejecutar el análisis de confiabilidad y obtener el valor de α , evaluando la consistencia interna de los instrumentos.

Para el coeficiente alfa de Cronbach, en términos de interpretación, un valor de α superior a 0,70 se considera aceptable para investigaciones en ciencias sociales, mientras que valores por encima de 0,80 y 0,90 indican niveles de confiabilidad buenos y excelentes, respectivamente.

El siguiente script fue empleado en *RStudio* para ejecutar el análisis:

```
Inicio
# Cargar el paquete psych
library(psych)
# Importar el conjunto de datos
docentes <- read.csv("datos_docentes.csv", header = TRUE)
estudiantes <- read.csv("datos_estudiantes.csv", header = TRUE)
# Calcular el alfa de Cronbach para docentes
alpha(docentes)
# Calcular el alfa de Cronbach para estudiantes
alpha(estudiantes)
Fin
```

Los resultados obtenidos mostraron un coeficiente alfa de 0.91 para el cuestionario de docentes y un coeficiente de 0.89 para el cuestionario de estudiantes, reflejando en ambos casos una alta consistencia interna de los ítems evaluados. Complementariamente, se realizó un análisis descriptivo de las respuestas, con el propósito de caracterizar el comportamiento general de las percepciones recolectadas. Para ello se calcularon frecuencias, porcentajes, medias, y desviaciones estándar.

En relación a los resultados descriptivos, en el grupo de docentes se observaron valores medios que oscilaron entre 4.20 y 4.75, evidenciando una percepción muy positiva hacia los aspectos evaluados. La dispersión fue baja, con desviaciones estándar entre 0.30 y 0.65, lo que indica un nivel de acuerdo relativamente homogéneo. En cuanto a los estudiantes, las medias estuvieron comprendidas entre 3.90 y 4.50, mostrando también una valoración positiva, aunque con mayor dispersión, reflejada en desviaciones estándar que se situaron entre 0.50 y 0.80.

Estos resultados demuestran la consistencia de los instrumentos y aportan un primer acercamiento a la percepción general de los participantes respecto a las dimensiones analizadas.

Conocimiento y comprensión del proceso de vinculación

Los resultados obtenidos reflejan un nivel de conocimiento mayoritariamente positivo tanto en docentes como en estudiantes respecto al proceso de vinculación con la sociedad en la carrera de Arquitectura. En el caso de los docentes, las respuestas a las preguntas relacionadas con el conocimiento del proceso presentaron medias entre 4.50 y 4.75, evidenciando que la mayoría de los profesores están plenamente informados sobre los objetivos, lineamientos y metodologías de los proyectos de vinculación (**Figura 1**). La dispersión de las respuestas fue baja, con desviaciones estándar menores a 0.50, lo que indica una percepción bastante homogénea dentro del grupo.

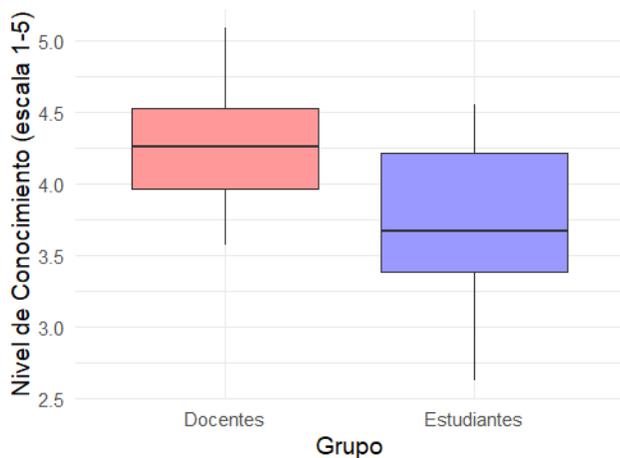


Figura 1: Nivel de conocimiento sobre el proceso de vinculación.

En cuanto a los estudiantes, las medias correspondientes a las preguntas de conocimiento oscilaron entre 4.00 y 4.30, valores que también reflejan un nivel de conocimiento alto, aunque ligeramente inferior al de los docentes (**Figura 1**). La desviación estándar, en este caso, fue algo mayor, situándose en torno a 0.60, sugiriendo una mayor heterogeneidad en las respuestas, posiblemente debido a diferencias en el grado de participación o en la cantidad de proyectos en los que han intervenido.

Adicionalmente, con el fin de contrastar estadísticamente las percepciones entre docentes y estudiantes en relación con el conocimiento y la comprensión del proceso de vinculación, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U, dado que los datos provienen de una escala ordinal tipo Likert y no se asumió normalidad en su distribución. Se seleccionaron para este análisis únicamente las preguntas directamente relacionadas con el conocimiento y comprensión del proceso de vinculación:

P1 (Conozco el proceso de vinculación con la sociedad en la universidad/carrera),

P2 (He recibido información clara y suficiente sobre los proyectos ejecutados) y

P5 (Comprendo cómo se articula la vinculación con la formación académica).

Los resultados obtenidos indican que no existen diferencias estadísticamente significativas en las respuestas entre docentes y estudiantes en estas tres preguntas, con valores p superiores a 0.05:

P1: $p = 0.528$

P2: $p = 0.287$

P5: $p = 0.206$

Estos valores corroboran que, si bien los promedios presentados previamente reflejan una percepción ligeramente más alta en los docentes, las diferencias no son estadísticamente significativas, por lo que se puede inferir que ambos grupos comparten una base de conocimiento similar respecto al proceso de vinculación.

Esta conclusión se refuerza visualmente con los gráficos tipo *boxplot* (**Figura 2**), los cuales, en general, muestran distribuciones con medianas cercanas entre grupos y sin diferencias estadísticamente significativas en los rangos intercuartílicos. Sin embargo, en la Pregunta 1 se aprecia una diferencia moderada en la mediana entre docentes y estudiantes, lo que podría interpretarse como una ligera variación en el nivel de conocimiento declarado, aunque esta diferencia no fue significativa desde el punto de vista estadístico ($p = 0.528$). Este hallazgo sugiere que, aunque las percepciones son mayoritariamente homogéneas, existen matices en la comprensión del proceso de vinculación que podrían explorarse en futuros estudios cualitativos.

Pertinencia social y académica de los proyectos

A través de las encuestas realizadas, se puede observar una amplia variedad de percepciones que ofrecen información relevante para comprender el impacto y las áreas de mejora en la vinculación social y académica.

Alineación con las Necesidades del Entorno

Un aspecto fundamental que surge de los resultados obtenidos es que, aunque una proporción significativa de los docentes y estudiantes percibe que los proyectos de vinculación están alineados con las necesidades sociales, también se evidencia que hay espacio para mejorar esta correspondencia. Si bien el 50% de los docentes opina que los proyectos se ajustan adecuadamente a las necesidades del entorno, un 37,5% considera que no se logra una alineación óptima (**Figura 3**). Esta disparidad sugiere que, aunque los proyectos puedan estar respondiendo a ciertos problemas sociales, no siempre se logra una identificación clara con las realidades del contexto local.

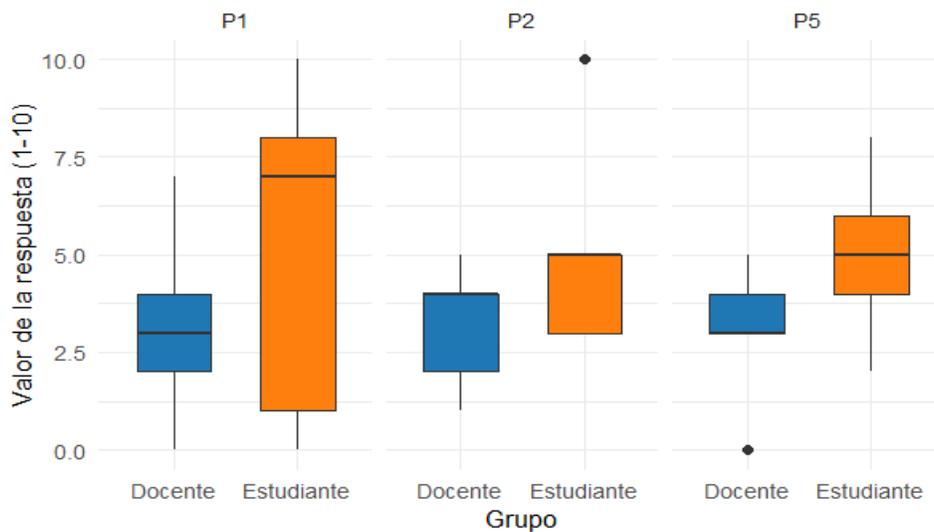


Figura 2: Distribución de respuestas por grupo sobre el proceso de vinculación.

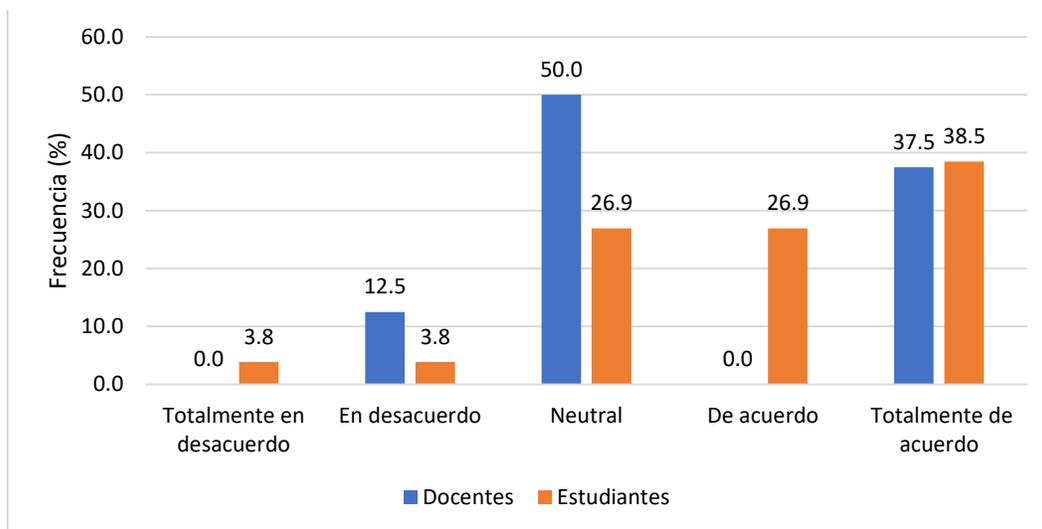


Figura 3: Alineación de los proyectos de vinculación con las necesidades del entorno.

Este hallazgo está en línea con lo observado en investigaciones previas, como las de Zamora-Sánchez et al. (2022), que indican que en muchas universidades latinoamericanas los proyectos de vinculación no siempre están suficientemente conectados con las problemáticas locales. Esto sugiere la necesidad de mejorar la interacción entre los estudiantes y las comunidades, a través de un diseño más participativo en la formulación de los proyectos.

Por otro lado, los estudiantes tienen una percepción más positiva en cuanto a la alineación de los proyectos con las necesidades de la comunidad. Un 65,38% de los estudiantes opina que los proyectos responden a demandas reales, aunque un 26,92% sigue teniendo dudas sobre este aspecto

(Figura 3). Esta brecha entre docentes y estudiantes puede ser indicativa de una desconexión parcial entre las actividades de vinculación y la percepción de su impacto social, lo que también subraya la importancia de fortalecer el enfoque hacia necesidades locales específicas en futuras iniciativas.

Con el objetivo de analizar si las diferencias observadas entre docentes y estudiantes en cuanto a la percepción sobre la alineación de los proyectos de vinculación con las necesidades del entorno son estadísticamente significativas, se aplicó una prueba de Chi-cuadrado de independendencia. Esta prueba permite contrastar la independendencia entre dos variables categóricas, en este caso, el tipo de informante

(docente o estudiante) y el nivel de acuerdo con la afirmación evaluada.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

$X\text{-squared} = 4.2683$, $df = 4$, $p\text{-value} = 0.3709$.

Dado que el valor de p es superior al umbral comúnmente aceptado de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las distribuciones de respuestas de estudiantes y docentes respecto a este ítem.

Este resultado sugiere que, aunque se aprecian diferencias porcentuales entre ambos grupos —con los estudiantes mostrando una percepción más positiva que los docentes—, estas diferencias no son lo suficientemente grandes como para atribuirlos a un patrón sistemático o consistente en la población, sino que podrían deberse al azar. Es decir, la percepción sobre la alineación con las necesidades del entorno es, en términos estadísticos, comparable entre ambos grupos, al menos en esta muestra.

Este hallazgo respalda y matiza lo expuesto en el análisis descriptivo, en el que se mencionaba una mayor proporción de respuestas positivas por parte de los estudiantes (65,38%) frente a un menor grado de conformidad entre los docentes (50%). A la luz del análisis inferencial, esta disparidad se considera no significativa, por lo que cualquier acción de mejora institucional debería orientarse a ambos grupos por igual, reconociendo que la diferencia observada podría no representar una tendencia generalizable.

Impacto en la Formación Académica

Otro aspecto clave en este análisis es el impacto de los proyectos de vinculación en la formación académica de los estudiantes. En este sentido, tanto docentes como estudiantes coinciden en que los proyectos contribuyen significativamente a la formación práctica de los alumnos. La gran mayoría de los docentes (62,5%) considera que la vinculación fortalece el aprendizaje práctico, y los estudiantes coinciden en su evaluación positiva, con un 42,31% que valora esta oportunidad para aplicar conocimientos teóricos. Esta evaluación es consistente con la visión de estudios previos que destacan que los proyectos de vinculación ofrecen una plataforma valiosa para que los estudiantes integren los conocimientos adquiridos en el aula con experiencias reales, mejorando su comprensión de los conceptos y desarrollando competencias prácticas esenciales para su futura carrera profesional.

Sin embargo, un aspecto importante a señalar es que un porcentaje considerable de estudiantes (38,46%) siente que la carga académica limita su participación en estos proyectos. Esta preocupación es común en contextos donde los proyectos de vinculación no están completamente integrados dentro de la programación académica de las

universidades, lo que puede generar tensiones entre las exigencias del plan de estudios y las oportunidades de participación en proyectos sociales.

Propuestas de Mejora para Fortalecer la Pertinencia Social y Académica

Los resultados cualitativos obtenidos de las encuestas revelan algunas sugerencias clave para mejorar la pertinencia social y académica de los proyectos. Docentes y estudiantes coinciden en la necesidad de una mejor organización y planificación de los proyectos de vinculación. Mientras que los docentes sugieren que los proyectos deberían estar más enfocados en las necesidades reales del entorno, los estudiantes abogan por más espacios de formación y capacitación que les permitan involucrarse de manera más activa y eficiente. Estas recomendaciones son similares a las propuestas en estudios previos, que resaltan la importancia de una vinculación más organizada y bien planificada, como señala Saavedra (2009), quien propone una mayor colaboración con las comunidades locales en la etapa de diseño de los proyectos.

Participación activa y barreras identificadas

Participación activa de los docentes

Se observa que, en general, existe un alto grado de involucramiento en los proyectos de vinculación. La pregunta sobre el grado de participación de los docentes en proyectos de vinculación muestra que un 31,25% de los encuestados participa "frecuentemente" en proyectos, y otro 31,25% lo hace "siempre". Sin embargo, un 18,75% de los docentes participa "raramente", lo que podría indicar una falta de tiempo o recursos para involucrarse con mayor frecuencia en estos proyectos.

Participación activa de los estudiantes

Por otro lado, los estudiantes muestran un nivel significativamente más alto de participación activa. Un 57,69% de los estudiantes indica haber participado activamente en al menos un proyecto de vinculación durante su carrera. Este dato refleja un nivel de involucramiento bastante favorable. Sin embargo, también se destaca que un 11,54% de los estudiantes nunca ha participado en proyectos, lo que puede estar relacionado con barreras como la carga académica o la falta de información sobre las oportunidades disponibles.

Barreras identificadas

Las barreras que limitan la participación activa en los proyectos de vinculación son principalmente de carácter institucional, pedagógico y de gestión.

1. **Barreras institucionales:** Uno de los principales obstáculos identificados por los encuestados es la falta de recursos y el apoyo institucional limitado. Según las respuestas obtenidas, un 31,25% de los docentes

indican que el apoyo institucional es insuficiente para llevar a cabo las actividades de vinculación de manera efectiva. Además, un 25% de los docentes señalan que las limitaciones administrativas o presupuestarias afectan negativamente la ejecución de los proyectos.

2. **Barreras pedagógicas:** En cuanto a las barreras pedagógicas, un aspecto relevante es la carga académica. Un 38,46% de los estudiantes mencionan que la carga académica ha dificultado su participación en los proyectos de vinculación, lo que refleja que los proyectos a menudo se perciben como una sobrecarga adicional de trabajo. Esta carga, junto con la falta de coordinación entre las asignaturas curriculares y los proyectos de vinculación, es un factor limitante señalado por los estudiantes, ya que un 50% de ellos considera necesario integrar más la vinculación con las asignaturas curriculares.
3. **Barreras de gestión:** Desde el punto de vista de la gestión, la organización de los proyectos es una barrera clave. Los estudiantes sugieren que los proyectos de vinculación deberían estar mejor organizados y que debería haber una mayor planificación para evitar que las actividades de vinculación se realicen fuera del semestre correspondiente. Además, algunos estudiantes indican que los proyectos de vinculación no están suficientemente difundidos internamente, lo que puede limitar el conocimiento de los estudiantes sobre las oportunidades disponibles. Un 57,69% de los estudiantes considera necesario fortalecer la difusión interna de los proyectos.

Evaluación de la gestión institucional de la vinculación

Planificación de los proyectos de vinculación

La planificación es uno de los elementos fundamentales para asegurar el éxito de los proyectos de vinculación. Según los resultados obtenidos, el 56,25% de los docentes considera que la planificación de los proyectos es adecuada, mientras que el 25% opina que la planificación es insuficiente o poco clara. En cuanto a los estudiantes, un 38,46% manifiesta que la planificación de los proyectos es adecuada, mientras que un 30,77% señala que la organización y programación de las actividades podría mejorar significativamente. Estos datos sugieren que, aunque en general se percibe un esfuerzo institucional por planificar los proyectos de vinculación, aún existen áreas donde la claridad y organización podrían mejorarse.

En comparación con marcos de referencia internacionales, como el Plan de Acción de la Universidad de la UNAM (De La Fuente-Hernández et al., 2021), para proyectos de vinculación, que establece una planificación detallada con tiempos específicos y asignación de recursos claros, se

observa que la universidad en estudio aún podría adoptar métodos más estructurados para optimizar la planificación y asegurar que todos los involucrados tengan una comprensión clara de los objetivos y los tiempos de ejecución.

Apoyo institucional

El apoyo institucional es otro factor clave para el desarrollo exitoso de los proyectos de vinculación. En este aspecto, los resultados muestran que un 43,75% de los docentes considera que el apoyo institucional es limitado. De manera preocupante, el 31,25% de los docentes señala que las condiciones económicas y logísticas dificultan la implementación de los proyectos. Un aspecto crítico señalado por los estudiantes es la falta de recursos para llevar a cabo actividades de vinculación, como materiales educativos y equipo técnico. Solo un 15,38% de los estudiantes menciona haber recibido apoyo institucional suficiente para participar activamente en los proyectos.

Comparando estos resultados con las experiencias exitosas de universidades como la Universidad de Barcelona (Fundació Bosch i Gimpera, 2024), que ha implementado un sistema robusto de apoyo institucional a través de fondos dedicados y equipos de trabajo interdisciplinarios, se destaca la necesidad de fortalecer los recursos financieros y logísticos en la universidad para que los proyectos de vinculación puedan desarrollarse con el alcance y la calidad esperados.

Monitoreo de los proyectos

El monitoreo de los proyectos de vinculación es esencial para garantizar su desarrollo y resultados. Los resultados obtenidos muestran que un 50% de los docentes considera que el monitoreo es insuficiente o no estructurado. Esto se refleja en las respuestas de los estudiantes, ya que un 53,85% menciona que no existe un seguimiento continuo o evaluaciones intermedias sobre el progreso de los proyectos. Además, un 40,38% de los estudiantes indica que las retroalimentaciones durante el proceso son mínimas o nulas, lo que podría llevar a que los proyectos no se ajusten a tiempo a las necesidades de los beneficiarios.

Evaluación de los proyectos

La evaluación de los proyectos es un aspecto crítico para medir su impacto y efectividad. Los resultados obtenidos sugieren que la evaluación de los proyectos de vinculación es percibida como débil por un 45,38% de los estudiantes, quienes consideran que no existen mecanismos claros para medir los resultados alcanzados. Un 37,5% de los docentes también perciben que la evaluación es deficiente, especialmente en cuanto a la retroalimentación recibida y la utilización de los resultados para la mejora continua.

Propuestas de mejora desde los actores involucrados

A partir de las sugerencias recopiladas de los estudiantes y docentes involucrados en los proyectos de vinculación, se destacan diversas propuestas clave para mejorar el proceso, alineadas con los lineamientos estratégicos de la carrera y la universidad. A continuación, se presentan las principales recomendaciones emitidas por los actores involucrados:

- **Fortalecimiento de la formación teórica y práctica en vinculación:** Los estudiantes sugirieron que la universidad debería integrar de manera más robusta la formación en vinculación en su plan de estudios, no solo desde un enfoque teórico, sino también práctico. Este enfoque permitirá a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones reales, desarrollando habilidades interpersonales y de trabajo en equipo que son esenciales para el éxito en los proyectos de vinculación. Docentes, por su parte, propusieron la implementación de talleres y capacitaciones específicas para fortalecer las competencias de los estudiantes en áreas como la gestión de proyectos sociales y el trabajo con comunidades, mejorando su preparación para futuros desafíos profesionales.
- **Mejor gestión de recursos financieros y logísticos:** Se identificó la necesidad de mejorar la asignación de recursos financieros y logísticos para los proyectos de vinculación. Los actores involucrados señalaron que una mayor disponibilidad de fondos, así como un sistema más eficiente para su distribución, contribuiría significativamente a la ejecución de proyectos con mayor alcance y calidad. Los docentes sugirieron crear un fondo específico para proyectos de vinculación que se destine a apoyar iniciativas innovadoras y de alto impacto. Además, se destacó la importancia de contar con equipos interdisciplinarios que brinden apoyo tanto en la fase de planificación como en la de ejecución.
- **Monitoreo y evaluación más sistemáticos:** Tanto estudiantes como docentes coincidieron en que el monitoreo y la evaluación de los proyectos de vinculación deben ser más rigurosos y sistemáticos. Se propuso establecer mecanismos de seguimiento regulares, donde se asignen responsables para cada fase y se realicen reuniones periódicas de evaluación. Estas reuniones no solo permitirían verificar el avance de las actividades, sino también realizar ajustes en tiempo real para mejorar la calidad de los proyectos. La implementación de un sistema de indicadores específicos para evaluar el impacto social y académico de los proyectos también fue mencionada como una estrategia valiosa.
- **Mayor integración con las comunidades y actores externos:** Los estudiantes expresaron el deseo de tener una mayor interacción y colaboración con las comunidades y otros actores externos en los proyectos de

vinculación. Se sugirió la creación de espacios de intercambio donde los estudiantes pudieran presentar sus propuestas y recibir retroalimentación directa de los miembros de la comunidad, lo que facilitaría la alineación de los proyectos con las necesidades reales de estas. En este sentido, los docentes propusieron la inclusión de expertos externos, como profesionales de ONGs y empresas locales, que pudieran aportar su experiencia y recursos para fortalecer el impacto de los proyectos.

- **Optimización del tiempo y la organización de los proyectos:** Un tema recurrente en las propuestas fue la mejora en la organización y planificación de los proyectos. Se destacó la necesidad de establecer plazos claros y realistas para cada fase del proyecto, evitando las demoras y la sobrecarga de trabajo. Además, se sugirió la implementación de herramientas tecnológicas que faciliten la gestión de proyectos y la colaboración entre los actores involucrados, optimizando así el uso del tiempo y los recursos disponibles.
- **Fortalecimiento de la cultura de vinculación en la universidad:** Los docentes indicaron que la universidad debería fomentar una mayor cultura de vinculación, no solo a través de la enseñanza de los conceptos básicos, sino también incentivando la participación activa de todos los miembros de la comunidad universitaria. Se sugirió crear una estrategia de sensibilización que incluya charlas, talleres y campañas informativas para promover la vinculación y destacar su relevancia tanto para el desarrollo académico como para el compromiso social de los estudiantes.

Análisis de la normativa institucional sobre vinculación con la sociedad

La normativa institucional sobre vinculación con la sociedad en la UTM ha evolucionado progresivamente, respondiendo a las exigencias de los organismos rectores del sistema de educación superior en el Ecuador, como la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), el Consejo de Educación Superior (CES) y los extintos organismos de evaluación como el CEEACES. Uno de los primeros documentos que sienta las bases de esta función sustantiva es el *Plan Institucional de Vinculación* (2017-2018), socializado mediante el oficio RHCU.UTM-No.331-SO-06-2017, en el cual se establece una visión global, integradora, incluyente, sostenible, interdisciplinaria y medible para el desarrollo de los programas y proyectos de vinculación.

Este documento define un enfoque territorial centrado en la Zona 4 del Ecuador, que comprende las provincias de Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas, pero con especial atención a cantones de mayor influencia en Manabí, como

Portoviejo, Sucre, Santa Ana y Chone. Esta delimitación territorial, si bien permite concentrar esfuerzos institucionales, limita la participación de otras comunidades de la provincia, lo cual resulta contradictorio con el principio de igualdad de oportunidades que el mismo plan pretende fomentar. En esta etapa, las responsabilidades en materia de vinculación recaían sobre docentes designados en cada carrera, lo que generaba una gestión fragmentada y escasamente articulada a nivel institucional.

Con el propósito de fortalecer la estructura organizativa y mejorar la articulación de los proyectos entre las diferentes carreras, en noviembre de 2018 se aprueba la **Reforma al Reglamento del Centro de Vinculación con la Sociedad**, mediante el oficio RHCU.UTM-No.477-SO-08-2018. Esta reforma traslada las competencias de los docentes responsables de vinculación hacia los vicedecanos de Investigación, Posgrado y Vinculación de cada facultad. Esta reestructuración organizativa permitió una mejor visión panorámica de los proyectos desde el nivel facultativo, promoviendo una mayor coordinación inter-carreras, aspecto que previamente había sido una debilidad significativa. Sin embargo, esta reforma se limitó a un cambio en la asignación de responsabilidades, sin modificar los aspectos técnicos-operativos o metodológicos de la gestión de vinculación.

En una etapa más reciente, la universidad incorpora una visión más compleja e integral de esta función a través del **Reglamento de Vinculación con la Sociedad de la UTM**. Este documento institucional, vigente actualmente, detalla un Modelo de Gestión de Vinculación basado en una estructura organizativa más robusta, con actores claramente definidos y funciones específicas que permiten una gestión más eficiente y coherente con los objetivos institucionales. Entre estos actores se encuentran la Comisión General de Vinculación con la Sociedad, el Director General de Vinculación, el Responsable Especialista de la Gestión de Vinculación y Desarrollo Comunitario, el Director del Proyecto de Vinculación, el Asistente de Proyecto, el Responsable de Servicios Comunitarios de la Carrera y el Docente Mentor de Vinculación. Esta distribución de roles permite establecer un sistema articulado que abarca desde la planificación estratégica hasta la operatividad técnica de los proyectos en territorio, lo que representa un avance considerable respecto a los modelos anteriores.

Complementariamente, el **Modelo de Gestión de Vinculación** aprobado en la administración actual fortalece el vínculo entre universidad y sociedad mediante la integración explícita de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), establecidos en la Agenda 2030. Este modelo redefine la vinculación como una herramienta transformadora orientada a integrar las competencias técnicas de los estudiantes con las problemáticas reales de las comunidades, bajo un enfoque de sostenibilidad, equidad

e impacto social visible. El modelo enfatiza la necesidad de realizar diagnósticos participativos para la identificación de problemas sociales, garantizando así que los programas y proyectos de vinculación respondan a necesidades reales y no a intereses institucionales aislados. Asimismo, articula esta función sustantiva con la investigación y la docencia, promoviendo la transferencia de conocimientos y la divulgación científica, como parte del proceso de cierre de los proyectos de vinculación.

En este marco, la carrera de Arquitectura enfrenta el reto de aplicar de forma coherente esta normativa institucional, lo cual implica no solo el cumplimiento de los procedimientos administrativos, sino también la incorporación efectiva de las funciones sustantivas en su práctica académica. La revisión de los hitos normativos evidencia avances significativos, pero también vacíos y desafíos persistentes, como la cobertura territorial limitada, la necesidad de fortalecer la interdisciplinariedad y el desarrollo de indicadores que midan el impacto real de los proyectos. La normativa nacional, especialmente la establecida por el CES y el CACES, orienta estas prácticas al exigir que los proyectos de vinculación estén alineados con la pertinencia social, la calidad académica y la evaluación periódica de resultados. No obstante, estos lineamientos también pueden restringir la flexibilidad de las instituciones para adaptar sus modelos de gestión a contextos locales diversos, lo que exige una interpretación crítica y contextualizada por parte de las universidades.

Cabe destacar que la normativa institucional sobre vinculación en la UTM ha transitado desde modelos operativos poco integrados hacia una propuesta estructurada y alineada con estándares nacionales e internacionales. Este proceso refleja un esfuerzo sostenido por dotar de coherencia, sistematicidad y enfoque estratégico a una función sustantiva clave para el desarrollo local y regional. No obstante, su aplicación efectiva en las carreras, como la de Arquitectura, requiere una constante evaluación, retroalimentación y adaptación, en función de las dinámicas del territorio, las capacidades institucionales y las demandas sociales emergentes.

4. Conclusiones

La presente investigación tuvo como objetivo analizar el proceso de vinculación con la sociedad en la Carrera de Arquitectura de la UTM, evaluando la percepción de estudiantes y docentes, así como la gestión institucional. Se trata de un estudio pionero en la institución, al abordar por primera vez de manera sistemática la eficacia e impacto de esta función sustantiva. Los resultados evidencian una percepción general positiva del proceso de vinculación, aunque se identificaron debilidades estructurales que requieren atención prioritaria.

Entre los principales hallazgos, se constató un buen nivel de conocimiento sobre los proyectos de vinculación entre los estudiantes de niveles superiores, lo que refleja una integración progresiva en su formación académica. Sin embargo, se identificó una limitada visibilidad y difusión de los proyectos, especialmente en los primeros semestres, lo que restringe la participación temprana del estudiantado. Desde la perspectiva docente, se valoró positivamente la pertinencia académica y social de la vinculación, aunque se señalaron limitaciones como la falta de recursos, tiempo y formación para su adecuada gestión.

A nivel institucional, el análisis documental reveló una desconexión entre la normativa vigente y la práctica de ejecución de los proyectos, con deficiencias en el seguimiento y evaluación continua. Tanto estudiantes como docentes proponen mejoras concretas, que incluyen mayor formación docente, fortalecimiento de la práctica comunitaria y mejor dotación de recursos. Se concluye que la vinculación es clave para la formación integral del estudiante y la transformación social, y que la UTM debe asumir un compromiso institucional más firme para consolidar esta función como parte estratégica de su quehacer universitario

Referencias

- Altbach, P. (2013). Advancing the national and global knowledge economy: the role of research universities in developing countries. *Studies In Higher Education*, 38(3), 316-330. <https://doi.org/10.1080/03075079.2013.773222>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). Ley Orgánica de Educación Superior (LOES). Registro Oficial Suplemento 298 de 12 de octubre de 2010. <https://www.educacionsuperior.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/LEY-ORGANICA-DE-EDUCACION-SUPERIOR-REFORMA-06-04-2022.pdf>
- Caicedo, W. R. B., Patiño, H. M. C., Muñoz, W. L. C., & Heredero, A. D. C. L. (2023). Comunicación transmedia en los procesos de vinculación universitaria. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 8(1), 213-226. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9234153>
- Campos Ríos, G., & Sánchez Daza, G. (2005). La vinculación universitaria: ese oscuro objeto del deseo. *Revista electrónica de investigación educativa*, 7(2), 1-13. <http://redie.uabc.mx/vol7no2/contenido-campos.html>
- Castro-Martínez, E., Olmos-Pañuela, J., & Fernández-De-Lucio, I. (2016). La Vinculación Ciencia-Sociedad: Estereotipos y Nuevos Enfoques. *Journal of Technology Management & Innovation*, 11(2), 121-129. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242016000200012>
- Cedeño, R., Ostaíza, J., Vélez, G., & Solórzano, K. (2018). Vinculación con la sociedad un desafío posible desde el altruismo, el compromiso y la organización. *Revista San Gregorio*, (24), 60-67. <http://dx.doi.org/10.36097/rsan.v1i24.593>
- Cruz, D., & Lanza, J. (2024). Los enfoques del desarrollo y su vinculación con la extensión rural y universitaria: Una revisión teórica vinculante. *Revista Compromiso Social*, 4(8), 63-72. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10101541>
- De Aparicio, X., Chininín, M., & Toledo, O. (2017). El rol de la vinculación en la integración de las funciones sustantivas de la Universidad Metropolitana del Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 9(4), 37-43. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/660>
- De la Fuente-Hernández, J., De Anda-Munguía, M. L., Suárez-Paniagua, S., Acosta-Torres, L. S., del Rocío Zúñiga-Arrieta, V., & Martí-Flórez, J. R. (2021). Un nuevo modelo de educación superior: creación, implementación y resultados, ENES-León, UNAM. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 9(23), 9(23). <https://revistas.unam.mx/index.php/entreciencias/article/view/79250>
- Fundació Bosch i Gimpera. (2024, 15 de enero). La UB recibe más de 1,65 millones de euros de financiación para proyectos de colaboración público-privada. Universidad de Barcelona. <https://web.ub.edu/es/web/actualitat/w/collaboracio-publico-privada>
- Gonçalves, A., Boaventura, D., Pereira, P., & Boaventura, C. (2024). As contribuições da Escola de Valparaíso para o ensino de arquitetura: poéticas e práticas pedagógicas. *Caderno Pedagógico*, 21(13), e11950-e11950. <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/11950>
- González, J. (2018). Buenas prácticas para las experiencias significativas en la proyección social de la PUCE. Buenas prácticas de vinculación con la colectividad de la PUCE, 1-128. <https://edipuce.edu.ec/revista-buenas-practicas-de-vinculacion-con-la-colectividad-de-lapuce/>
- Jarvio Fernández, A. O. (2021). La promoción de la lectura en la vinculación universitaria. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(23), 12(23). <https://doi.org/10.23913/ride.v12i23.1058>
- Malagón, L. (2006). La vinculación Universidad-Sociedad desde una perspectiva social. *Educación y Educadores*, 9(2), 79-93.

<https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/664>

- Marín-Figuera, M., & Manjarrés-Zambrano, N. (2022). La vinculación universitaria: aprender desde la comunidad. *IPSA Scientia, revista científica multidisciplinaria*, 7(1), 70-78. <https://doi.org/10.25214/27114406.1324>
- Méndez-Bravo, J. C. (2021). Impacto socioeconómico de la vinculación universitaria. *Revista San Gregorio*, 1(48), 169-185. <https://doi.org/10.36097/rsan.v0i48.1948>
- Polaino, C., & Romillo, A. (2017). Vinculación con la Sociedad en la Universidad de Otavalo, Ecuador. *Formación Universitaria*, 10(3), 21-30. <http://dx.doi.org/10.4067/S071850062017000300004>
- Quiroga, S. G., & Albuérne, A. L. T. (2023). Experiencias de vinculación universitaria en las Américas. Capacitación, investigación y extensión en Gestión del Riesgo de Desastres. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 7(1), 113-115. <https://doi.org/10.55467/reder.v7i1.110>
- Rodríguez, A., Macías, N., & Briones, Y. (2022). La atención a las necesidades educativas específicas asociadas a la discapacidad: procesos y dificultades. Un estudio desde la vinculación universitaria. *Revista de investigación*, 46(107). <https://doi.org/10.56219/revistasdeinvestigacin.v46i107.114>
- Royal Institute of British Architects (RIBA). (2018). Children Village by Aleph Zero + Rosenbaum wins 2018 RIBA International Prize. <https://arquitecturaviva.com/articles/children-village-wins-the-riba-international-prize-2018-1#:~:text=Children%20Village%2C%20a%20new%20school,by%20renowned%20architect%20Elizabeth%20Diller%20>
- Saavedra, M. (2009). Problemática y desafíos actuales de la vinculación universidad empresa: El caso mexicano. *Actualidad contable FACES*, 12(19), 100-119. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25715409009>
- UNESCO. (1998). Marco de acción prioritaria para el cambio y desarrollo de la Educación Superior. *Conferencia mundial sobre la Educación Superior*, 9(2), 97-113. <https://www.iesalc.unesco.org/ess/index.php/ess3/article/view/171>
- Vázquez, C. G. (2024). Aprendiendo de los urbanismos bottom-up: nuevas tácticas, nuevos tiempos, nuevos lugares, nuevos procesos y una nueva estética. *Dearq*, 38), 4-13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9298198>
- Vásquez-Erao, E., Vásquez-Álvarez, C., & Vásquez-Álvarez, J. (2019). Las Instituciones De Educación

Superior En Su Vinculación Con La Sociedad. El Flujo De Procesos Y Ejes Estratégicos. *Investigación y Postgrado*, 34(1), 101-119. <http://revistas.upel.edu.ve/index.php/revinpost/article/view/7778>

- Zambrano-Loor, R. M., Rivas-Cedeño, L. L., & Chiriboga-Mendoza, F. (2021). Gestión universitaria y vinculación con la comunidad: Artículo de revisión bibliográfica. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 3(6), 14-20. <https://www.editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/18>
- Zambrano, T., Murillo, Á., Molina, P., González, O., & Batista, A. (2018). Impacto de los proyectos de vinculación en la formación profesional y humanística de los estudiantes de la Universidad San Gregorio de Portoviejo. *Revista San Gregorio* (24), 50-59. doi: <http://dx.doi.org/10.36097/rsan.v1i24.778>
- Zamora-Sánchez, R., Rodríguez-Castellanos, A., & Barrutia-Güenaga, J. (2022). Universidades y desarrollo socioeconómico: una propuesta de evaluación de sus proyectos de vinculación con la sociedad. *Problemas del desarrollo*, 53(210), 181-205. <https://doi.org/10.22201/ieec.20078951e.2022.210.69807>

Contribución de los autores (CReDiT)

Briones-Ordoñez, O.: Conceptualización, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Administración de Proyectos, Recursos Materiales, Software, Validación, Visualización, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición. **Rodríguez-Borges, C.:** Conceptualización, Curación de contenidos y datos, Análisis formal de datos, Adquisición de fondos, Investigación, Metodología, Administración de Proyectos, Recursos Materiales, Software, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a

persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual .4.0

Artículo de investigación

Análisis comparativo de competencias emprendedoras según género en estudiantes universitarios de carreras de Ingeniería, Industria y Construcción.

Lindsay Rangel-Anchundia ^[1]  Noemí Peña-Miguel ^[1]  Lázaro Echegaray Eizaguirre ^[2] 

[1] Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Bizkaia – España.

[2] Cámarabilbao University Business School. Bilbao – España.



Corresponding author: lrangel001@ikasle.ehu.eus

Resumen

El estudio analiza diferencias por género en seis competencias emprendedoras clave en estudiantes universitarios de Ingeniería, Industria y Construcción. A partir de un enfoque cuantitativo, se aplicó un cuestionario basado en el instrumento desarrollado por la Universidad EAFIT (2017) a 383 estudiantes, y se utilizaron pruebas no paramétricas para comparar rangos promedio entre grupos. Los resultados indican que las mujeres presentan mayores niveles en apertura cognitiva, observación del entorno, generación de ideas y disposición al riesgo, mientras que los hombres destacan en adaptabilidad al cambio y experiencia de fracaso. Estos hallazgos reflejan perfiles diferenciados en la configuración emprendedora por género, lo que sugiere la necesidad de programas formativos diferenciados que fortalezcan competencias específicas en función de las características detectadas. La investigación contribuye al análisis técnico del emprendimiento universitario desde una perspectiva de género, con implicaciones prácticas para la mejora de la educación emprendedora.

Palabras Clave: *competencias emprendedoras; análisis comparativo por género; estudiantes universitarios; carreras de ingeniería, industria y arquitectura.*

Comparative Analysis of Entrepreneurial Competencies by Gender in University Students of Engineering, Industry, and Construction Fields.

Abstract

The study analyzes gender-based differences in six key entrepreneurial competencies among university students in Engineering, Industry, and Construction. Using a quantitative approach, a questionnaire based on the instrument developed by Universidad EAFIT (2017) was applied to 383 students, and non-parametric tests were used to compare average ranks between groups. The results show that female students scored higher in cognitive openness, environmental observation, idea generation, and risk tolerance, while male students stood out in adaptability to change and experience with failure. These findings reflect differentiated entrepreneurial profiles by gender, suggesting the need for tailored training programs that strengthen specific competencies according to the identified characteristics. The research contributes to the technical analysis of university-level entrepreneurship from a gender perspective, with practical implications for improving entrepreneurial education.

Keywords: *entrepreneurial competencies; comparative gender analysis; university students; Engineering, Industry, and Architecture fields.*

1. Introducción

El análisis de las competencias emprendedoras representa un componente relevante en la formación universitaria al integrar un conjunto de habilidades directamente asociadas al desarrollo de iniciativas productivas sostenibles (Gallegos et al., 2025; Milanov et al., 2025). Estas competencias comprenden aspectos cognitivos, conductuales y actitudinales que permiten identificar oportunidades, gestionar riesgos, formular propuestas de negocio y tomar decisiones bajo condiciones de incertidumbre (Alcalá & Caballero, 2025; Collado-Domínguez, 2024; Espinosa-Vélez et al., 2024). Entre las competencias relevantes documentadas en la literatura se incluyen la apertura cognitiva y receptividad a perspectivas externas, la observación y análisis del entorno, la generación de ideas de negocio, la tolerancia al riesgo y disposición a enfrentar incertidumbre, la adaptabilidad operativa al cambio y la experiencia de fracaso emprendedor (Landa, 2024; Man et al., 2002; Peña et al., 2016; Rojas & Chávez, 2024).

Investigaciones recientes identifican diferencias de género en el desarrollo de estas competencias, reflejadas en variaciones en la percepción de oportunidades, los estilos decisivos, las actitudes ante el riesgo y las estrategias de afrontamiento (Bae et al., 2014; Brush et al., 2019; Espinosa-Vélez et al., 2024; Gallegos et al., 2025; Milanov et al., 2025; Noguera et al., 2013; Wilson et al., 2007). No obstante, la evidencia empírica respecto a estos perfiles diferenciados en estudiantes de carreras vinculadas a Ingeniería, Industria y Construcción sigue siendo limitada, pese a las particularidades que presentan tanto los entornos académicos orientados a disciplinas aplicadas como los sectores productivos donde estos profesionales se insertan.

El artículo se organiza en cuatro apartados. El primero desarrolla el marco teórico sobre las competencias emprendedoras y las diferencias de género identificadas en la literatura. El segundo describe la metodología empleada en el análisis comparativo. El tercero presenta los resultados obtenidos, y el cuarto establece la discusión y conclusiones derivadas del estudio.

2. Literature Review

Según diversos autores, dentro del conjunto amplio de competencias emprendedoras existen componentes que resultan particularmente relevantes en la explicación de los comportamientos orientados al emprendimiento: apertura cognitiva y receptividad a perspectivas externas; capacidad de observación y análisis del entorno; orientación a la generación de ideas de negocio; tolerancia al riesgo y disposición a enfrentar incertidumbre; adaptabilidad operativa al cambio; y experiencia de fracaso emprendedor (Gallegos et al., 2025; Landa, 2024; Milanov et al., 2025).

La apertura cognitiva y receptividad a perspectivas externas permite al individuo enfrentar las exigencias propias del proceso emprendedor al incorporar distintas formas de conocimiento, ideas heterogéneas y puntos de vista diversos. Esta competencia favorece la identificación de alternativas de solución, el cuestionamiento de supuestos previos y la creación de propuestas innovadoras que enriquecen el desarrollo de nuevos proyectos empresariales (Gallegos et al., 2025; Milanov et al., 2025). Las instituciones educativas contribuyen a su fortalecimiento mediante estrategias de aprendizaje activo, integración de conocimientos prácticos en entornos reales y contenidos curriculares vinculados al emprendimiento y la responsabilidad social (Collado-Domínguez, 2024; Peña et al., 2016).

La capacidad de observación y análisis del entorno permite identificar oportunidades de negocio, interpretar tendencias y transformar necesidades en acciones emprendedoras concretas. Incluye la autoeficacia emprendedora, el reconocimiento de oportunidades latentes y la comprensión de los factores contextuales que influyen en la intención emprendedora (Espinosa-Vélez et al., 2024; Gallegos et al., 2025). La creatividad facilita la adaptación de ideas y la formulación de soluciones innovadoras (Alcalá & Caballero, 2024), mientras que el análisis del entorno productivo local permite detectar oportunidades ajustadas a cada contexto (Collado-Domínguez, 2024; Landa Agurto, 2024; Rojas & Chávez, 2024). Las prácticas profesionales complementan este desarrollo al vincular la formación académica con escenarios laborales concretos (Peña et al., 2016).

La orientación a la generación de ideas de negocio abarca el diseño de modelos productivos innovadores para responder a las demandas del mercado y necesidades sociales. Incluye la formulación de nuevos productos, servicios y esquemas organizacionales sostenibles (Alcalá & Caballero, 2025; Espinosa-Vélez et al., 2024; Gallegos et al., 2025). La incorporación de la responsabilidad social universitaria vincula el emprendimiento con el desarrollo comunitario y territorial (Collado-Domínguez, 2024; Landa, 2024). La promoción de microempresas, centros de innovación y experiencias prácticas refuerzan los ecosistemas de experimentación emprendedora (Peña et al., 2016; Rojas & Chávez, 2024).

La tolerancia al riesgo y disposición a enfrentar incertidumbre constituye un componente clave en la toma de decisiones bajo escenarios de volatilidad. El emprendimiento exige asumir riesgos significativos y gestionar factores externos imprevisibles (Landa, 2024). La educación emprendedora contribuye al desarrollo de competencias específicas en gestión de riesgos (Collado-Domínguez, 2024; Espinosa-Vélez et al., 2024). Las percepciones sobre el riesgo difieren según el género, influenciadas por sacrificios personales y presiones externas (Gallegos et al., 2025; Milanov et al., 2025).

La adaptabilidad operativa al cambio se refiere a la capacidad de ajustarse a transformaciones tecnológicas, organizacionales y productivas, garantizando resiliencia frente a entornos altamente volátiles. Esta competencia es fundamental para la sostenibilidad de las iniciativas emprendedoras (Espinosa-Vélez et al., 2024; García et al., 2025; Landa, 2024).

3. Metodología

El presente estudio se llevó a cabo en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), campus Manta, con estudiantes de las carreras pertenecientes a la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. La investigación adopta un enfoque cuantitativo, aplicado y explicativo.

Se utilizó un instrumento de medición basado en la encuesta diseñada por la Universidad EAFIT (Martins et al., 2018), que evalúa percepción, intención y actitud emprendedora en estudiantes universitarios. El cuestionario está conformado por las dimensiones: Entorno Social (6 ítems), Características Personales (22 ítems), ADN Innovador (5 ítems), Asunción al Riesgo y Proactividad (9 ítems), Miedo al Fracaso (4 ítems), Propensión a Empezar (4 ítems) y Motivaciones del Emprendedor (10 ítems). Para el análisis estadístico se consideraron los ítems que mostraron diferencias significativas por género.

La población total estuvo conformada por 732 estudiantes matriculados, de los cuales se obtuvo una muestra de 383 participantes mediante muestreo probabilístico. Los datos fueron codificados y procesados estadísticamente. Se realizaron análisis descriptivos y pruebas de hipótesis mediante el software *IBM SPSS Statistics versión 26*. La comparación de grupos por género se realizó mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, considerando la naturaleza ordinal de las variables.

El desarrollo de la investigación se realizó en cumplimiento de los principios éticos establecidos por la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, asegurando la confidencialidad de los participantes y el uso exclusivo de la información para fines académicos.

4. Resultados

4.1 Caracterización descriptiva de la muestra

La muestra analizada estuvo compuesta por 383 estudiantes de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. En relación con la carrera, el grupo más numeroso correspondió a Arquitectura, con un 36,6% (n = 140), seguido por Ingeniería Industrial con un 34,7% (n = 133). Las carreras de Ingeniería Civil y Alimentos contaron cada una con el 14,4% de participación (n = 55), respectivamente.

Respecto al nivel académico, el 27,9% de los estudiantes cursaban el primer semestre (n = 107), el 15,7% el segundo (n = 60), y el 11,0% el tercero (n = 42). Estos tres niveles, considerados como básicos, suman el 54,6% del total. Por su parte, los niveles profesionalizantes —del cuarto al octavo semestre— representan el 45,4%, distribuidos de la siguiente manera: cuarto semestre 16,4% (n = 63), quinto 6,5% (n = 25), sexto 6,0% (n = 23), séptimo 5,2% (n = 20) y octavo 11,2% (n = 43).

En cuanto al género, se registró una mayor participación de hombres, quienes representaron el 55,4% de la muestra (n=212), mientras que las mujeres constituyeron el 44,6% (n=171) (Ver **Tabla 1**).

Tabla 1: Características descriptivas de la muestra (N = 383)

Variable	Categoría	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Carrera	Arquitectura	140	36,6
	Ingeniería Industrial	133	34,7
	Ingeniería Civil	55	14,4
	Alimentos	55	14,4
Nivel	Primero	107	27,9
	Segundo	60	15,7
	Tercero	42	11,0
	Cuarto	63	16,4
	Quinto	25	6,5
	Sexto	23	6,0
	Séptimo	20	5,2
	Octavo	43	11,2
Género	Hombre	212	55,4
	Mujer	171	44,6

4.2 Comparación de competencias emprendedoras según género

Se aplicaron pruebas no paramétricas para contrastar la hipótesis de igualdad de distribución entre los grupos de género en las variables de competencias emprendedoras seleccionadas. Debido a la naturaleza ordinal de las escalas y la ausencia de normalidad en la distribución de los datos, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes, considerando un nivel de significación de $\alpha=0,05$. El criterio de decisión adoptado estableció el rechazo de la hipótesis nula cuando el valor de significación resultó inferior a 0,05.

En la variable correspondiente a la disposición de escuchar opiniones de aquellos que entienden un problema de manera diferente a la propia, los rangos promedio indicaron un mayor valor en el grupo de mujeres (203,76; n = 171) respecto al de hombres (182,51; n = 212) (**Tabla 2**). El análisis arrojó un valor de significación de $p = 0,042$ (**Tabla 3**), lo que permite rechazar la hipótesis nula.

Tabla 2: Rangos

Rangos	Género	N	Rango promedio	Suma de rangos
¿Escucha la opinión de aquellos que entienden un problema de manera diferente a la propia?	Hombre	212	182,51	38692,50
	Mujer	171	203,76	34843,50
	Total	383		
¿Se adapta fácilmente a los cambios?	Hombre	212	202,91	43016,00
	Mujer	171	178,48	30520,00
	Total	383		
Observa con detalle y atención los entornos que lo rodean	Hombre	212	182,03	38590,50
	Mujer	171	204,36	34945,50
	Total	383		
Considera usted que es importante idealizar nuevos productos y/o servicios con potencial de mercado.	Hombre	212	178,74	37893,50
	Mujer	171	208,44	35642,50
	Total	383		
Cree en el dicho “El que no arriesga no gana”	Hombre	212	178,83	37912,00
	Mujer	171	208,33	35624,00
	Total	383		
¿Ha fracasado previamente en la realización de un proyecto, iniciativa o creación de empresa?	Hombre	212	202,32	42892,00
	Mujer	171	179,20	30644,00
	Total	383		

Tabla 3: Estadísticos de prueba

	¿Escucha la opinión de aquellos que entienden un problema de manera diferente a la propia?	¿Se adapta fácilmente a los cambios?	Observa con detalle y atención los entornos que lo rodean	Considera usted que es importante idealizar nuevos productos y/o servicios con potencial de mercado.	Cree en el dicho “El que no arriesga no gana”	¿Ha fracasado previamente en la realización de un proyecto, iniciativa o creación de empresa?
U de Mann-Whitney	16114,500	15814,000	16012,500	15315,500	15334,000	15938,000
W de Wilcoxon	38692,500	30520,000	38590,500	37893,500	37912,000	30644,000
Z	-2,033	-2,283	-2,099	-2,751	-2,786	-2,121
Sig. asintótica (bilateral)	,042	,022	,036	,006	,005	,034

a. Variable de agrupación: Género

La decisión estadística refleja la existencia de diferencias significativas entre los grupos (Tabla 4). El gráfico de frecuencias (Figura 1) muestra una mayor concentración de mujeres en las categorías asociadas a una mayor disposición a considerar perspectivas distintas, mientras que los hombres presentan frecuencias relativamente más elevadas en las categorías de menor frecuencia de este comportamiento.

Para la variable relacionada con la capacidad de adaptación al cambio, los hombres presentaron un rango promedio de 202,91, superior al de las mujeres (178,48) (Tabla 2). El resultado obtenido fue $p = 0,022$ (Tabla 3), lo que conduce al rechazo de la hipótesis nula. La decisión estadística confirma la diferencia significativa entre los grupos (Tabla 4). La representación gráfica (Figura 2) refleja una mayor

proporción de hombres en los niveles que indican mayor frecuencia de adaptación, mientras que las mujeres se concentran en categorías más bajas de dicha capacidad.

En el análisis de la observación detallada del entorno, las mujeres registraron un rango promedio de 204,36 frente al 182,03 de los hombres (Tabla 2). Se obtuvo un valor de $p = 0,036$ (Tabla 3), permitiendo rechazar la hipótesis nula. La decisión estadística respalda la existencia de diferencias significativas (Tabla 4). El gráfico correspondiente (Figura 3) muestra una distribución donde el grupo femenino presenta mayores frecuencias en las categorías asociadas a una observación sistemática de los entornos, mientras que el grupo masculino se ubica con mayor frecuencia en los niveles inferiores de esta variable.

Tabla 4: Resumen de contrastes de hipótesis

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1 La distribución de ¿Escucha la opinión de aquellos que entienden un problema de manera diferente a la propia? es la misma entre categorías de Género.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,042	Rechace la hipótesis nula.
2 La distribución de ¿Se adapta fácilmente a los cambios? es la misma entre categorías de Género.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,022	Rechace la hipótesis nula.
3 La distribución de Observa con detalle y atención los entornos que lo rodean es la misma entre categorías de Género.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,036	Rechace la hipótesis nula.
4 La distribución de Considera usted que es importante idealizar nuevos productos y/o servicios con potencial de mercado. es la misma entre categorías de Género.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,006	Rechace la hipótesis nula.
5 La distribución de: Cree en el dicho “El que no arriesga no gana” es la misma entre categorías de Género.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,005	Rechace la hipótesis nula.
6 La distribución de ¿Ha fracasado previamente en la realización de un proyecto, iniciativa o creación de empresa? es la misma entre categorías de Género.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,034	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

Respecto a la variable que evalúa la importancia de idealizar nuevos productos o servicios con potencial de mercado, el rango promedio fue de 208,44 en mujeres y de 178,74 en hombres (Tabla 2). Se obtuvo un valor de $p = 0,006$ (Tabla 3), lo que permite el rechazo de la hipótesis nula. La decisión estadística confirma la diferencia observada (Tabla 4). En la representación gráfica (Figura 4), se evidencia una mayor concentración de respuestas femeninas en los niveles superiores de idealización de oportunidades de mercado, mientras que los hombres presentan una distribución desplazada hacia los niveles inferiores.

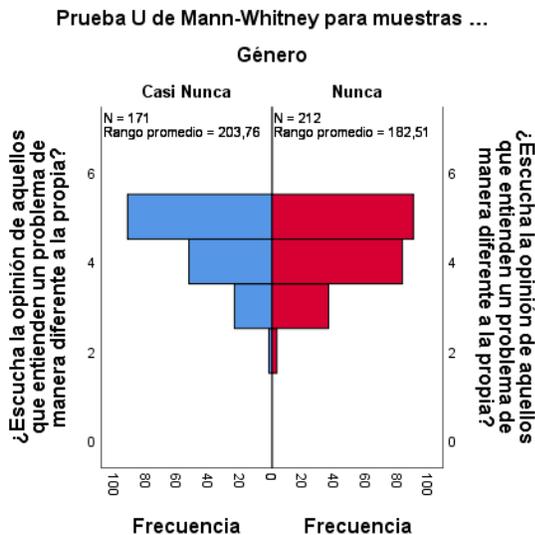


Figura 1: Comparación de rangos promedio según género en la variable ¿Escucha la opinión de aquellos que entienden un problema de manera diferente a la propia

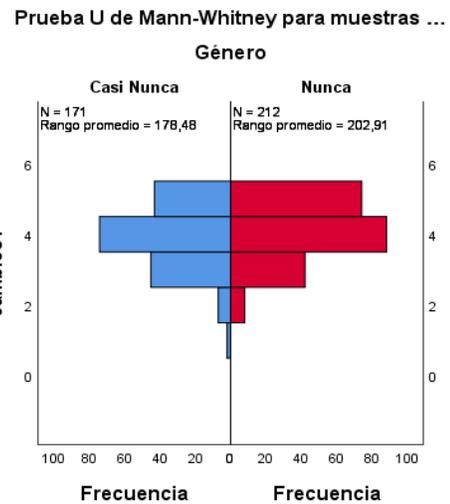


Figura 2: Comparación de rangos promedio según género en la variable “Se adapta fácilmente a los cambios”

En la variable referida a la creencia en el dicho "El que no arriesga no gana", el rango promedio fue superior en mujeres (208,33) en comparación con hombres (178,83) (Tabla 2). El análisis reportó un valor de significación de $p = 0,005$ (Tabla 3), permitiendo rechazar la hipótesis nula. La decisión estadística establece la existencia de diferencias significativas (Tabla 4). La representación gráfica (Figura 5) indica un mayor volumen de respuestas femeninas en las categorías asociadas a una mayor disposición al riesgo, mientras que los hombres concentran frecuencias en los niveles más bajos de acuerdo con esta afirmación.

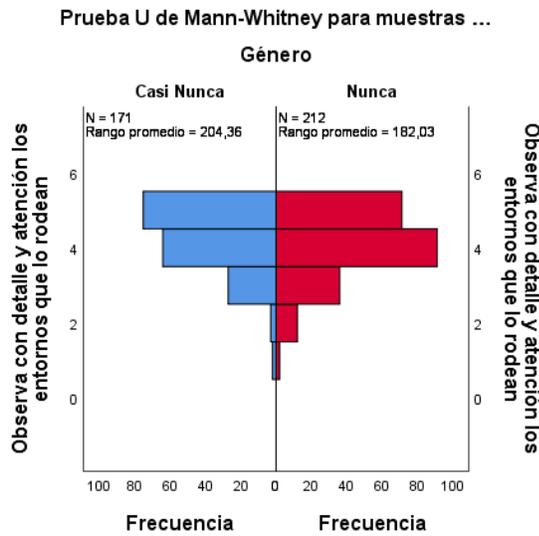


Figura 3: Distribución de rangos promedio por género en la variable “Observa con detalle y atención los entornos que lo rodean”

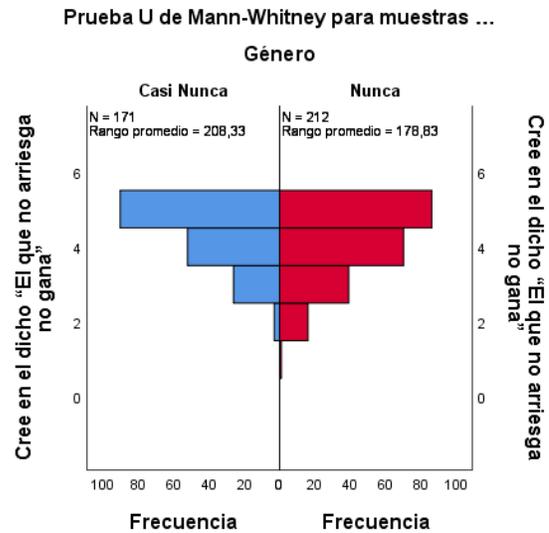


Figura 5: Distribución de rangos promedio por género en la variable “Cree en el dicho ‘El que no arriesga no gana’”

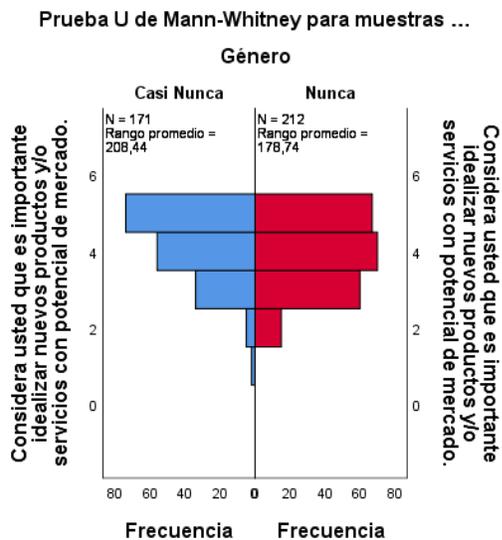


Figura 4: Comparación de rangos promedio según género en la variable “Considera importante idealizar nuevos productos y/o servicios con potencial de mercado”

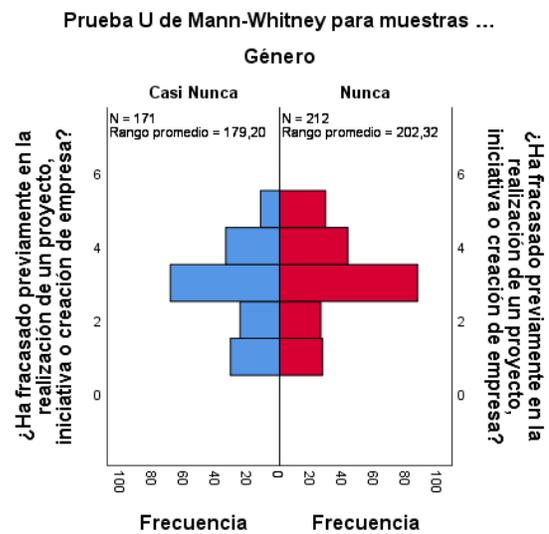


Figura 6: Comparación de rangos promedio según género en la variable “¿Ha fracasado previamente en la realización de un proyecto, iniciativa o creación de empresa?”

En cuanto a la variable sobre experiencias previas de fracaso en la realización de proyectos, iniciativas o creación de empresas, los hombres presentaron un rango promedio de 202,32, mientras que las mujeres alcanzaron 179,20 (Tabla 2). Se obtuvo un valor de significación de $p = 0,034$ (Tabla 3), conduciendo al rechazo de la hipótesis nula. La decisión estadística confirma diferencias significativas entre los grupos (Tabla 4). El gráfico (Figura 6) muestra una mayor proporción de hombres en las categorías indicativas de haber enfrentado experiencias de fracaso previas, mientras que las

mujeres presentan frecuencias más altas en los niveles de ausencia de estas experiencias.

5. Discusión

Los resultados muestran perfiles diferenciados de competencias emprendedoras según género en estudiantes de Ingeniería, Industria y Construcción. Las mujeres presentaron rangos promedio significativamente más altos en competencias vinculadas a la escucha activa de opiniones externas, la observación del entorno, la idealización de

nuevos productos o servicios, y la disposición a asumir riesgos. Estos resultados sugieren que, en esta muestra, las estudiantes mujeres manifiestan una orientación más fuerte hacia el análisis externo, la vigilancia de oportunidades y la creatividad prospectiva, componentes ampliamente reconocidos en los modelos de identificación de oportunidades emprendedoras.

En la competencia de apertura cognitiva y receptividad a perspectivas externas, las mujeres mostraron mayor disposición a integrar diversas opiniones, lo que concuerda con los planteamientos de (Milanov et al., 2025) sobre la búsqueda activa de aprendizajes holísticos y la generación de nuevas ideas. Este resultado es consistente con (Gallegos et al., 2025), quienes destacan el papel del aprendizaje activo y experiencial en el desarrollo de competencias emprendedoras, así como con (García et al., 2025), quienes señalan la importancia de gestionar conocimientos diversos para resolver situaciones complejas.

En relación con la capacidad de observación y análisis del entorno, las estudiantes mujeres demostraron mayor atención al detalle, lo cual coincide con lo expuesto por (Gallegos et al., 2025), quienes identifican la autoeficacia y la identificación de oportunidades como factores centrales en la intención emprendedora femenina. Esta observación también se relaciona con los planteamientos de (Alcalá & Caballero, 2025; Espinosa-Vélez et al., 2024), quienes resaltan el rol de la creatividad y la percepción de facilidad para emprender en la detección de oportunidades.

Respecto a la orientación hacia la generación de ideas de negocio, las mujeres asignaron mayor relevancia a la idealización de nuevos productos y servicios. Este hallazgo es coherente con lo planteado por (Gallegos et al., 2025), quienes indican que la creatividad y la proactividad fortalecen la intención emprendedora femenina. De igual forma, coincide con las aportaciones de (Collado-Domínguez, 2024; García et al., 2025), quienes destacan la vinculación entre la responsabilidad social, el desarrollo sustentable y la generación de nuevas ideas de negocio.

En la competencia de tolerancia al riesgo y disposición a enfrentar incertidumbre, los resultados muestran una mayor aceptación del riesgo en las mujeres. Este comportamiento se alinea con los planteamientos de (Gallegos et al., 2025), quienes reconocen la importancia del desarrollo de competencias para la asunción de riesgos en el fortalecimiento de la intención emprendedora femenina. También se relaciona con lo expuesto por (Espinosa-Vélez et al., 2024; Rojas & Chávez, 2024), quienes resaltan el papel de la gestión del riesgo como habilidad central en el emprendimiento.

En contraste, los hombres obtuvieron rangos promedio superiores en la competencia de adaptabilidad operativa al

cambio y en la experiencia de fracasos previos. La mayor adaptabilidad al cambio puede asociarse a una mayor capacidad de ajuste ante entornos dinámicos, como lo describen (García et al., 2025; Landa Agurto, 2024), quienes destacan la relevancia de la resiliencia y la flexibilidad para enfrentar transformaciones organizacionales y tecnológicas.

Respecto a la experiencia de fracaso emprendedor, aunque la evidencia empírica sobre este aspecto es limitada, (Milanov et al., 2025) sugieren que los aprendizajes derivados de experiencias previas fallidas enriquecen el desarrollo de competencias emprendedoras acumulativas. Los hallazgos empíricos permiten identificar perfiles diferenciados por género en las competencias emprendedoras analizadas, los cuales mantienen correspondencia con los planteamientos teóricos revisados.

6. Conclusiones

El estudio permitió identificar diferencias significativas en competencias emprendedoras según género entre estudiantes universitarios de las carreras de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. A través de la aplicación de la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, se constató que las mujeres presentan una mayor disposición a escuchar opiniones diversas, una observación más detallada del entorno, mayor interés en la idealización de productos o servicios con potencial de mercado y una actitud más favorable hacia la asunción de riesgos. Estos hallazgos sugieren una orientación más fuerte hacia el análisis prospectivo, la apertura cognitiva y la creatividad en el grupo femenino.

Por su parte, los hombres mostraron niveles significativamente más altos en dos dimensiones específicas: la capacidad de adaptarse al cambio y la experiencia previa en fracasos relacionados con iniciativas emprendedoras. Este resultado puede asociarse con una mayor resiliencia ante transformaciones del entorno y una exposición práctica más frecuente a procesos de emprendimiento, lo cual representa una ventaja en términos de aprendizaje por experiencia acumulada.

Los resultados evidencian la existencia de perfiles diferenciados en el desarrollo de competencias emprendedoras por género, los cuales deben ser considerados en el diseño de estrategias de formación emprendedora dentro del entorno universitario. Las instituciones de educación superior tienen la posibilidad de fortalecer dichas competencias mediante el desarrollo de programas formativos sensibles a las diferencias individuales y con un enfoque en la potenciación de habilidades complementarias, como la tolerancia al fracaso, la creatividad aplicada y la gestión de la incertidumbre.

El análisis también reafirma la pertinencia de incorporar el enfoque de género en los estudios sobre intención y desempeño emprendedor. Asimismo, se recomienda profundizar en futuras investigaciones sobre otros factores condicionantes de las competencias emprendedoras, como el entorno familiar, las motivaciones personales y el acceso a redes de apoyo institucional.

Referencias

- Alcalá, A., & Caballero, D. (2025). Licencia CC BY. Explorando la intención emprendedora y la creatividad. In www.revistainvecom.org (Vol. 5). www.revistainvecom.org.
- Bae, Tae Jun, Qian, Shanshan, Miao, Chao, & Fiet, James O. (2014). The Relationship between Entrepreneurship Education and Entrepreneurial Intentions: A Meta-Analytic Review. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 38(2), 217–254. <https://doi.org/10.1111/etap.12095>
- Brush, C., Edelman, L. F., Manolova, T., & Welter, F. (2019). A gendered look at entrepreneurship ecosystems. *Small Business Economics*, 53(2), 393–408. <https://doi.org/10.1007/s11187-018-9992-9>
- Collado-Dominguez, E. A. (2024). Emprendimiento y Responsabilidad Social en la Educación como Clave para Desarrollo Sostenible. *Revista Docentes 2.0*, 17(2), 390–403. <https://doi.org/10.37843/rtded.v17i2.585>
- Espinosa-Vélez, M. P., Mahauad, M. D., & Rojas, T. M. (2024). Analysis of the factors that influence the probability of entrepreneurship in Ecuador. *European Public and Social Innovation Review*, 9. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-824>
- Gallegos, A., Rodríguez-Zavala, L., Martínez-Valera, P., Bouroncle-Velásquez, M. R., Vega-Mori, L., Teodoride-la-Puente, R., & Valencia-Arias, A. (2025). Factors that determine female entrepreneurial intention: A systematic review of the literature. *Intangible Capital*, 21(1), 78–115. <https://doi.org/10.3926/IC.2785>
- García, A. L., Corona, K., & Hernández, R. (2025). Análisis factorial exploratorio del instrumento para medir la efectividad del proceso educativo relacionado al emprendimiento en estudiantes de educación superior. *Espacios*, 46(02), 27–37. <https://doi.org/10.48082/espacios-a25v46n02p03>
- Landa Agurto, C. (2024). Design of an academic management model for the training of entrepreneurs. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 28(Special), 141–151. <https://doi.org/10.47460/uct.v28ispecial.784>
- Man, T. W. Y., Lau, T., & Chan, K. F. (2002). The competitiveness of small and medium enterprises: A conceptualization with focus on entrepreneurial competencies. *Journal of Business Venturing*, 17(2), 123–142. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0883-9026\(00\)00058-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0883-9026(00)00058-6)
- Martins, Pérez, Suárez, Álzate, & Rodríguez. (2018). Encuesta sobre la percepción, intención y actitud emprendedora de estudiantes universitarios.
- Milanov, H., Prantl, K., Sheppard, S., & Ge, X. (2025). “I could, but why should I?”: Entrepreneurial women’s career pathways and how founding fits in (or doesn’t). *Journal of Business Venturing Insights*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2025.e00516>
- Noguera, M., Alvarez, C., & Urbano, D. (2013). Socio-cultural factors and female entrepreneurship. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 9(2), 183–197. <https://doi.org/10.1007/s11365-013-0251-x>
- Peña, T., Castellano, Y., & Welsy, D. (2016). Las Prácticas Profesionales como Potenciadoras del Perfil de Egreso. Caso: Escuela de Bibliotecología y Archivología de La Universidad del Zulia. *Paradigma*. XXXVII (1).
- Rojas, M., & Chávez, K. (2024). Factores determinantes del éxito de los emprendimientos universitarios. *REVISTA INVECOM*. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2739-00632024000200139
- Wilson, Fiona, Kickul, Jill, & Marlino, Deborah. (2007). Gender, Entrepreneurial Self-Efficacy, and Entrepreneurial Career Intentions: Implications for Entrepreneurship Education1. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 31(3), 387–406. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2007.00179.x>

Contribución de los autores (CRediT)

Rangel-Anchundia, L.: Conceptualización, Diseño de la investigación, Revisión bibliográfica, Análisis e interpretación de los datos, Redacción – borrador original del artículo, Preparación y edición del manuscrito. **Peña-Miguel, M.;** **Echegaray, L.:** Revisión crítica del contenido, Corrección de estilo, Supervisión académica, Revisión – edición del artículo.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a

persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual .4.0