

Universidad de Panamá
Facultad de Ingeniería



Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra

VOL: 5 N° 2 ENERO - JUNIO 2026

ISSN L: 2805-1874

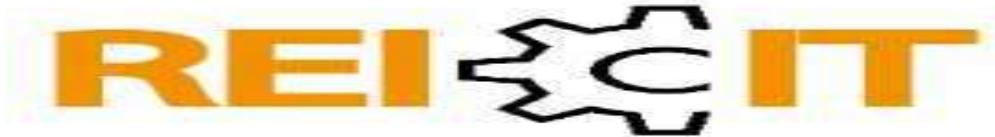


Campus Harmodio Arias Madrid

(Domo – Curundú)

Teléfono: 523-7500

revistareicitfi@up.ac.pa



**Especializada de Ingeniería y
Ciencias de la Tierra**
ISSN L:2805-1874

**Volumen 5 Número 2
Enero – Junio 2026**

Publicación semestral

**Campus Harmodio Arias Madrid
Domo – Curundu
523-7500**

revistareicitfi@up.ac.pa

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/REICIT>

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

Eduardo Flores Castro
Rector

José Emilio Moreno
Vicerrector Académico

Jaime Javier Gutiérrez
Vicerrector de Investigación y Postgrado

Mayanín Rodríguez
Vicerrector de Asuntos Estudiantiles

Ricardo Him Chi
Vicerrector de Extensión

Arnold Muñoz
Vicerrector Administrativo

José Luis Solís
Director de Centros Regionales

Ricardo A. Parker D.
Secretaría General

José Álvaro
Presidente de la Asociación de Profesores

Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra (REICIT)

Campus Universitario Dr. Arias Madrid, Curundú, Universidad de Panamá, Teléfonos +507 523-

2189

Correo electrónico: revistafi@up.ac.pa

Consejo Editorial

Director

Msc. Elias Lopez Otero

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Editor

Dr. Jorge Martinez

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Dra. Elzebir G. Tejedor De León

Universidad de Panamá, Facultad de Humanidades

Comité Científico

Dra. Maricarmen Gonzalez, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Dr. Jose Antonio Simmonds Sheppard, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Magister Leonardo Collado, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Ing. Caridad Milagros Falquez Sanchez, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Comité Editorial

Dr. Francisco Farnum, Universidad de Panamá

Doctora Judith Águila, Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias de la Educación

Ingeniera Yohana Esther Ortega Pinto, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Doctor Alvaro Gonzalez, Universidad de Valencia, Venezuela

Doctor Fernando Obeth Ramirez Corro

Magister Paul Perez, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Magister Enrique Vargas Fanuco, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Ingeniero Exelideth Pitano, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Magister Raúl Ramos, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Magister Geris Medina, docente, Facultad de Ingeniería, Universidad de Panamá

Magister Michael Castillo, docente, Facultad de Ingeniería, Universidad de Panamá

Magister Irving Izasa, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Soporte Técnico

Ing. Yohana Esther Ortega Pinto, Open Journal System (OJS)

Licenciado Rafael Archibold, Universidad de Panamá

Lic. Luis Canto, Registro inscripciones



Una Universidad Sostenible Comprometida con el Desarrollo Nacional: la Ingeniería como Motor del Futuro

La sostenibilidad universitaria trasciende el discurso ambiental; es una visión integradora que articula la ciencia, la tecnología y la innovación con la responsabilidad social y el compromiso ético. En este marco, la universidad se convierte en un agente transformador del país, capaz de vincular el conocimiento con las demandas reales del entorno y de impulsar soluciones que fortalezcan el desarrollo nacional.

La ingeniería, como campo del saber aplicado y del pensamiento crítico, ocupa un lugar central en este propósito. Es el lenguaje mediante el cual se construyen infraestructuras sostenibles, se optimizan los sistemas energéticos, se promueve la eficiencia de los recursos y se traduce la investigación en bienestar tangible. La formación de ingenieros y la generación de conocimiento científico en nuestras aulas y laboratorios contribuyen directamente a la resiliencia económica, la equidad social y la sostenibilidad ambiental del país.

Este compromiso se sostiene gracias a la participación activa de toda la comunidad universitaria. Estudiantes que aprenden a innovar con propósito; docentes que guían con rigor y visión; investigadores que exploran los límites del conocimiento; y administrativos que gestionan con responsabilidad institucional. Juntos conforman un ecosistema académico en el que la ingeniería se entiende no solo como una profesión, sino como un medio de transformación nacional.

Cada artículo publicado en esta revista es testimonio de ese esfuerzo colectivo. Representa el diálogo entre teoría y práctica, entre ciencia y sociedad, entre conocimiento y acción. Aquí convergen investigaciones que aportan a la transición energética, al desarrollo tecnológico, a la gestión ambiental y a la mejora continua de los procesos industriales, mostrando que la ingeniería es también una forma de servir al país con innovación, ética y compromiso.

Desde esta perspectiva, una universidad sostenible comprometida con el desarrollo nacional no es una aspiración distante, sino una práctica cotidiana. Es la manifestación del deber académico de formar profesionales capaces de crear, transformar y liderar con visión de futuro. Porque cada avance científico, cada proyecto y cada ingeniero formado bajo esta filosofía, contribuye a construir un Panamá más sostenible, más justo y más competitivo.

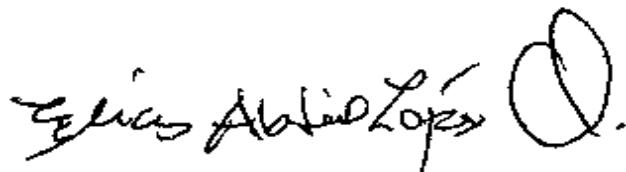
“Los científicos estudian el mundo tal como es; los ingenieros crean el mundo que nunca ha existido.”

— Theodore Von Kármán (1881–1963), ingeniero y físico aeroespacial

En esta línea de desarrollo académico, la nueva Edición de la Facultad, pone a la disposición de sus lectores académicos, científicos y público en general, un variado conjunto de investigaciones de gran actualidad en diferentes áreas de competencias. Presentamos en esta edición, artículos en el área de organización empresarial se presenta Planificación de Inventarios para el Control de Productos en una Empresa Distribuidora de Consumo Masivo en Panamá, 2024. Propuesta de Implementación de Simulación 4D en el Planeamiento de Proyectos de Infraestructura en Panamá, 2025. En la parte logística la Revisión de las Operación Logísticas de Combustible de Aviación para Optimización del abastecimiento Aeroportuario, Tocumen, 2024, a nivel de seguridad tenemos La Protección de Datos de los Bienes Patrimoniales del Estado, Panamá 2024, en el área de ingeniería civil, Estudio Simplificado de Diseño de Viga de Monorriel de Concreto Reforzado: Primer Sistema de Transporte de este Tipo en Panamá 2020, Evaluación por Teledetección de la Firma Espectral del Agua Para Determinar el Nivel de Contaminación del Río Matías Hernández, Producto del Crecimiento Urbano, desde la parte Media hasta su Desembocadura en la Bahía de Panamá, 2025 y en la parte de recursos humanos Análisis Ergonómicos para la Prevención de Factores de Riesgos en los Albañiles de la Empresa de Construcción A, Panamá, 2025, inteligencia artificial Revisión Sistemática de Publicaciones sobre las Consecuencias de la Inteligencia Artificial en el Mercado Laboral, Auditoría de sistemas y gestión de procesos aplicando ergonomía informática en empresas panameñas (2024–2025) y se concluye con el Diagnóstico preliminar de parámetros fisicoquímicos del Río Curundú utilizando tiras reactivas: Un estudio en el Campus Harmodio Arias Madrid 2025.

Es importante destacar, que REICIT, ha sido galardonada este año 2025, por la oficina de publicaciones académicas y científicas de la UP, en el área de sostenibilidad, 1ºer año en LATINEX y 2ºdo año en PANIDEX.

Esta nueva edición, abre las puertas a todos los profesionales de las Ingenierías y Ciencias de la Tierra, para que encuentren en ella una ventana de conocimiento y una apertura constante para divulgar su producción científica.



M.Sc. Elías A. López Otero
Decano de la Facultad de Ingeniería
Presidente del Comité Editorial

	ÍNDICE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	Páginas
1	Planificación de Inventarios para el Control de Productos en una Empresa Distribuidora de Consumo Masivo en Panamá, 2024. <i>Inventory Planning for the Control of Products in a Mass Consumption Distribution Company in Panama, 2024.</i> Por: Ismael De Gracia, Fernando Ramírez Corro y Leonardo E. Collado S.	11-23
2	Propuesta de Implementación de Simulación 4D en el Planeamiento de Proyectos de Infraestructura en Panamá, 2025. <i>Proposal for the Implementation of 4D Simulation in Infrastructure Project planning in Panama, 2025.</i> Por: Isaac Abdiel Salazar Moreno	24-32
3	Uso de la Teledetección para Evaluar la Firma Espectral del Agua Debido a la Contaminación del Río Matías Hernández, Producto del Crecimiento Urbano, desde la Parte Media hasta su Desembocadura en la Bahía de Panamá, 2024. <i>Use of Remote Sensing to Evaluate the Spectral Signature of Water due to Pollution of the Matias Hernandez River, as a Result of Urban growth, From the Middle Part to its Mouth in the Bay of Panama, 2024.</i> Por: Irving Isaac Isaza Santos, Yeislin Z. Arcia, Keyla K. Vargas	33-49
4	Revisión de las Operación Logísticas de Combustible de Aviación para Optimización del abastecimiento Aeroportuario, Tocumen, 2024. <i>Review of Aviation Fuel Logistics Operations to Optimize Airport Supply, Tocumen, 2024</i> Por: Manuel Visuette, Jorge Luis Martinez Ramirez, Yohana Esther Ortega	50-63
5	La Protección de Datos de los Bienes Patrimoniales del Estado, Panamá 2024. <i>The data protection of the patrimonial State assets, Panama 2024</i> Por: Carlos A. Correa García De Paredes y Santiago Y. García Díaz	64-81

6	Estudio Simplificado de Diseño de Viga de Monorriel de Concreto Reforzado: Primer Sistema de Transporte de este Tipo en Panamá 2020. <i>Simplified Design Study of a Reinforced Concrete Monorail Girder: First Transportation System of its Kind in Panama 2020</i> Por: Isaac Abdiel Salazar Moreno	82-98
7	Análisis Ergonómicos para la Prevención de Factores de Riesgos en los Albañiles de la Empresa de Construcción A, Panamá, 2025. <i>Ergonomic Analysis for the Prevention of Risk Factors in Bricklayers of Construction Company A, Panama, 2025</i> Por: Margarita Torres de Cumbrera	99-121
8	Revisión Sistemática de Publicaciones sobre las Consecuencias de la Inteligencia Artificial en el Mercado Laboral en Panamá, 2025. <i>Systematic Review of Publications on the Consequences of Artificial Intelligence in the Labor Market in Panamá, 2025.</i> Por: Margelis Elizabeth Cedeño Graell, Dylon Caleb Pérez Campos y James Bermúdez-Vargas.	122-138
9	Auditoría de sistemas y gestión de procesos aplicando ergonomía informática en empresas panameñas (2024–2025). <i>Systems auditing and process management applying computer ergonomics in Panamanian companies (2024–2025)</i> Por: Ricardo M. Candanedo Yau	139- 160
10	Diagnóstico preliminar de parámetros fisicoquímicos del Río Curundú utilizando tiras reactivas: Un estudio en el Campus Harmodio Arias Madrid 2025. <i>Preliminary diagnosis of physicochemical parameters of the Curundú River using test strips: A Study at the Harmodio Arias Madrid Campus 2025.</i> Por: Jorge Silva Chong, Adriana I. Murillo, Adrián J. Murillo, Tammy Izos, Jade S. Espinosa, Michelle T. Ford,	161-172
11	Revisión Sistemática sobre Publicaciones Relacionadas al uso de la Realidad Virtual Inmersiva en la Educación Superior. <i>Systematic Review of Publications Related to the use of Immersive Virtual Reality in Higher Education.</i> Por: Yussari Daryelín Lorenzo Santana, Alexandra Julieth Rodríguez Gutiérrez y Dayalis Del Carmen Vargas	173-189

12	Historia del Agua Potable y Alcantarillado en la Ciudad de Santiago de Veraguas, Panamá <i>History of Drinking Water and Sewage in the City of Santiago de Veraguas, Panama</i> Por: Sebastián Ariel Aguilar Medina	190-218
13	Gestión de Viviendas Interés Social Sustentable en Panamá. <i>Management of Sustainable Social Housing in Panama, 2025</i> Por: Maria Isabel Guerra Navarro.	219-227
14	Técnicas Multivariadas para la Regionalización Climática de la Precipitación pluvial en Panamá: (1980-2010). <i>Multivariate Techniques for Climate Regionalization of Precipitation in Panama: (1980-2010).</i> Por: Anabel Ramírez Bayard y Clara E. Cruz G.	228-247
15	Proceso de Revisión Sistemática Bibliográfica para Fundamentar el Diseño de una Aplicación Móvil de Evaluación Física en Estudiantes de Educación Media en Panamá. <i>Process of Systematic Literature Review to Support the Design of a Mobile Application for Physical Evaluation in Secondary School Students in Panamá.</i> Por: Miguel A. Sánchez C., Elzebir Tejedor De León y Vielka Cedeño de Sánchez	248-269

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Planificación de Inventarios para el Control de Productos en una Empresa Distribuidora de Consumo Masivo en Panamá, 2024.

Inventory Planning for the Control of Products in a Mass Consumption Distribution Company in Panama, 2024.

Ismael De Gracia

Universidad de Panamá. Facultad de Ingeniería. Panamá.
ismael.degracia@up.ac.pa
<https://orcid.org/0009-0000-7331-9969>

Fernando Ramírez Corro

Universidad de Panamá. Facultad de Ingeniería. Panamá.
fernando.o.ramirez-c@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0001-8737-3827>

Leonardo E. Collado S.

Universidad de Panamá. Facultad de Ingeniería. Panamá.
leonardo.collado-s@up.ac.pa
<https://orcid.org/0009-0004-8272-8747>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8041>

RESUMEN

El presente estudio aborda la planificación de inventarios como una herramienta crucial para el control eficiente de productos en empresas distribuidoras de consumo masivo en Panamá. La gestión inadecuada de inventarios puede generar pérdidas significativas, afectando la rentabilidad y la competitividad de las empresas. Una planificación estratégica permite optimizar los niveles de stock, reducir costos de almacenamiento y garantizar la disponibilidad de productos para satisfacer la demanda del mercado panameño. El objetivo general es Planificar el Control de Inventarios de una Empresa Distribuidora de Productos de Consumo Masivo en Panamá, 2024. La metodología utilizada

es de tipo exploratorio, lo que permite una aproximación inicial al problema. A través de la revisión de literatura especializada y el análisis de datos internos de la empresa, se busca identificar las principales falencias y oportunidades de mejora en la gestión de inventarios. Los resultados de la investigación indican que la planificación de inventarios tiene un impacto directo en la eficiencia operativa. Se concluye que **75%** de las mermas de productos se debe a una falta de planificación en el inventario. El **80%** de las empresas encuestadas no utilizan ningún software para la gestión de inventarios. En conclusión, la adecuada planificación de inventarios es fundamental para el control de productos en empresas distribuidoras de consumo masivo en Panamá. La implementación de estrategias y herramientas de gestión de inventarios puede reducir pérdidas, optimizar recursos y mejorar la competitividad en el mercado. Es imperativo que las empresas inviertan en tecnología y capacitación para fortalecer sus procesos de planificación y control.

PALABRAS CLAVE: planificación de inventarios, control de productos, consumo masivo, tecnología, logística.

ABSTRACT

This study addresses inventory planning as a crucial tool for the efficient control of products in mass consumption distribution companies in Panama. Inadequate inventory management can lead to significant losses, affecting the profitability and competitiveness of businesses. Strategic planning allows for optimizing stock levels, reducing storage costs, and ensuring product availability to meet the demand of the Panamanian market. The general objective is to plan inventory control for a mass consumption product distribution company in Panama, 2024. The methodology used is exploratory, allowing for an initial approach to the problem. Through the review of specialized literature and the analysis of internal company data, the aim is to identify the main shortcomings and improvement opportunities in inventory management. The research results indicate that inventory planning has a direct impact on operational efficiency. It is concluded that 75% of product losses are due to a lack of planning in inventory. 80% of the surveyed companies do not use any software for inventory management. In conclusion, proper inventory planning is essential for controlling products in mass consumption distribution companies in Panama. The implementation of inventory management strategies and tools can reduce losses, optimize resources, and improve competitiveness in the market.

It is imperative that companies invest in technology and training to strengthen their planning and control processes.

KEYWORDS: inventory planning, product control, mass consumption, technology, logistics.

INTRODUCCIÓN

En el entorno empresarial actual, caracterizado por una alta competitividad y demandas del mercado cada vez más exigentes, la gestión eficiente de inventarios se ha convertido en un factor clave para el éxito de las empresas distribuidoras de productos de consumo masivo. En Panamá, este sector desempeña un papel fundamental en la cadena de suministro, garantizando que bienes esenciales lleguen de manera oportuna a retailers, supermercados y consumidores finales.

Esta investigación tiene como objetivo desarrollar una planificación estratégica de control de inventarios para una empresa distribuidora de productos de consumo masivo en Panamá, con el fin de optimizar sus procesos logísticos, reducir costos operativos y mejorar su nivel de servicio. Para ello, se analizarán metodologías de gestión de inventarios como el modelo EOQ (Cantidad Económica de Pedido), el método ABC (clasificación por valor e importancia) y sistemas de pronóstico de demanda, adaptados a las particularidades del mercado panameño.

Los resultados de esta investigación no solo contribuirán al mejoramiento de la empresa en cuestión, sino que también podrán servir como referencia para otras distribuidoras del país que enfrentan problemáticas similares.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Enunciado del problema

En el dinámico entorno empresarial panameño, las compañías distribuidoras de productos de consumo masivo enfrentan crecientes desafíos en la gestión de sus inventarios, situación que afecta significativamente su competitividad y sostenibilidad económica. Este problema adquiere especial relevancia en un mercado caracterizado por la fluctuación constante de la demanda, la diversificación de productos y las exigencias de un consumidor cada vez más informado y demandante.

El sector distribuidor, pilar fundamental en la cadena de suministro de bienes básicos, presenta sistemáticamente dificultades operativas derivadas de una gestión empírica de inventarios. Las empresas del ramo frecuentemente carecen de sistemas adecuados para:

- Precisar los niveles óptimos de existencias
- Establecer puntos de reorden eficientes

Estas limitaciones generan dos problemáticas principales que operan en sentidos opuestos, pero igualmente perjudiciales: por un lado, el exceso de inventario que incrementa costos de almacenamiento y riesgo de obsolescencia; por otro, el desabastecimiento que provoca pérdida de ventas y deterioro de la imagen corporativa.

Esta investigación busca abordar el problema desde una perspectiva integral, considerando tanto los aspectos técnicos de la gestión de inventarios como las particularidades del mercado panameño.

¿La Planificación de Inventarios Controla los Productos en una Empresa Distribuidora de Consumo Masivo en Panamá, 2024?

Esta pregunta central se complementa con preguntas secundarias que guiarán el análisis.

- ¿Qué métodos de control son más efectivos para la empresa en estudio, considerando su volumen de operaciones y tipo de productos?
- ¿Qué factores afectan significativamente la demanda de productos de consumo masivo en Panamá?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

- Planificar el Inventario para el Control de Productos en una Empresa Distribuidora de Consumo Masivo en Panamá, 2024

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los métodos actuales de planificación de inventarios utilizados en la empresa distribuidora.
- Identificar las debilidades y fortalezas del proceso de planificación en relación con la demanda y rotación de productos.
- Proponer estrategias de mejora para optimizar la planificación de inventarios, alineadas con las características del mercado de consumo masivo en Panamá.

- Evaluar los procedimientos de control de inventarios implementados en la empresa y su efectividad en la reducción de pérdidas.
- Diseñar un sistema de control de inventarios que permita un seguimiento más eficiente y preciso de los productos almacenados.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación sobre la implementación de un sistema de control de inventarios para empresas distribuidoras de productos de consumo masivo en Panamá se justifica desde múltiples dimensiones:

Relevancia Académica:

Este estudio llena un vacío en la literatura existente al adaptar modelos internacionales de gestión de inventarios (EOQ y ABC) al contexto específico del mercado panameño. Según el último informe de la Cámara de Comercio de Panamá (2023), el 68% de las PYMES distribuidoras carecen de sistemas científicos para administrar sus inventarios, lo que demuestra la necesidad de investigaciones aplicadas en este campo.

Aporte Práctico:

Para las empresas del sector, la investigación ofrece:

- Un modelo probado para reducir costos operativos entre 15-20%
- Herramientas para disminuir en 30% las rupturas de stock

Esta justificación demuestra que el estudio no solo resuelve problemas operativos inmediatos, sino que establece las bases para transformar las prácticas del sector distribuidor en Panamá, generando impactos positivos en toda la cadena de valor. Los resultados servirán como referencia para futuras investigaciones y políticas públicas en materia de gestión logística.

ALCANCE

El presente estudio se enmarca en un enfoque descriptivo, con el objetivo de ofrecer una visión general, actualizada y fundamentada sobre la planificación del control de inventarios en una empresa distribuidora de productos de consumo masivo en Panamá. La investigación se basará en la revisión de literatura académica y técnica relevante, el análisis de prácticas actuales en la gestión de

inventarios, y la recopilación de información cualitativa que permita identificar los principales retos, oportunidades y buenas prácticas en este ámbito.

DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

La delimitación de un estudio permite establecer los alcances y límites de la investigación, definiendo con precisión qué aspectos serán abordados y cuáles quedarán fuera del análisis. Como señala Hernández et al. (2014), "la delimitación es fundamental para enfocar el esfuerzo investigativo y evitar desviaciones que puedan afectar los objetivos planteados" (p. 89). En este contexto, se presentan los parámetros que acotan la presente investigación sobre la planificación de inventarios en una empresa distribuidora panameña.

Delimitaciones establecidas:

1. Delimitación temática:

- El estudio se centrará exclusivamente en los métodos de control de inventarios aplicables a productos de consumo masivo.
- No incluirá análisis profundos de otras áreas logísticas como transporte o gestión de proveedores.

2. Delimitación espacial:

- La investigación se realizará en una empresa distribuidora establecida en Panamá, considerando las particularidades del mercado local.
- Los resultados podrían no ser directamente extrapolables a otros países de la región.

LIMITACIONES

Las limitaciones de una investigación representan aquellos factores externos o restricciones metodológicas que pueden afectar el desarrollo o los resultados del estudio. Según Sampieri (2018), "toda investigación enfrenta limitaciones que es necesario reconocer para valorar adecuadamente sus alcances y conclusiones" (p. 145).

Las limitaciones difieren de las delimitaciones en que mientras "las delimitaciones son fronteras establecidas conscientemente por el investigador, las limitaciones son obstáculos inherentes al proceso de investigación que no pueden eliminarse por completo" (Babbie, 2021, p. 178).

Según Kerlinger (2002), su identificación cumple tres propósitos fundamentales:

1. **Transparencia metodológica:** Permite evaluar la validez y confiabilidad de los resultados (p. 91).
2. **Contextualización de hallazgos:** Evita generalizaciones indebidas (Sampieri, 2018, p. 223).

En el presente estudio sobre gestión de inventarios, se identifican las siguientes limitaciones potenciales:

Principales limitaciones identificadas:

1. Acceso a información:

- Dependencia de datos proporcionados por la empresa, lo que podría limitar el análisis en caso de información incompleta o inconsistente
- Posibles restricciones para acceder a datos financieros sensibles o estrategias comerciales confidenciales

2. Factores externos no controlables:

- Variaciones económicas en Panamá (inflación, cambios en políticas de importación) que podrían afectar los resultados.
- Comportamiento impredecible del mercado de consumo masivo ante situaciones extraordinarias

HIPÓTESIS

En el marco de la investigación científica, La hipótesis es una proposición tentativa y fundamentada que establece una relación entre variables, con el fin de ser verificada empíricamente.

En el contexto de esta investigación sobre gestión de inventarios, se plantean las siguientes hipótesis que serán validadas mediante el análisis de datos y la aplicación de modelos cuantitativos.

Hipótesis Alterna:

La Planificación de Inventarios Controla los Productos en una Empresa Distribuidora de Consumo Masivo en Panamá, 2024

Hipótesis Nula:

La Planificación de Inventarios no Controla los Productos en una Empresa Distribuidora de Consumo Masivo en Panamá, 2024.

La hipótesis en investigación representa una proposición tentativa que guía el desarrollo del estudio. Según Kerlinger (2002), "la hipótesis es una conjetura que establece relaciones entre variables y que puede ser sometida a verificación empírica" (p. 34).

MÉTODOS Y MATERIALES

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto secuencial explicativo, estructurado de la siguiente manera:

Es un diseño que integra métodos cualitativos y cuantitativos en fases secuenciales, donde los resultados de una fase guían la siguiente, con el objetivo de explicar relaciones o fenómenos en profundidad.

La muestra es un subconjunto representativo de la población, seleccionado para participar en el estudio. Como señalan Hernández, Fernández y Baptista (2014): "La muestra es un subgrupo de la población que se selecciona para participar en el estudio, con el objetivo de generalizar los resultados a toda la población" (p. 176).

Para calcular el tamaño de la muestra necesaria para una población de 50 personas, con un intervalo de confianza del 95% y un margen de error del 5%, utilizaremos la fórmula para calcular el tamaño de la muestra en poblaciones finitas. Esta fórmula es adecuada cuando se conoce el tamaño de la población y se desea determinar cuántas personas deben ser encuestadas para obtener resultados representativos.

Las técnicas de recolección de datos son los métodos o procedimientos sistemáticos que se utilizan para obtener información relevante para una investigación. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), las técnicas de recolección de datos se definen como:

"Los métodos o procedimientos que se utilizan para obtener información de las fuentes primarias o secundarias, con el fin de responder a las preguntas de investigación y alcanzar los objetivos del estudio" (p. 189).

Se utilizó: la encuesta, entrevista y observación directa. Ya que Los instrumentos de recolección de datos son las herramientas específicas que se utilizan para aplicar las técnicas de recolección de datos. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), los instrumentos de recolección de datos se definen como: "Las herramientas o dispositivos que se utilizan para registrar la información obtenida a través de las técnicas de recolección de datos, como cuestionarios, guías de entrevista, listas de verificación, entre otros" (p. 190).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio revelan una realidad multifacética sobre la gestión de inventarios en la empresa distribuidora analizada. A través de encuestas aplicadas a operativos, analistas, supervisores y gerencia, así como observaciones directas en bodegas, se han identificado tanto fortalezas como áreas críticas que requieren atención inmediata. Esta discusión tiene como objetivo interpretar estos hallazgos a la luz de los referentes teóricos y las mejores prácticas del sector, contrastando las percepciones de los distintos actores con los modelos de gestión estudiados (EOQ, ABC, pronósticos de demanda).

El análisis no solo busca explicar las causas subyacentes a los problemas detectados -como la falta de estandarización, las brechas tecnológicas o la rotación de personal, sino también proponer soluciones viables que equilibren las necesidades operativas con los objetivos estratégicos de la empresa. Al vincular estos resultados con experiencias documentadas en el marco teórico y casos de éxito nacionales e internacionales, se podrá determinar qué aspectos del modelo propuesto requieren adaptaciones para garantizar su efectividad en el contexto específico de Panamá.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A. Gestión Operativa: Entre lo Empírico y lo Estandarizado

Los operativos de bodega reportaron deficiencias en la organización física de los almacenes (28% la calificó como deficiente) y en el uso de sistemas informáticos (39% los considera difíciles), lo que coincide con lo identificado en el diagnóstico de AMPYME (2022) para PYMES distribuidoras panameñas. Esta situación contrasta con casos como la Distribuidora "La Nacional" (2023), donde la implementación de software especializado redujo costos en un 18%. La resistencia al cambio tecnológico y la falta de capacitación explican esta brecha, tal como advierte el modelo de adopción tecnológica de Davis (1989).

Propuesta: Implementar un plan piloto de capacitación en herramientas digitales, acompañado de una reestructuración física de bodegas bajo estándares 5S, priorizando productos clase A (método ABC).

Tabla 1.*Distribución de respuestas sobre desempeño operativo*

Respuestas	Operativos	Porcentaje
Muy deficiente	2	11,11%
Deficiente	3	16,67%
Neutral	5	27,78%
Bueno	6	33,33%
Excelente	2	11,11%
Total	18	100,00%

Nota. La tabla muestra la percepción de los encuestados sobre el desempeño operativo.

B. Coordinación Interáreas: Un Desafío Pendiente

Solo 33% de los analistas percibe una coordinación efectiva con bodegas, lo que afecta la precisión de los pronósticos de demanda. Este problema, también documentado por Gómez et al. (2020) en Colombia, resalta la necesidad de integrar sistemas de información. La hipótesis de que "la incorporación de variables estacionales mejoraría los pronósticos en un 25%" cobra relevancia aquí, ya que los analistas reportaron que los modelos actuales no se actualizan regularmente (44% en desacuerdo).

Solución: Plataforma compartida en tiempo real entre bodegas y análisis, con alertas automatizadas para productos críticos (apoyado por IA, como sugiere Lee & Wang, 2019).

C. Supervisión y Recursos: La Piedra Angular

El 38% de los supervisores considera insuficientes los recursos, lo que impacta directamente en el cumplimiento de protocolos (31% de los equipos solo los sigue "a veces"). Esto valida la hipótesis de que "la rotación de personal afecta la gestión de inventario" (46% de supervisores lo confirma). Estudios como el de Toyota en Tailandia (2021) muestran que una logística eficiente requiere inversión en capital humano y tecnológico.

Recomendación: Programas de mentorías para reducir la curva de aprendizaje y asignación presupuestaria para scanners y equipos de seguimiento.

4. Conclusiones

El presente estudio permitió evaluar la gestión de inventarios en una empresa distribuidora de productos de consumo masivo en Panamá, identificando oportunidades clave para optimizar procesos mediante la implementación de los modelos EOQ (Cantidad Económica de Pedido) y ABC (Clasificación por Valor). A continuación, se resumen las conclusiones más relevantes:

Diagnóstico Integral

Los resultados evidenciaron que la empresa enfrenta desafíos críticos en:

- Organización física de bodegas (28% de los operativos la calificaron como deficiente).
- Tecnología obsoleta (39% considera difícil el uso de sistemas actuales).
- Coordinación interáreas (solo 33% de los analistas reporta efectividad).
- Recursos insuficientes (38% de los supervisores los percibe como limitantes).

Estos hallazgos coinciden con estudios previos en el sector (AMPYME, 2022; Gómez et al., 2020), confirmando que la falta de estandarización y herramientas adecuadas impacta negativamente en la eficiencia operativa.

Validación de las Hipótesis

- **ABC Hipótesis de clasificación:** Se corroboró que el 20% de los productos (clase A) concentran el 80% del valor del inventario, mientras que los productos clase C (50%) aportan menos del 5%.

Este proyecto no solo ofrece una solución técnica para la gestión de inventarios, sino que también destaca la importancia de adaptar modelos globales a las particularidades del contexto panameño, considerando factores como la estacionalidad, la infraestructura logística y las capacidades del personal. La combinación de análisis cuantitativo, tecnología accesible y enfoque humano representa un camino viable para que la empresa fortalezca su competitividad en el sector de distribución, alineándose con las mejores prácticas internacionales y contribuyendo al desarrollo logístico del país.

Recomendaciones

Basado en los hallazgos del estudio, se proponen una serie de recomendaciones orientadas a optimizar la gestión de inventarios en la empresa distribuidora, las cuales se agrupan en tres ejes principales.

En primer lugar, se sugiere priorizar los productos clave mediante la implementación urgente del sistema de clasificación ABC en todos los almacenes, concentrando el 80% de los esfuerzos operativos y de control en el 20% de los productos que generan mayor valor (categoría A).

Asimismo, se recomienda establecer niveles de stock diferenciados según la categoría, con revisiones semanales para los productos A y mensuales para los de categoría C, lo cual permitiría un control más eficiente y ajustado a la criticidad de cada ítem. En segundo lugar, se plantea la necesidad de una modernización tecnológica a través de la adquisición e implementación de software especializado en gestión de inventarios, como SAP Inventory o Zoho Inventory, los cuales ofrecen funcionalidades clave como el cálculo automático del lote económico de pedido (EOQ), alertas en tiempo real para productos críticos y la integración con sistemas de pronóstico de demanda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMPYME. (2022). Diagnóstico del sector distribuidor en Panamá.
- Babbie, E. (2021). *The basics of social research* (7th ed.). Cengage Learning.
- Cámara de Comercio de Panamá. (2023). Informe anual sobre PYMES distribuidoras.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Dickie, H. F. (1951). ABC inventory analysis shoots for dollars, not pennies. *Factory Management and Maintenance*, 109(7), 92–94.
- Gómez, M., López, R., & Pérez, J. (2020). Optimización de inventarios en distribuidoras de alimentos: Caso Colombia. *Revista Latinoamericana de Logística*, 12(2), 45–60.
- Harris, F. W. (1913). How many parts to make at once. *Factory, The Magazine of Management*, 10(2), 135–136.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGraw-Hill.
- INEC. (2023). Reporte de inflación en Panamá.
- Kerlinger, F. N. (2002). *Foundations of behavioral research* (4th ed.). Harcourt College Publishers.
- Kvale, S. (2011). *InterViews: Learning the craft of qualitative research interviewing* (3rd ed.). SAGE Publications.

Lee, S., & Wang, T. (2019). ABC-XYZ analysis for inventory management in wholesale distribution. *Journal of Supply Chain Management*, 55(4), 78–92. <https://doi.org/10.1111/jscm.12168>

Martínez, J. (2021). Modelo ABC aplicado a una distribuidora de bebidas en Chiriquí (Tesis de maestría). Universidad de Panamá.

MEF. (2023). Estacionalidad de la demanda en Panamá.

MOP. (2022). Infraestructura vial y logística en Panamá.

Sampieri, R. H. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.

Toyota Logistics. (2021). Implementación de JIT en Tailandia: Lecciones aprendidas.

Winters, P. R. (1960). Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management Science*, 6(3), 324–342. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.3.324>

Propuesta de Implementación de Simulación 4D en el Planeamiento de Proyectos de Infraestructura en Panamá, 2025

Proposal for the Implementation of 4D Simulation in Infrastructure Project planning in Panama, 2025

Isaac Abdiel Salazar Moreno

Universidad de Panamá. Facultad de Ingeniería, Panamá

isaac.salazar@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0003-6382-4883>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8030>

RESUMEN

La incorporación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en su dimensión 4D, que integra modelos tridimensionales con la programación temporal de obra, representa una oportunidad para optimizar la planificación de proyectos de infraestructura en Panamá.

Objetivo: Este artículo presenta un análisis conceptual y propositivo sobre la aplicación de la simulación 4D, fundamentado en revisión bibliográfica y análisis del marco normativo vigente.

Enfoque y alcance del análisis: Se identifican beneficios como la reducción de conflictos en obra, optimización de recursos y mejora en la comunicación entre actores; así como retos asociados a la estandarización, capacitación y costos iniciales. **Desarrollo:** Se propone un fluograma de implementación progresiva para obras civiles, integrando control de calidad BIM e inteligencia artificial para la reprogramación automática. **Conclusiones:** Los resultados indican que la simulación 4D puede mejorar la eficiencia en un 15-25% y servir como herramienta estratégica para la toma de decisiones en proyectos complejos.

PALABRAS CLAVE: Building Information Model BIM, planificación de obras, estandarización, simulación 4D, infraestructura de Obra Civil.

ABSTRACT

The incorporation of Building Information Modeling (BIM) methodology in its 4D dimension, which integrates three-dimensional models with construction scheduling, represents an

pp.24-32

opportunity to optimize infrastructure project planning in Panama. This article presents a theoretical-practical analysis of the application of 4D simulation, combining a literature review and methodological proposals adapted to the local context. Benefits such as reduced conflicts on site, optimized resources, and improved communication between stakeholders are identified, as well as challenges associated with standardization, training, and initial costs. A progressive implementation flowchart is proposed for civil works, integrating BIM quality control and artificial intelligence for automatic rescheduling. The results indicate that 4D simulation can improve efficiency by 15-25% and serve as a strategic tool for decision-making in complex projects.

KEYWORDS: Building Information Model BIM, construction planning, standardization, 4D simulation, civil engineering infrastructure.

INTRODUCCIÓN

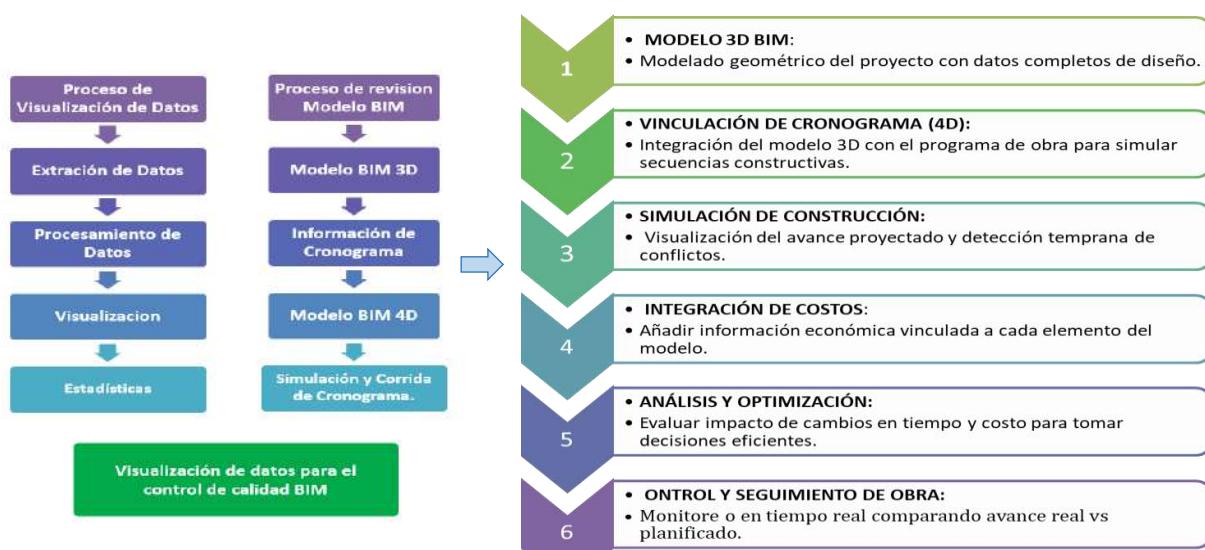
La planificación de proyectos de infraestructura es un factor crítico para cumplir con los objetivos de tiempo, costo y calidad. En Panamá, actualmente se están realizando inversiones importantes en el desarrollo de infraestructura de obra civil ante la necesidad en sectores como transporte, recursos hídricos, energía y urbanismo, según datos de la Contraloría General de la Nación (Informe económico de coyuntura — primer trimestre 2024) (Contraloría General de la Nación, 2024). Por lo que esta ingeniería de valor, requiere métodos más eficientes de coordinación y control de estos proyectos. En especial atención a los relacionados en el sector público. Este escenario pone a nuestro país en buscar una construcción de infraestructura sostenible y enfocada al mantenimiento de estas obras. La metodología BIM, reconocida a nivel global, ha evolucionado hacia 8D, pero en esta oportunidad nos enfocaremos en el 4D de la metodología BIM, que vincula la representación 3D con la programación temporal para simular el proceso constructivo (Doukari et al., 2022). Esta integración permite visualizar la secuencia de actividades, anticipar conflictos y optimizar el uso de recursos (Farnood Ahmadi & Arashpour, 2020). Sin embargo, su aplicación en el país es aún incipiente y enfrenta barreras técnicas, económicas y culturales. Recientemente, se ha formalizado en Panamá la adopción de la norma técnica DGNTI ISO UNE EN 19650-2:2018, la cual será consultada para desarrollar un ejercicio piloto de procedimiento en obras de infraestructura civil (Ministerio de Comercio e Industrias, 2025).

DESARROLLO:

La metodología BIM es un conjunto de procesos, tecnologías y representaciones digitales que integran características físicas y funcionales de un activo construido, es una metodología. (García Borja et al., 2018). El 4D BIM añade la dimensión temporal, permitiendo simular el avance de obra y evaluar escenarios alternativos. Estudios han demostrado que la simulación 4D mejora la comunicación entre actores, reduce incertidumbre y facilita el control de calidad (Bang & Olsson, 2022). Esta propuesta de implementación fue desarrollada en un enfoque conceptual y propositivo, combinó una revisión sistemática de literatura, normativa y casos de estudio de otros países, con un análisis de aplicabilidad al contexto panameño. Se revisaron las series ISO 19650 (con énfasis en la DGNTI-ISO 19650-4:2022) para la gestión e intercambio de información BIM, así como experiencias documentadas de simulación 4D en América Latina y Europa (Doukari et al., 2022; Bang & Olsson, 2022). La evaluación se estructuró en: (1) recopilación y cribado de fuentes, (2) análisis crítico de prácticas 4D y aseguramiento de calidad BIM, (3) contraste con capacidades institucionales y contractuales de Panamá y (4) síntesis mediante cuadros comparativos (García Borja et al., 2018; Farnood Ahmadi & Arashpour, 2020). y análisis FODA (elaborado por el autor, agosto 2025).

Figura 1.

Ejemplo de flujoograma general de trabajo, implementación en la simulación y planeamiento del proyecto para proyectos de obra civil.



Nota. Figura 1. Esquema de integración 3D + 5D BIM para planificación y control de proyectos, con base en Farnood Ahmadi & Arashpour (2020).

pp.24-32

Para realizar la matriz comparativa y definir la propuesta de implementación, se llevó a cabo una revisión sistemática de literatura y de normativa técnica, abarcando fuentes internacionales y nacionales, con énfasis en BIM 4D, inteligencia artificial aplicada a la construcción y estándares de aseguramiento de calidad. Esta revisión incluyó:

Normativa internacional:

- ISO 19650-1 y ISO 19650-4 (gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de un activo construido, incluyendo intercambios digitales y requisitos de entregables).
- Estándares de BuildingSMART para interoperabilidad.
- Guías de Last Planner System (LPS) y Lean Construction aplicadas en entornos BIM
- Estudios de caso en Europa y Oceanía sobre integración de IA y planificación 4D.

Normativa nacional:

- DGNTI-ISO 19650-4:2022, adoptada en Panamá para la organización e intercambio de información en proyectos BIM, con énfasis en la definición de requisitos de información (EIR) y protocolos de intercambio.
- Reglamentos técnicos del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y lineamientos de la Contraloría General de la República en materia de control de ejecución y registro de proyectos.

Casos estudiados relevantes:

- Experiencia de Implementación BIM, Proyecto de Infraestructura de transporte, línea 3 del metro de Panamá, dentro del (BEP) del contrato.
- Implementación BIM 4D en proyectos inmobiliarios (Quito)
- Modelado y planificación de estadios con BIM y LPS (Perú)
- Integración de IA en el control de obra.

Adicionalmente, se recopiló información de la Contraloría General de la Nación de Panamá sobre proyectos de obra civil en ejecución durante el último año. Según los últimos registros (2024), existen aproximadamente 320 proyectos activos en el país, de los cuales menos del 10

pp.24-32

% reportan el uso de metodologías BIM de forma parcial o total. Esta baja adopción resalta la necesidad de guías claras y adaptadas al contexto local. Este desarrollo se desglosa en categorías.

Búsqueda y análisis de fuentes: Se consultaron bases de datos y repositorios como Scopus, ScienceDirect e ISARC, además de documentos técnicos nacionales. Se priorizaron aportes sobre planificación 4D, interoperabilidad (IFC/BCF) y control de calidad de modelos; también se revisó la DGNTI-ISO 19650-4:2022 en lo relativo a criterios de intercambio, estados de información (WIP, compartido, publicado), decisiones A/B y criterios de revisión (CDE, conformidad, continuidad, coherencia e integridad de la información).

Criterios de inclusión y exclusión: Se incluyeron publicaciones entre 2016 y 2025 que presentaran evidencia aplicada de 4D BIM, estudios de interoperabilidad y guías de aseguramiento de calidad; se excluyeron trabajos sin validación empírica o no relacionados con obra civil (Giménez et al., 2016; Calo Ortiz, 2025; Vilchez Condori, 2024).

Propuesta de evaluación de aplicabilidad por sector institucional en Panamá: Se contrastaron los requisitos de información (EIR), flujos de intercambio y aseguramiento de calidad con las prácticas de entidades públicas y privadas. En la siguiente tabla se presenta la aplicabilidad y medidas de implantación, para realizar las mediciones por institución/sector, para el plan piloto de propuesta de planificación 4D.

Figura 2.

Cuadro de aplicabilidad según algunos sectores Institucionales en Panamá.

EVALUACIÓN DE APLICABILIDAD POR SECTOR INSTITUCIONAL EN PANAMÁ						
Entidad/Sector	Tipología de proyecto	Madurez BIM 4D	EIR / CDE	Herramientas Posibles	Barreras / Limitación o Retos	Tiempo de Prueba (12-18 meses)
MEDUCA (Educación)	Colegios, campus complejos deportivos escolares	Baja-Media	EIR básico; CDE por programa	Revit/Navisworks, MS Project	Capacitación; bibliotecas BIM; contratos tradicionales sin BIM	Plantillas EIR; pilotos 4D en ampliaciones; checklist de calidad (DGNTI-ISO 19650-4)
MIVIOT (Vivienda)	Vivienda social, lotificaciones	Baja-Media	EIR por tipología; CDE por proyecto	Revit, Synchro/4D, Project	Portafolios con múltiples contratistas	Catálogos tipológicos; 4D para fases repetitivas
PANDEPORTES	Estadios, polideportivos	Media	EIR con hitos; CDE federado	Revit/Synchro, LPS	Pliegos no uniformes en BIM	LPS+4D en fases estructurales; librerías deportivas
IDAAN	Redes de agua y saneamiento	Baja-Media	EIR geoespacial; CDE con GIS	Civil 3D, InfraWorks, Navisworks	Interoperabilidad GIS-BIM; datos as-built	IFC + GIS; 4D para cierres por sectores
Empresa privada (residencial)	Multifamiliares, urbanizaciones	Media	EIR por promotor; CDE privado	Revit/Navisworks, Project	ROI percibido; coordinación subcontratos	4D para ventas y obra; catálogos repetitivos
Empresa privada	Centros comerciales, Torres de Oficinas, Torres de Comercio	Media-Alta	EIR detallado; CDE corporativo	Revit, Synchro/4D, Primavera P6	Integración costos-plazos; múltiples especialidades	4D + gestión de riesgos; contratos colaborativos

Nota: EIR = Exchange Information Requirements; CDE = Common Data Environment. Se recomienda armonizar plantillas EIR y reglas de calidad conforme a DGNTI-ISO 19650-4, y definir criterios de decisión A/B y estados de información (WIP) para cada programa institucional.

RESULTADO DE ANALISIS FODA

Beneficios esperados de la simulación 4D

La simulación 4D permite reducir conflictos espaciales y temporales, optimizar rutas y secuencias constructivas, y mejorar la comunicación entre actores (Doukari et al., 2022; Farnood Ahmadi & Arashpour, 2020). En proyectos complejos, su integración con inteligencia artificial puede anticipar desviaciones y proponer reprogramaciones automáticas (Bang & Olsson, 2022).

Riesgos y limitaciones

Entre los principales retos se encuentran los costos iniciales, la falta de estandarización de modelos BIM y la capacitación técnica. La fragmentación contractual en Panamá puede limitar la colaboración efectiva entre actores (Radman et al., 2021).

Flujograma propuesto para Panamá

Se propone un flujograma que incluye: definición del alcance BIM, modelado 3D inicial, vinculación con cronograma, control de calidad BIM periódico, integración con sensores IoT para seguimiento en tiempo real y reprogramación automática en caso de desviaciones.

CONCLUSIONES

La simulación 4D ofrece una oportunidad para transformar la planificación de proyectos de infraestructura en Panamá, reduciendo tiempos y costos; mejorando la coordinación tanto en la etapa de licitación en proyectos de diseño construcción, como implementando en la etapa de tactilidad. Para su implementación se recomienda iniciar con proyectos piloto, capacitar a los equipos técnicos y establecer protocolos de calidad BIM. Su combinación con inteligencia artificial e IoT puede llevar la gestión de obra a un nivel más predictivo y eficiente, tomando en cuenta que a luces larga se busca tener mayor control de la deuda pública, mejorar lo

pp.24-32

programas de mantenimiento y ofrecer la oportunidad de desarrollar mejor la metodología. En el sector privado su implementación puede ayudar a la coordinación de actividades y manejo de recursos para optimizar los cronogramas de obra donde se implemente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bang, S., & Olsson, N. (2022). Artificial intelligence in construction projects: A systematic scoping review. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 12(3), 224–238. <https://doi.org/10.32738/JEPPM-2022-0021>
- BIM. Buildings, 12, 1145. <https://doi.org/10.3390/buildings12081145>
- Farnood Ahmadi, P., & Arashpour, M. (2020). An analysis of 4D-BIM construction planning. ISARC 2020. <https://doi.org/10.22260/ISARC2020/0025>
- Boton, C., Kubicki, S., & Halin, G. (2015). 4D/BIM simulation for scheduling: Qualitative comparison between immersive and non-immersive interaction modes. *Visualization in Engineering*, 3(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40327-015-0021-4>
- Calo Ortiz, D. P. (2025). Desarrollo y aplicación de la metodología BIM para la planificación y ejecución de un proyecto inmobiliario en Quito. Escuela Politécnica Nacional.
- Contraloría General de la Nación, Dirección Nacional de Asesoría Económica y Financiera. (2024, julio). *Informe económico de coyuntura — primer trimestre de 2024* [PDF]. Observatorio Económico. <https://www.contraloria.gob.pa/observatorio-economico/wp-content/uploads/2024/07/Informe-Economico-de-Coyuntura-I-Trimestre-2024.pdf>
- Dawood, N., & Sikka, S. (2008). Development of 4D-based performance indicators in construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 15(2), 131–144. <https://doi.org/10.1108/09699980810852682>
- DGNTI. (2022). DGNTI-ISO 19650-4:2022. Dirección General de Normas y Tecnología Industrial.
- Doukari, O., Seck, B., & Greenwood, D. (2022). The creation of construction schedules in 4D
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. John Wiley & Sons.
- Ganah, A., & John, G. A. (2015). Integrating building information modeling and health and safety for onsite construction. *Safety and Health at Work*, 6(1), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2014.10.002>

- García Borja, J. J., Pérez Mañogil, J. M., & Díaz Noguera, G. (2018). Visualización de datos para el aseguramiento de la calidad BIM. Spanish Journal of BIM, 18(1), 4–8.
- Giménez, Z., Gutiérrez, R., & Hernández, G. (2016). Implementación de construcción virtual para mejorar la planificación. Revista Gaceta Técnica, 16(1), 83–98
- Graphisoft. (2013). Open BIM. http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/about_bim/
- Guo, H., Yu, Y., & Skitmore, M. (2017). Visualization technology-based construction safety management: A review. Automation in Construction, 73, 135–144.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.10.004>
- Hardin, B. (2009). BIM and construction management: Proven tools, methods, and workflows. Wiley Publishing.
- Hartmann, T., Gao, J., & Fischer, M. (2008). Areas of application for 3D and 4D models on construction projects. Journal of Construction Engineering and Management, 134(10), 776–785. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:10\(776\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:10(776))
- Jernigan, F. (2008). BIG BIM, little bim. 4Site Press.
- Kymmell, W. (2008). Building information modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. McGraw-Hill.
- Loyola Vergara, M., & Urrutia Beiza, R. (2012). Desafíos y propuestas para la implementación de Building Information Modeling en Chile. SIGraDi 2012, 617–621.
- Mahalingam, A., Kashyap, R., & Mahajan, C. (2010). An evaluation of the applicability of 4D CAD on construction projects. Automation in Construction, 19(2), 148–159.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.015>
- McGraw-Hill Construction. (2009). BIM adoption: By U.S. state & Canadian province.
http://www.bim.construction.com/research/pdfs/2009_BIM_Adoption_by_US_State_and_Canadian_Province.pdf
- McGraw-Hill Construction. (2012). Building Information Modeling (BIM): Transforming design and construction to achieve greater industry productivity.
- Ministerio de Comercio e Industrias. (2025, 26 de junio). Resolución nº — (DGNTI adopta la norma técnica DGNTI ISO UNE EN 19650-2:2018 – Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM; gestión de la información – parte 2: fase de desarrollo de los activos). Gaceta Oficial Digital, No. 30309. R
https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/30309/GacetaNo_30309_20250626.pdf

Sacks, R., Eastman, C. M., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers (3rd ed.). Wiley.

Smith, D., & Tardif, M. (2009). Building information modeling: A strategic implementation guide for engineers, constructors, and real estate asset managers. John Wiley & Sons.

Vandezande, J., Read, P., & Krygiel, E. (2013). Revit Architecture 2013. Sybex.

Akinade, O. O., Oyedele, L. O., Ajayi, S. O., Bilal, M., Alaka, H. A., Owolabi, H. A., & Arawomo, O. O. (2017). Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment. *Journal of Cleaner Production*, 180, 375–385. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.022>

Vilchez Condori, L. M. (2024). Modelación, coordinación y planificación utilizando LPS y BIM. PUCP.

Zhang, J., & Hu, Z. (2011). BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 2. Development and site trials. *Automation in Construction*, 20(2), 167–180. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.013>

Uso de la Teledetección Para Evaluar la Firma Espectral del Agua Debido a la Contaminación del Río Matías Hernández, Producto del Crecimiento Urbano, Desde la Parte Media Hasta su Desembocadura en la Bahía de Panamá, 2024

Use of Remote Sensing to Evaluate the Spectral Signature of Water Due to Pollution of the Matias Hernández River, as a Result of Urban Growth, From the Middle Part to its Mouth in the Bay of Panama, 2024

Irving Isaac Isaza Santos

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá

Irving.isaza@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-4029-0992>

Yeislín Z. Arcia

Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Panamá

yeislín.arcia@utp.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0009-7647-7394>

Keyla K. Vargas

Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Panamá

keyla.vargas@utp.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0000-0963-4868>, keyla.vargas@utp.ac.pa



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8082>

RESUMEN

Este artículo científico se centra en la utilización de imágenes satelitales, implementando el cálculo del índice de agua de diferencia normalizada (NDWI) para resaltar el cuerpo de agua en la zona de estudio, analizando valores de píxeles tomados a partir de imágenes satelitales de la misión. Sentinel 2, para evaluar el cambio en la firma espectral del agua en masas de carácter hídrico como ríos, bahías y lagos. Este método es particularmente valioso para territorios donde la calidad del agua es de gran importancia, ya que permite monitorear los impactos del crecimiento urbano no planificado. En este contexto, la vegetación de ribera natural a menudo se ve afectada, lo que genera problemas de contaminación. Un caso de estudio crucial es el río Matías Hernández, ubicado en medio de la ciudad

pp.33-49

de Panamá. Este cuerpo de agua ha experimentado una degradación significativa debido a la falta de una planificación urbana, En este estudio hemos obtenido en la mayor parte de las muestras tomadas para el (NDWI), valores negativos que representan ausencia de superficies húmedas o de agua en temporada seca y lluviosa, lo cual está directamente relacionado al ancho del río y su forma, encontrando valores positivos sin dificultad, en lugares más amplios como lo es el océano. En el análisis para evaluar la contaminación del río con la gráfica de interpretación de firma espectral del agua, todos los puntos arrojaron valores en las bandas del infrarrojo cercano y de onda corta, valores que no debieron haberse presentado; tomando en cuenta que la curva espectral del agua limpia solo se muestra en las bandas 2,3 y 4 de las imágenes de Sentinel 2. A excepción del punto muestra “oceano”, el cual estaba adentrado más al mar y lejos de la desembocadura del río.

PALABRAS CLAVE: Imágenes satelitales, sistema de información geográfica, planificación urbana, contaminación.

ABSTRACT

This scientific article focuses on the use of satellite images, implementing the calculation of the normalized difference water index (NDWI) to highlight the body of water in the study area, analyzing pixel values taken from satellite images of the mission. Sentinel 2, to evaluate the change in the spectral signature of water in water masses such as rivers, bays and lakes. This method is particularly valuable for territories where water quality is of great importance, as it allows monitoring the impacts of unplanned urban growth. In this context, natural riparian vegetation is often affected, leading to pollution problems. A crucial case study is the Matías Hernández River, located in the middle of Panama City. This body of water has experienced significant degradation due to the lack of urban planning. In this study we have obtained, in most of the samples taken for the (NDWI), negative values that represent the absence of wet surfaces or water in season. dry and rainy, which is directly related to the width of the river and its shape, finding positive values without difficulty, in larger places such as the ocean. In the analysis to evaluate the contamination of the river with the water spectral signature interpretation graph, all the points returned values in the near-infrared and shortwave bands, values that should not have been presented; considering that the spectral curve of clean water is only shown in bands 2,3 and 4 of the Sentinel 2 images. Except for the point shown “ocean”, which was further into the sea and far from the mouth of the river.

KEYWORDS: Satellite images, geographic information system, urban planning, pollution

INTRODUCCIÓN

Los ríos son las venas azules que fluyen a través de nuestras ciudades, llevando consigo la vida misma. Sin embargo, a medida que nuestras urbes crecen sin control, estos canales vitales se han visto envenenados, transformándose en cicatrices tóxicas que desfiguran el paisaje urbano.

La ciudad de Panamá ha experimentado un crecimiento urbano vertiginoso en las últimas décadas, impulsado por la expansión acelerada de los sectores comercial y residencial. (de Panamá, 2016) pero a su vez ha incrementado las contaminaciones en los ríos que atraviesan en ellas. El Río Matías Hernández, se sitúa geográficamente en la región central de la República de Panamá, específicamente en la provincia de Panamá, atravesando la capital del país. Su cauce fluvial transcurre íntegramente por el área metropolitana, constituyendo un eje hídrico urbano, hasta desembocar en la bahía adyacente, cuyas aguas desembocan finalmente en el Océano Pacífico. (Delvalle-Borrero, Medina, & Fuentes, 2022). Se extiende a lo largo de 28 kilómetros, serpenteando a través de una vasta cuenca hidrográfica. Esta cuenca cubre una superficie de 2,062 hectáreas, drenando las aguas de una extensa región. (Martha Arango, 2017)

El principal objetivo de este estudio es analizar la calidad del agua del río Matías Hernández, principalmente en un tramo que corresponde a la parte media y baja, hasta llegar a su desembocadura en la bahía de Panamá; mediante el cálculo del índice de agua de diferencia normalizada (NDWI), tomando en cuenta los valores de píxeles presentes en las imágenes de Sentinel 2; este estudio se genera debido a la gran contaminación que presenta actualmente el río Matías Hernández, el cual se enlista como uno de los ocho cuerpos de agua que están completamente contaminados, incluyendo para sí las quebradas que desembocan en él. Al tener presencia de proliferación de desechos como; sólidos suspendidos, basura, aguas residuales y una escorrentía contaminada, se ha deteriorado en gran magnitud, obstruyendo el cauce y disminuyendo su capacidad de drenaje.

El uso de sus aguas se limita a las zonas altas del río, para actividades como el riego y la industria; sin embargo, para cualquier otro tipo de uso que quiera dársele, se ve extremadamente inutilizable. (Martha Arango, 2017)

Nos proyectamos a un estudio retrospectivo de contaminación, durante períodos entre 4 a 3 años de diferencia, sobre todo teniendo en cuenta la disponibilidad de data en los sitios de descarga, vinculando el uso de imágenes satelitales para estudiar el desarrollo y cambios que presenta la firma espectral del agua y otros materiales que inciden en la variación de los resultados, tomando en cuenta los valores que la representan en su modalidad limpia y turbia, cabe destacar que para este tipo de estudio los satélites que con mayor frecuencia se ven involucrados en la monitorización de la superficie terrestre son Sentinel-2 y Landsat 8 debido a su alta resolución y disponibilidad gratuita de datos históricos. En las imágenes que proporciona Sentinel 2, la banda 2 (Azul), es útil para la detección de sedimentos y claridad del agua, así como la banda 3 (Verde) y la banda 11 (Infrarrojo de onda corta) que en combinación nos permiten realizar un sin número de cálculos ráster, en Landsat 8/9 la banda 2: es la recomendada para analizar la claridad del agua y detectar sedimentos en suspensión, ambas tienen la misma aplicabilidad. (Alonso, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el estudio de contaminación en el río Matías Hernández, partimos de tomar una decisión del satélite a utilizar con el cual generaríamos el procesamiento de la data, para su posterior interpretación, en este caso trabajamos con las imágenes de Sentinel 2; debido a que mantiene una mayor resolución espacial (10m) en las bandas rojo, verde, azul y 20m en el infrarrojo de onda corta que también se vería involucrada en esta investigación; en comparación con Landsat 8 el cual presenta (30m de resolución espacial en las bandas del visible), adicional a esto trabajamos con la composición de bandas a color natural, con el orden de bandas (4,3,2) para fotointerpretación de la escena. (GIS&BEERS, 2019).

Para el tratamiento de la data y la generación de procesos trabajamos con el software de ArcGIS Pro, importamos las imágenes Sentinel 2 L2-A de los meses de: diciembre de 2018, marzo de 2020 y febrero de 2024. se compactaron todas las bandas descargadas en cada paquete de archivos que corresponden a 13 bandas en Sentinel 2, para generar la imagen compuesta.

- Digitalizamos un eje central del río y se hizo una generalización entre punto y punto de la digitalización del eje a cada 5m, para garantizar una correcta orientación de su trayectoria.

- La extensión total que se estudió fue de 6.613 Km, la cual se segmentó en 5 tramos de 1,322.68 m cada uno, generando así 6 puntos para la toma de muestreo de píxeles.
- Se les colocó nombres a los 6 puntos de toma de muestra, desde el puente hasta llegar a la bahía en ese orden: (Puente, Santa Clara, Colegio Brader, Desembocadura, Lama y Océano).
- Se generó un buffer radial a 10 metros a partir de los 6 puntos, esto nos serviría como área de referencia al momento de la selección de los píxeles.
- Se nombraron las 3 imágenes a utilizar de la siguiente manera: imagen COMP_2018_TS, imagen COMP_2020_TS, imagen COMP_2024_TS y para la temporada lluviosa imagen COMP_2018_TL, imagen COMP_2020_TL, imagen COMP_2024_TL.
- Se generó el proceso de determinación de índice diferencial de agua normalizado (NDWI), para calcular el valor de píxeles en cada año de estudio, se inició con la imagen del 2018, 2020 y 2024, en ambas temporadas, aclaramos que estos fueron los años en los que se obtuvieron imágenes satelitales con mejor visibilidad sobre el cuerpo de agua. La herramienta de NDWI, se encuentra en la pestaña de Analysis- Tools – Spatial Analysis Tools – Map Algebra – Raster Calculator.
- En la calculadora ráster se utilizó la ecuación establecida para determinar el NDWI, involucrando la banda 3 (verde) y la banda 11 (infrarrojo de onda corta), cuya operación es: $(3-11)/(3+11)$.
- Posterior al cálculo del NDWI, se tomaron muestras de los píxeles en los 6 puntos determinados, utilizando al mismo tiempo la herramienta “swipe” de ArcGIS Pro para tener precaución de excluir todo lo que no fuera agua, debido a lo angosto que es el río. Las muestras fueron tomadas muy cercanas unas con las otras estando en el rango establecido como área de influencia, para determinar área con presencia o no de agua y humedad, haciendo identify a los pixeles para obtener el valor de este.
- Para complementar el estudio, se tomó en cuenta el ancho de los 6 puntos para así poder entender el comportamiento del caudal en dicha zona y comprender los valores resultantes. Midiendo el ancho del caudal de las diferentes temporadas.
- Se tomaron muestras de los píxeles en los 6 puntos determinados, para generar las gráficas de firmas espectrales en el software, y poder realizar los análisis en los niveles de reflectancia y

pp.33-49

longitudes de onda. Apoyándonos con la herramienta “swipe” de ArcGIS Pro teniendo precaución de excluir todo lo que no fuera agua.

Figura 1.

Eje Central de estudio del Rio Matías Hernández



Nota: Índice de agua de Diferencia Normalizada. El Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) se utiliza para resaltar el aspecto de las masas de agua en una imagen de satélite. Para ello, se reduce considerablemente la reflectancia del suelo y la vegetación, lo que permite que dichas masas de agua “destaquen” en la imagen. Al igual que en el caso del índice de vegetación NDVI, los potenciales valores obtenidos a partir del NDWI oscilan entre -1 y 1 cuyos valores describirán superficies de agua y vegetación con contenido en agua o zonas terrestres y con ausencia de humedad.

Figura 2.

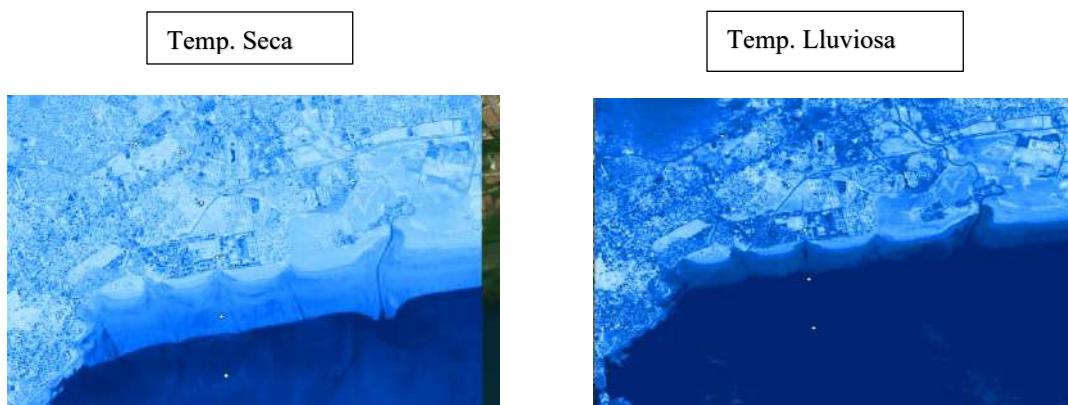
Punto de Aplicación de la Herramienta buffer a 10 m y 20 m



Nota: Al igual que en el caso del índice de vegetación NDVI, los potenciales valores obtenidos a partir del NDWI oscilan entre -1 y 1 cuyos valores describirán superficies de agua y vegetación con contenido en agua o zonas terrestres y con ausencia de humedad.

Figura 3.

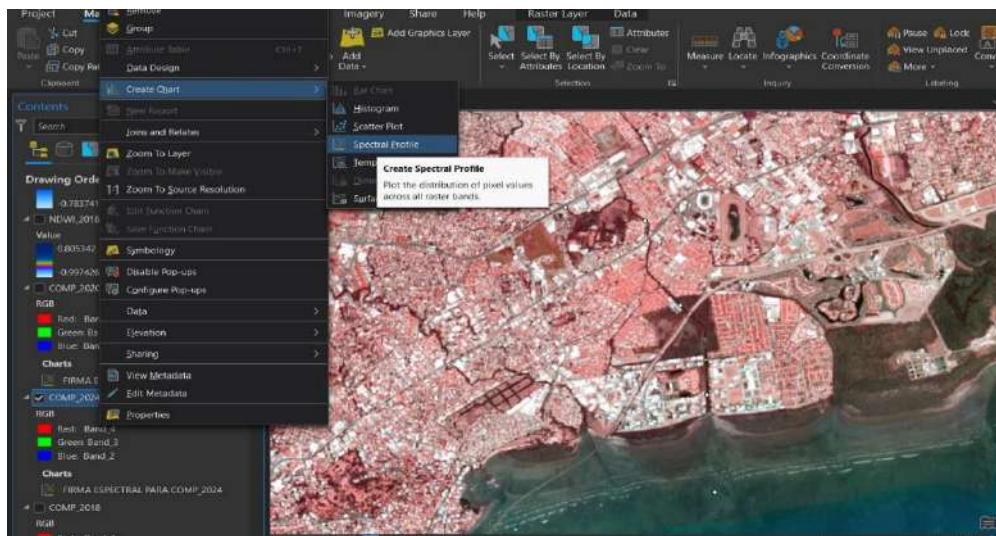
Generación del índice de agua de diferencia normalizada (NDWI) del 2018 en temporada seca vs lluviosa.



Nota: Al igual que en el caso del índice de vegetación NDVI, los potenciales valores obtenidos a partir del NDWI oscilan entre -1 y 1 cuyos valores describirán superficies de agua y vegetación con contenido en agua o zonas terrestres y con ausencia de humedad.

Figura 4.

Proceso para Generación de la firma Espectral



Nota: Firma Espectral a partir de la imagen compuesta-multibandas. **Nota:** Al igual que en el caso del índice de vegetación NDVI, los potenciales valores obtenidos a partir del NDWI oscilan entre -1 y 1 cuyos valores describirán superficies de agua y vegetación con contenido en agua o zonas terrestres y con ausencia de humedad.

RESULTADOS

Resultados para el IDWI en las distintas Muestra

El estudio de la calidad del agua en el Río Matías Hernández, realizado mediante el análisis de valores NDWI (Normalized Difference Water Index) en imágenes satelitales Sentinel 2 utilizando la herramienta de propiedades aritméticas en ráster, en temporada seca y lluviosa, revela variaciones significativas en distintos puntos a lo largo de los años 2018, 2020 y 2024.

Temporada Seca (meses de: diciembre_2018, marzo_2020, febrero_2024)

1. En la imagen COMP_2018_TS, los valores resultantes fueron: Puente (-0.328), Santa Clara (-0.504), Colegio Brader (-0.618), Desembocadura (-0.473), Lama (0.7) y Océano (0.7).

2. En la imagen COMP_2020_TS, los valores obtenidos fueron: Puente (-0.294), Santa Clara (-0.432), Colegio Brader (-0.504), Desembocadura (-0.260), Lama (0.360) y Océano (0.711).
3. En la imagen COMP_2024_TS, los valores resultantes fueron: Puente (-0.581), Santa Clara (-0.616), Colegio Brader (-0.635), Desembocadura (-0.485), Lama (0.022) y Océano (0.664).

Interpretación del IDWI en temporada seca:

Con los resultados se logra apreciar que el caudal en verano es más angosto debido a que el agua es más escasa para estas temporadas, se aprecia más el playón del río, por ende, el resultado negativo nos indica la ausencia de agua.

Temporada Lluviosa (meses de octubre_2018, octubre_2020 y mayo_2024)

1. En la imagen COMP_2018_TL, los valores resultantes fueron: Puente (-0.416), Santa Clara (-0.516), Colegio Brader (-0.480), Desembocadura (-0.305), Lama (0.738) y Océano (0.592).
2. En la imagen COMP_2020_TL, los valores obtenidos fueron: Puente (-0.276), Santa Clara (-0.488), Colegio Brader (-0.544), Desembocadura (-0.372), Lama (0.270) y Océano (0.887).
3. En la imagen COMP_2024_TL, los valores resultantes fueron: Puente (0.197), Santa Clara (-0.329), Colegio Brader (-0.273), Desembocadura (-0.246), Lama (0.618) y Océano (0.556).

Interpretación del IDWI en temporada lluviosa:

En invierno el calado del río aumenta debido a las lluvias contantes en la zona, y los lugares que eran playón ahora se encuentran cubierto de agua con valores igualmente negativos.

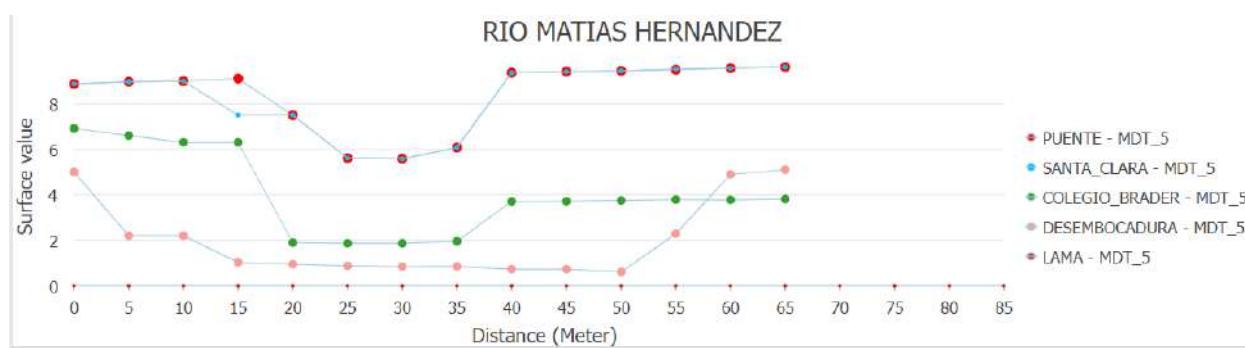
Interpretación General del IDWI en ambas temporadas:

Sin embargo; en este análisis se esperaba obtener valores positivos qué indicaran presencia de agua o humedad en el terreno en invierno. Y obtuvimos valores negativos, estoy podría estar relacionado directamente con el ancho del río, (es muy angosto) y no es fácilmente perceptible con las imágenes satelitales.

Otras causas relacionadas con la variación del ancho del río son por las urbanizaciones alrededor, que provocan erosión y sedimentación y que han afectado la ribera del río en la parte media y baja de la cuenca, provocando un proceso de canalización en su forma y obstruyendo el curso natural del río con la ausencia de los meandros como se observa en la parte alta de la cuenca, o sea, desde su nacimiento.

Figura 5.

Sección transversal del Ríos Matías Hernández



Nota Punto de estudio del Rio Matías Hernández con Modelo Digital de Terreno 2017.

Interpretación de sección transversal (Ancho del caudal)

La gráfica muestra una clara variación en el ancho del Río Matías Hernández a lo largo de su curso. Esta variabilidad puede ser resultado de factores naturales como la geomorfología del terreno, pero también puede reflejar el impacto del desarrollo urbano.

Las diferencias en el ancho del río podrían indicar áreas de mayor o menor presión urbanística. Los segmentos más estrechos podrían corresponder a zonas donde el desarrollo urbano ha encajonado el río, mientras que las secciones más anchas podrían representar áreas donde se ha preservado más el entorno natural del río.

Los perfiles con mayor ancho, como Puente y Santa Clara, parecen ser más susceptibles a inundaciones. Estos puntos muestran una mayor extensión lateral, lo que sugiere que el río tiene más espacio para expandirse durante eventos de alta precipitación. El perfil Colegio Brader, parecen ser menos propenso a inundaciones debido a su cauce es más estrecho. Sin embargo, esto también podría significar que en este punto el agua fluye con mayor velocidad durante las crecidas.

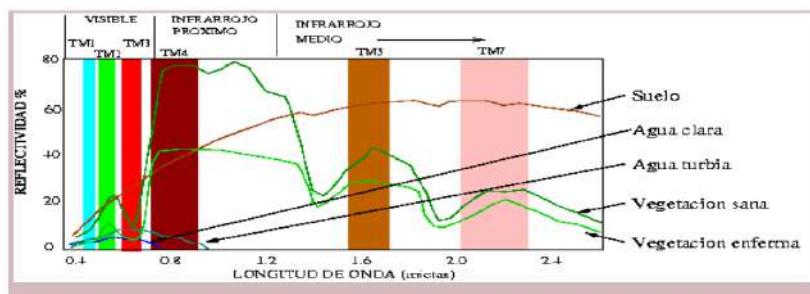
Aunque la gráfica representa un momento específico, es importante considerar cómo estos perfiles podrían cambiar con el tiempo, especialmente en el contexto del crecimiento urbano continuo y los posibles efectos del cambio climático

En temporada seca, las secciones más estrechas con NDWI bajo podrían indicar una mayor concentración de contaminantes debido al menor volumen de agua; en cambio en temporada lluviosa, las secciones más anchas con NDWI alto podrían sugerir una mejor dilución de contaminantes, pero también un mayor riesgo de inundación y arrastre de contaminantes de las áreas urbanas circundantes.

Firma espectral del agua. La firma espectral es el patrón de radiación electromagnética que indica cómo un objeto en la Tierra refleja o emite radiación a lo largo de distintas partes del espectro electromagnético.

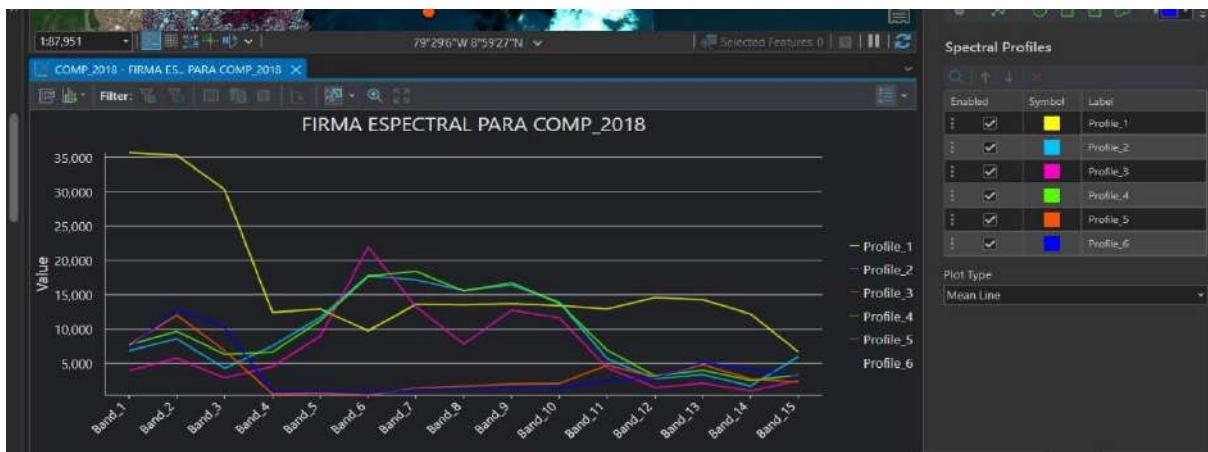
Figura 6.

Grafica de Firma Espectral del Agua

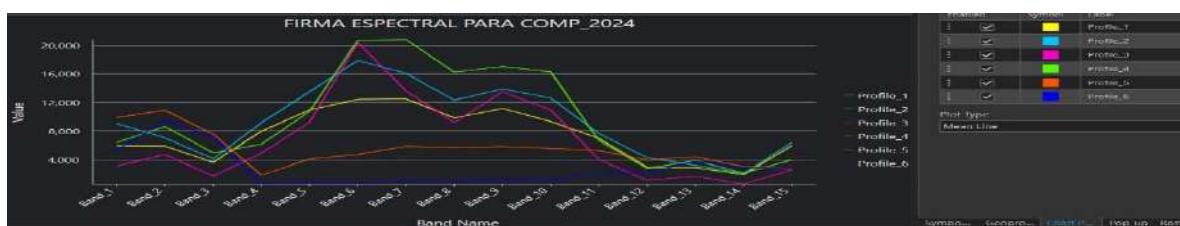


Nota: Resultados para la firma espectral del agua en las distintas Muestra. (gidahatari, 2006)

Figura 7.

Grafica de la firma espectral COMP_2018_TEMP_SECA

Nota: Al igual que en el caso del índice de vegetación NDVI, los potenciales valores obtenidos a partir del NDWI oscilan entre -1 y 1 cuyos valores describirán superficies de agua y vegetación con contenido en agua o zonas terrestres y con ausencia de humedad.

Figura 8.*Grafica de firma espectral COMP_2020_TEMP_SECA.***Figura 9.***Grafica de firma espectral COMP_2024_TEMP_SECA*

Nota: Interpretación de los perfiles espectrales del Agua (en los 6 puntos) en temporada seca:

Perfil_1 (Amarillo - Puente):

- Muestra la reflectancia más alta en todas las bandas, especialmente en las primeras.
- Interpretación: Probablemente representa aguas muy turbias o con alta concentración de sedimentos.

Figura 10.

Grafica de firma espectral COMP_2018_TEMP_LLUVIOSA.



Perfil_2 (Azul claro - Santa Clara) y Perfil_4 (Verde – Desembocadura):

- Muestran reflectancia moderada en las primeras bandas y picos en las bandas intermedias.
- Interpretación: Podrían representar aguas con turbidez moderada o con presencia de clorofila.

Perfil_3 (Rosa- Colegio Brader) y Perfil_6 (Azul oscuro - Océano):

- Generalmente muestran reflectancia más baja en las primeras bandas.
- Interpretación: Podrían representar aguas más claras o con menos sedimentos en suspensión.

Perfil_5 (Naranja - Lama):

- Muestra valores bajos y consistentes en todas las bandas.
- Interpretación: Podría representar aguas claras y profundas.

Interpretación por tipo de agua en temporada seca:

Aguas turbias:

- Perfil_1 (Puente) es el candidato más probable para aguas muy turbias en todos los años.
- Perfil_2 (Santa Clara) y Perfil_4 (Desembocadura) podrían representar aguas moderadamente turbias o con presencia significativa de fitoplancton, carga de basura y otros sedimentos.

Aguas claras:

- Perfil_5 (Lama) y Profile_6 (Océano) son los más probables candidatos para aguas claras.
- Perfil_3 (Colegio Brader) podría representar aguas intermedias o aguas que se están volviendo más claras con el tiempo.
- Interpretación por tipo de agua en temporada lluviosa:

Aguas turbias:

- En todos los perfiles se muestran aguas turbias, pero en el perfil_1 (Puente) se muestra más este comportamiento.
- Aguas claras: en invierno el perfil_4 (Desembocadura), presenta aguas más claras en comparación a otros perfiles, pero no más clara que el perfil_5 (Lama) que mantiene su agua clara.
- El comportamiento de las gráficas en temporada de lluvia en los tres años muestra comportamientos similares.

DISCUSIÓN

Interpretación final de ambos procesos de teledetección:

La variabilidad entre perfiles sugiere diferentes condiciones de agua dentro del área de estudio.

En las gráficas (figuras 5,6,7) se muestran las curvas para cada muestra de agua en cada una de las bandas del satélite Sentinel, desde la parte visible, el rojo corrido, el infrarrojo cercano, las bandas termales y el infrarrojo de onda corta; debemos aclarar que la resolución en todas las bandas varía de 10m a 60m, y que en las bandas visibles (verde, azul y rojo), la resolución es de 10m; sin embargo, en la banda 11 utilizada para el cálculo del índice de agua de diferencia normalizada (NDWI), la resolución es de 60m; esto incide significativamente en el análisis de resultados; lo que representaría que un solo píxel tomara cobertura total sobre el ancho del río.

El perfil espectral, muestra que la curva del agua como es natural, se aprecia en las bandas del azul, verde y rojo cuando no hay turbidez y las tres gráficas en los años 2018, 2020 y 2024, mantienen el mismo comportamiento en estas bandas; por ende, la única razón por la cual estas curvas muestren picos crecientes y generen valores en las demás bandas como el rojo corrido hacia el infrarrojo de onda corta, se debe a la alta concentración de turbidez que tiene el río y por eso vemos como se reflejan valores altos en el eje de reflectancia.

Otras de las causas por las cuales existan interferencia y valores no esperados en las bandas del infrarrojo, es debido, a un fenómeno conocido como efecto de fondo, este sucede en áreas costeras, el cual resulta en una variación en la señal espectral del fondo marino provocado por el cambio en la profundidad y las propiedades del fondo, este modifica claramente el resultado, al combinarse valores del fondo marino con valores del agua.

La disminución general de la reflectancia en el año 2018 al 2020 en incluso en los valores del NDWI podrían indicar una mejora en la claridad del agua o una reducción en la carga de sedimentos, podemos aducir que fue producto de los efectos de la pandemia y la paralización de muchas operaciones en la industria y otros sectores.

Las curvas en azul y naranja de los puntos Lama y Océano, se encuentran más alejados hacia la desembocadura del río en el mar, estas son claramente visibles en las bandas (azul, verde y rojo); pero en las bandas del infrarrojo empiezan a descender y mostrarse muy bajas y constantes, se entiende que, en esta instancia, las aguas se combinan y empiezan a tornarse más claras cuando se adentran al mar, en donde se absorbe con la profundidad, la reflectancia de la luz.

CONCLUSIONES

El análisis del cambio en la firma espectral del agua del río Matías Hernández demuestra una clara relación entre el crecimiento urbano desordenado y el aumento de la contaminación. A través del uso de imágenes satelitales Sentinel-2 y el índice de agua de diferencia normalizada (NDWI), se observó una disminución en la calidad del agua desde la parte media del río hasta su desembocadura en la bahía de Panamá.

Los valores negativos del NDWI indican una reducción en el caudal y un aumento en la sedimentación, especialmente cerca de áreas urbanizadas. La firma espectral del agua mostró que los puntos más afectados por la turbidez estaban ubicados en zonas urbanas, mientras que las áreas alejadas de la desembocadura presentaban aguas más claras.

Este estudio subraya la necesidad de implementar medidas de planificación urbana y restauración ecológica para mitigar los impactos negativos sobre el río. La teledetección y el análisis espectral se demuestran como herramientas efectivas para el monitoreo continuo de la calidad del agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alonso, D. (2020). Combinación de bandas en imágenes de satélite Landsat y Sentinel. *MappingGIS*.

ANALYTICS, E. D. (2024). Índice De Agua De Diferencia Normalizada (NDWI). *EOS DATA ANALYTICS*.

Becerril, J. O., & Heydt, M. G. (2009). Influencia antrópica en la avenida de 1997 en el río Rivillas (Badajoz). Cambios de usos e impacto geomórfico. *Congreso Internacional sobre Desertificación*.

Camaño, L. A., & Quintero, D. I. (2023). Estudio de la subcuenca hidrográfica del río Matías Hernández y sus intervenciones antropogénicas. *Societas*, 25, 142–170.

De Panamá, M. (2016). Parque Matías Hernández. *Dirección de Planificación urbana*.

Delvalle-Borrero, D. M., Medina, J. R., & Fuentes, K. (2022). Humedales artificiales flotantes y su valor paisajista en ríos urbanos-Ciudad de Panamá. *Prisma Tecnológico*, 13, 3–9.

De Sanctis Mateo (8 de noviembre de 2023) Prevenir el Estrés Hídrico con el Índice NDWI
<https://tethys.farm/es/indice-ndwi-para-salvaguardar-la-salud-de-tus-cultivos/>

EOS DATA ANALYTICS (11 de julio de 2023) Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndwi/>

Gidahatari. (2006). 2 Interacción de los elementos de la superficie terrestre con la radiación. *um.es*.

GIS&BEERS. (5 de noviembre 2017). Cálculo del índice NDWI.
<https://www.gisandbeers.com/calculo-del-indice-ndwi-diferencial-de-agua-normalizado/>.

GIS&BEERS. (2019). Todo lo que deberías saber sobre imágenes Sentinel 2. *GIS&BEERS*.

Hernández, J., & Montaner, D. (2009). Patrones de respuesta espectral. *Tecnologías Geoespaciales: Experiencias Aplicadas al Estudio y Gestión del Territorio*. Carlos Mena (Ed.) ISBN, 978-956.

Martha Arango, A. A. (2017). Subcuenca del río Matías Hernández. vulnerabilidad y aplicación de medidas de adaptación y mitigación. *Piragua – Fuego y agua*.

Martínez Raúl (01 de febrero de 2020) "El uso de la Teledetección en la Caracterización de cultivos mediante la aplicación de índices de vegetación. <https://georem.blogspot.com/2020/02/el-uso-la-teledeteccion-en-la.html>

Nieves Cuervo, S. F. (2016). Utilización de imágenes multiespectrales para el análisis del comportamiento de la firma espectral del lago de tota y la influencia de los cultivos de cebolla.

Vásquez Juan, Acevedo Rosa, Miranda Castro, Guerrero Milton y Meneses Luisa (22 de diciembre de 2023) "Determinación de cambios en la cobertura de manglares mediante teledetección con imágenes Landsat: una revisión. Revista Springer Nature Link Volumen 235 <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-023-06788-6>

Revisión de las Operación Logísticas de Combustible de Aviación para Optimización del abastecimiento Aeroportuario, Tocumen, 2024

*Review of Aviation Fuel Logistics Operations to Optimize Airport Supply, Tocumen,
2024*

Manuel Visuette

Universidad de Panamá. Facultad de Ingeniería. Panamá.

Manuel.visuette@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-8544-0109>

Jorge Luis Martinez Ramirez

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá

jorgel.martinez@up.ac.pa

<http://orcid.org/0000-0002-1036-6167>

Yohana Esther Ortega Pinto

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá

Yohana.ortegap@up.ac.pa

<http://orcid.org/0000-0003-2257-8391>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.5699>

RESUMEN

La revisión de las Operación Logísticas de Combustible en la Aviación es relevante para Optimización del abastecimiento en las operaciones aeroportuarias. El conocimiento de las operaciones es determinante para el abastecimiento del combustible en las operaciones aeroportuarias. El objetivo de la investigación revisar las Operación Logísticas de Combustible de Aviación para la optimización del abastecimiento aeroportuario, Tocumen, 2024. La metodología tiene un enfoque cuantitativo porque se determinó el uso del combustible mediante el consumo en las operaciones logísticas y a la vez transversal ya que se hizo solo una medición, el nivel de investigación es descriptivo y se analizó los datos en el software Excel y SPSS para su comprobación. Los resultados producto del análisis de los datos se optimizó el 15% del consumo de combustible conociendo la logística del sistema de operaciones. En conclusión, se confirma el

objetivo que revisar las operaciones logísticas de combustible de aviación optimiza el abastecimiento Aeroportuario, Tocumen, 2024.

PALABRAS CLAVE: Sistema logístico, optimización, operaciones aeroportuarias, abastecimiento

ABSTRACT

The review of Aviation Fuel Logistics Operations is relevant for Supply Optimization in airport operations. Knowledge of operations is decisive for fuel supply in airport operations. The objective of the research is to review the Aviation Fuel Logistics Operation for the optimization of airport supply, Tocumen, 2024. The methodology has a quantitative approach because the use of fuel was determined through consumption in logistics operations and at the same time transversal since Only one measurement was made, the level of research is descriptive, and the data was analyzed in Excel and SPSS software for verification. The results of the data analysis resulted in 15% optimization of fuel consumption knowing the logistics of the operations system. In conclusion, the objective is confirmed that reviewing aviation fuel logistics operations optimizes Airport supply, Tocumen, 2024.

KEYWORDS: Logistics system, optimization, airport operations, supply

INTRODUCCIÓN

Las operaciones aeroportuarias son aquellas actividades relacionadas tanto al lado aire como el lado tierra dentro del recinto aeroportuario; es de suma importancia reconocer las diferentes entidades que trabajan interdepartamentalmente, para lograr el éxito en las mismas. Cuando pensamos en operaciones aeroportuarias nos enfocamos en actividades que de alguna manera u otra tienen que ver exclusivamente con la administración y operación del aeropuerto, que, aunque es un enfoque particularmente interesante, por las diferentes actividades que se realizan en ella, no podemos obviar algunas otras de las que poco se habla o estudia. Las operaciones logísticas del combustible son actividades que guardan una amplia relación con la administración de aeropuertos en cuanto a cómo se manejan o administran las mismas, actividades relacionadas a seguridad operacional, mantenimiento de equipos, consecuencias de fallas técnicas u operacionales, capacitación de ficha técnica de aeronaves de acuerdo con su envergadura, controles de calidad de servicio o producto e integración entre ambas, son algunas de las similitudes que veremos a

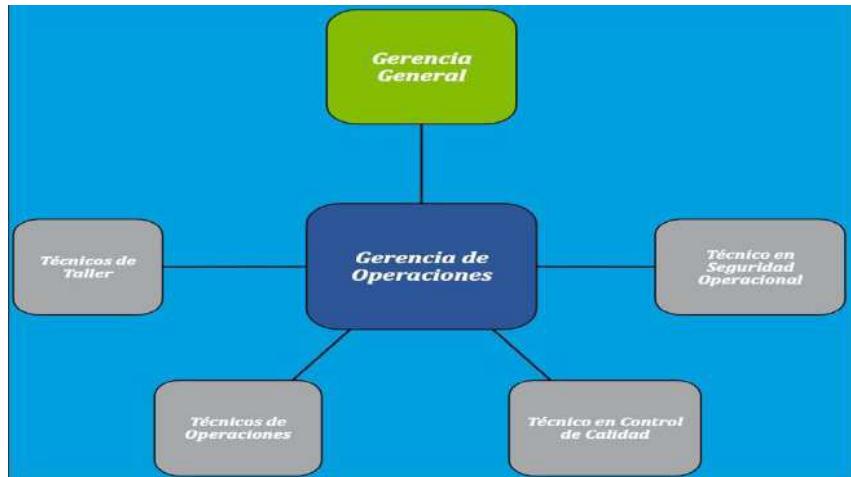
continuación. Algunas de las más grandes similitudes la podemos observar cuando colocamos diferentes situaciones de ambas partes y comparamos responsabilidades entre ambas, desde un punto de vista detallado guardan una gran relación entre cada una y ésta es la más grande similitud. Las operaciones logísticas de combustible desde un punto particularmente personal forman parte de las operaciones aeroportuarias, deben ser consideradas como un todo debido a sus similitudes y principalmente sus relevancias en sus respectivas operaciones.

MÉTODOS Y MATERIALES

El método clave de esta investigación proviene de conocimientos teóricos/prácticos adquiridos directamente de una carrera universitaria en el campo de la aviación, enfocada en satisfacer al mercado de profesionales fuertemente capacitados en cuanto a operaciones de un aeropuerto de forma general, incluyen diferentes actividades que guardan amplia relación entre cada una y luego la fusión práctica/experimental con un campo poco inexplorado en el ámbito de la aviación como lo es la logística de combustible a través de una pasantía de práctica profesional en una compañía de combustible de aviación y la carrera de Ingeniería en Operaciones Aeroportuarias la cual se pudo fusionar en ambas operaciones y resumir en una hipótesis que a pesar del poco enfoque que se le brinda, son significativamente operaciones de gran relevancia en el ámbito aeronáutico. Todos los resultados fueron basados en las conclusiones de los datos e información recaudada en los diferentes departamentos de la compañía logística de combustible como lo son: 1- “departamento de operaciones logísticas de combustible”, 2- “departamento de seguridad ocupacional”, 3- “departamento de mantenimiento de equipos e instalaciones” y 4- “departamento de gestión de control de calidad” enfocada en el combustible de aviación. Para este documento se recaudaron distintas imágenes que nos ayudarán a comprender lo teóricamente analizado y explicado.

RESULTADOS

En primera instancia observaremos en un gráfico representativo del organigrama empresarial de la compañía de combustible donde se realizó el estudio experimental y luego el de un aeropuerto nacional en ciudad de Panamá.

Figura 1.*Organigrama de combustible*

Nota: Organigrama de la gerencia de operaciones en Tocumen S. A

Figura 2.*Organigrama Aeropuerto Internacional de Tocumen.*

Nota: Organigrama de la empresa Tocumen S. A

En esta sección podemos ver, tomando en consideración las respectivas proporciones de cada sector y las limitaciones en cuanto a cantidad de operaciones las diferentes similitudes; como resultado tenemos 2 distintas interpretaciones a nivel gerencial: en la compañía de combustible un gerente único contra una junta directiva del aeropuerto la cual hace la representación de la misma figura legal; si nos enfocamos a nivel operativo podremos observar las mismas figuras representadas bajo distintas jurisdicciones, la cual representa a nivel operacional un 85.7% de similitud de forma cuantitativa.

Desde su enfoque cualitativo-comparativo entre un aeropuerto y una compañía de combustible de aviación hay una gran diferencia debido a que las magnitudes son completamente distintas ya que no son proporcionales, sin embargo, en sus interacciones podremos ver los siguientes resultados de los departamentos que las hacen tan similares y que actualmente en las empresas y compañías que son consideradas como parte de las operaciones aeroportuarias también guardan una particular similitud.

Departamento Seguridad Operacional

Dentro del departamento de seguridad operacional observamos distintos ítems tales como:

- Safety Management System:*** basado en las operaciones de logística de suministro de combustible, políticas responsivas, gestión del riesgo, mitigación de este y promoción.
- Supervisión de seguridad en plataforma:*** se pudo observar en las distintas supervisiones que eran constantes comportamientos y mala praxis de colaboradores en la parte operativa.
- Revisión de extinguidor de fuego:*** durante la actividad exploratoria se observó una tendencia enfocada en la revisión y mantenimiento de estos.
- Cultura de seguridad operacional:*** La cultura de seguridad operacional es de suma importancia en cualquier actividad que esté relacionada con el ámbito aeroportuario.
- Implementos de seguridad:*** como parte integral del sistema de gestión de seguridad operacional, están los implementos necesarios para abastecimiento de combustible de aviación.

Figura 3.*Equipos de Protección Individual*

Nota: El equipo que se utiliza para la manipulación de combustible.

Departamento de mantenimiento de equipos e infraestructura.

En este apartado se observó un seguimiento coordinado de mantenimiento de equipos de abastecimiento, infraestructura en general, así como bombas de presión, tanques de combustible, válvulas diferentes, infraestructura de oficinas administrativas, válvulas pits y demás.

Figura 4.*Tanques, bombas y válvulas*

Nota: Tanque donde se almacena el combustible.

Figura 5.

Deadman de Suministro



Nota: Sistema de seguridad para camiones de repartir combustible.

Como podemos observar en la imagen anterior uno de los importantes artefactos que la empresa de combustible de aviación más utilizado es el deadman el cual sirve para controlar el flujo de combustible por medio de la pulsación cronometrada, y así como este, se observó en la práctica una constante medición del tiempo de respuesta ante una emergencia; además de los distintos mantenimientos a las bombas de presión de cada vehículo abastecedor. Este departamento podríamos compararlo nivel cualitativo, con la administración de un aeropuerto tanto infraestructuralmente como a nivel de equipos, ya sea equipos móviles del SSEI, equipos móviles de seguridad operacional y demás.

Departamento Gestión de Calidad

Este apartado es muy interesante porque aparte de lo operacional, aquí se pudo observar de una manera mucho más amplia lo realmente importante de toda la operación en sí... “*El producto*” el cual es tratado meticulosamente, ya que los riesgos derivados por la mala utilización de este producto son fatales, el combustible de aviación si bien es cierto no es tan volátil como otros, si lo ponemos en situaciones extremas resulta potencialmente peligroso; por ejemplo, el combustible de aviación si no está bajo los estándares de calidad adecuados podrían ocasionar catástrofes debido a que las aeronaves además de viajar a altas velocidades, también llegan a temperaturas

muy altas las cuales ponen en gran riesgo las aeronaves y las operaciones, con un combustible de mala calidad, una aeronave en esas condiciones podría explotar en medio trayecto; por esto, el departamento de gestión de calidad es de suma importancia en las operaciones de logística del combustible, ya que, se debe mantener altos estándares de este en los espacios en los que se almacena y distribuye, sin mezclar los productos así sean del mismo tipo.

Durante las observaciones y aprendizajes en el campo, se observó que en el departamento se tiene todo medido, con bitácoras extensas para la observación y almacenamiento de datos. Se mantienen de igual forma las observaciones para lograr que el producto sea “claro y brillante”, terminología utilizada en el campo para determinar de manera visual la calidad del producto, el cual mantuvo en todo momento niveles muy altos de calidad; esto es bastante si tomamos en consideración que todas las pruebas realizadas fueron en ciudad de Panamá, que durante la temporada lluviosa tiene precipitaciones con un promedio de 15 a 20 días de lluvias al mes.

Además, algunos procesos para la detección de agentes microbiológicos también forman parte de las actividades que se observaron en el campo tanto a tanques de combustible en planta, camiones cisterna de abastecimiento, filtros y equipos abastecedores fijos ubicados en la plataforma del aeropuerto.

También es importante destacar que este departamento, así como se encarga de los procesos de calidad, también por la naturaleza de la operación, trabajan en espacios confinados lo cual pone en extrema las precauciones tanto con tanques de combustible, camiones cisterna y sistemas de tuberías subterráneas para abastecimiento de combustible.

Figura 6.*Equipo Fijo de Abastecimiento*

Nota: Este equipo de abastecimiento se utiliza por su gran seguridad y constancia a la hora de abastecer.

Como se puede observar en la imagen este equipo móvil está diseñado para mantenerse en cada puerta de abordaje, este equipo es capaz de ser el intermediario entre el combustible y la aeronave, ya que posee mangüeras que se conectan directamente a las líneas de tuberías subterráneas de combustible por medio de la conexión Pit, y otra que va conectada directamente a el dispositivo de abastecimiento de la aeronave; de manera que este equipo posee filtros, bombas, mangüeras, manómetros, tanques de recobros que periódicamente son revisados con el fin de asegurar la calidad en cada uno de los espacios por los que circula el producto. Jet A, el producto combustible más utilizado para el ámbito de la aviación debe cumplir con las propiedades adecuadas para mantener un buen nivel, algunas de estas son: densidad, temperatura, conductividad, apariencia.

Departamento de operaciones logística de combustible

A nivel técnico, el departamento de operaciones tiene mucha similitud con las operaciones de empresas de catering, empresas logística de carga aérea, al igual con los departamentos de los aeropuertos dedicados a la gestión eficaz de las actividades realizadas en la plataforma; y esto debido a que se observó en muchas ocasiones revisiones de mecanismos de funcionamiento indispensables para la operación, como lo es las conexiones pit, además de la logística empleada para abastecimiento de aeronaves de gran envergadura por medio de camiones cisternas, el aseguramiento de funcionamiento de equipos móviles, las supervisiones en las operación de abastecimiento, técnicas y conocimientos en cuanto riesgos de la misma.

Figura 7.

Equipo Fijo de Abastecimiento: Proceso de abastecimiento de combustible



Nota: El proceso de abastecimiento de combustible puede ser sencillo o complejo y depende de la envergadura de la aeronave, en la imagen#7 se puede observar 2 mangueras que cuelgan del ala de la aeronave.

Estas son las que se encargan de abastecer a la aeronave en un alto flujo con un caudal pequeño, por lo que, del otro lado de la aeronave deberán estar abasteciendo al mismo tiempo para cumplir con un tiempo de aproximadamente 1 hora de abastecimiento dependiendo del vuelo o trayecto. Cabe destacar que en la imagen se aprecia un camión cisterna con una capacidad máxima de 10,000 galones de combustible, aproximadamente esta aeronave puede requerir 2 vueltas o 2 camiones con la misma capacidad de combustible por cada ala, para poder satisfacer una aeronave de esta envergadura.

Figura 8.

Dispositivos de seguridad Lockout Tagouts



Nota: Procedimiento de seguridad para desconectar y bloquear las distintas fuentes de energía de los diferentes equipos industriales

En la imagen#8 se puede apreciar la ubicación de los diferentes dispositivos de seguridad que hay en los tanques de combustible, haciendo referencia a aquellos que están fuera de servicio y que de alguna manera pueden significar un peligro al ser abiertos, usados o desactivados; los dispositivos de seguridad regularmente suelen ser TAGS de “No uso”, cintas de bloqueo de uso y en el campo, la compañía en la que se realizó la experiencia, con una tecnología impresionante, que podía reconocer cuando algo dejaba de funcionar, presurización, caudales y estado de los tanques de combustible; además que se podía controlar desde una computadora abrir o cerrar sistemas de válvulas, lo cual hace de la operación una de las más sofisticadas en toda Centroamérica.

En el departamento de operaciones periódicamente es auditado por todos los stakeholders de la operación y por la entidad reguladora de la dependencia del combustible en la aviación, por lo que tienen mucha similitud en cuanto a las diferentes exigencias a cumplir para con las operaciones,

pp.50-63

de modo que, ésta es otra de las similitudes que encontramos al analizar muy específicamente operaciones del combustible con las operaciones de un aeropuerto. Las operaciones logística de combustible tienen un gran impacto socio-económico a nivel operaciones aeroportuarias, ya que no solamente las compañías de líneas aéreas son las que reciben vuelos diariamente, sino que el hecho de nuestra posición geográfica y la calidad del combustible en el país son motivo de operaciones internacionales de muchas compañías aéreas que no operan en el país; por lo que hay compañías aéreas de carga que sólo hacen paradas técnicas en ciudad de Panamá solo para tomar combustible y planear la ruta como punto de partida en Panamá; por lo que es de gran relevancia que las operaciones aeroportuarias como las operaciones logística de combustible cumplan los altos estándares de calidad requeridos por las organizaciones internacionales correspondientes.

Así como las operaciones de un aeropuerto tienen como principal escenario el lado aire de un aeropuerto, las operaciones logísticas de combustible también ya que en esta se realizan procedimientos como solución de problemas presentados durante la operación de fuelling o llenado de combustible o problemas presentados a nivel general por operaciones que no tienen que ver con la del combustible y que en general se convierten en operaciones de prioridad 1 como por ejemplo están las más conocidas:

- **Derrames:** Ante esta situación inesperada la compañía encargada del combustible o el Servicio de salvamento y extinción de incendios realiza el procedimiento de extracción del componente líquido derramado en plataforma, con el fin de salvaguardar las operaciones aeroportuarias y reducir el riesgo de contaminación ambiental que pueda ser producido por el incidente.
- **Defuelling:** Este procedimiento se realiza en determinadas ocasiones y mayormente se realiza cuando no se tiene la seguridad de que el producto contenido en los tanques de combustible de una aeronave cumpla con los altos estándares de calidad requeridos para su utilización; ya sea porque el contenido haya sufrido contaminación, que no haya sido utilizada la aeronave por un tiempo largo o cualquier otro factor externo que obligue a la operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adekitan, A. I. (2020, 21 mayo). *Safety integrated with quality management as operational excellence tool in the aviation fuel industry*. <https://hrcak.srce.hr/238261>

Airbus. (2023, 24 abril). Safe Aircraft Refuelling. Safety First.
<https://safetyfirst.airbus.com/safe-aircraft-refuelling/>

Aircraft Fuel Systems. (s. f.). Google Books. <https://books.google.com.pa/books?id=izek2m1vJiwC>

Autoridad aeronáutica civil de Panamá. (s/f). Gob.Pa. Recuperado el 10 de abril de 2023, de
<https://sigob.aeronautica.gob.pa/snra/subtipo/2/ficha/970/archivo/3318/pdf>

Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 83(3), 318–327.
<https://doi.org/10.1007/s00128-009-9770-0>

Capítulo IV evaluacion de los procedimientos de control calidad ysuministro de combustibles de un operador / proveedor. (s/f). Gov.co. Recuperado el 19 de abril de 2023, de
<https://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/vigilancia/gua%20inspector%20aeronavegabilidad/capitulo%20iv%20v2.p9.pdf>

Fuel Servicing Guidance Materials. (s. f.).
<https://www.iata.org/en/publications/store/tech-fuel-servicing-guidelines/>

Itah, A. Y., Brooks, A. A., Ogar, B. O., & Okure, A. B. (2009). Biodegradation of internationaljet A-1 aviation fuel by microorganisms isolated from aircraft tank and joint hydrant storage systems.

Joint Inspection Group. (s. f.). JIG - Aviation Fuel Handling and Operating Standards.

<https://www.jig.org/>

Joshi, G. (2022). How Is an Aircraft Refueled? Simple Flying. H
<https://simpleflying.com/how-is-an-aircraft-refueled/#:~:text=Generally%20at%20airports%2C%20fuel%20providers,minutes%20to%20refuel%20an%20aircraft>

London, S. A., & air force aerospace medical research lab wright-Patterson afb oh. (1974). Microbiological evaluation of aviation fuel storage, dispensingand aircraft Systems

Qué hacemos. (2021, febrero 3). Exolum <https://exolum.com/sobre-exolum/que-hacemos/>
(S/f). Safetyculture.com. Recuperado el 19 de abril de 2023,
<https://safetyculture.com/topics/safety-management-system/>

Redirect notice. (s/f). Google.com. Recuperado el 19 de abril de 2023, de

[https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAMQw7AJahcKEwjorNXWr8X-AhUAAAAAHQAAAAAQAw&url=https%3A%2F%2Fwww.epd.gov.hk%2Feia%2Fregister%2Frport%2Feiareport%2Feia_2232014%2Fhtml%2FAppendix%25206.2.pdf&psig=AOvVaw1Z0TSiU9uBa--6yT2kGrw-&ust=1682523785757899](https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAMQw7AJahcKEwjYvv_XjrbAhUAAAAAHQAAAAAQAw&url=https%3A%2F%2Fwww.kimerius.com%2Fapp%2Fdownload%2F5780664596%2FManual%2Bpara%2Bla%2Bmanipulaci%25C3%25B3n%2Bde%2Blos%2Bcombustibles%2Bde%2Baviaci%25C3%25B3n.pdf&psig=AOvVaw1Tflu166dyPlAhBa3bYld&ust=1681999533675308\>)

Redirect Notice. (s. f.).

https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAMQw7AJahcKEwjorNXWr8X-AhUAAAAAHQAAAAAQAw&url=https%3A%2F%2Fwww.epd.gov.hk%2Feia%2Fregister%2Frport%2Feiareport%2Feia_2232014%2Fhtml%2FAppendix%25206.2.pdf&psig=AOvVaw1Z0TSiU9uBa--6yT2kGrw-&ust=1682523785757899

Redirect Notice. (s. F.b)

<https://www.google.com/url?Sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0caqqw7ajahckewiot7nm3cx-ahuaaaaahqaaaaaqaw&url=https%3A%2F%2Fwww.icao.int%2FNACC%2fdocuments%2fmeetings%2F2012%2ficaofaaagacertification2012%2ficaofaacertification14.pdf&psig=aovvaw3i0fu5lfm6oudwqb4tf64y&ust=168253>

Refuelling with Passengers on Board | SKYbrary Aviation Safety. (s. f.).

<https://www.skybrary.aero/articles/refuelling-passengers-board>

Ruamchat, K. (2017). *Development of Quality Management System Under ISO 9001:2015 and Joint Inspection Group (JIG) for Aviation Fuelling Service - Management and Production Engineering Review - PAS Journals.* <https://journals.pan.pl/dlibra/show-content?id=106294>

Safety Management System (SMS). (s/f). Faa.gov. Recuperado el 19 de abril de 2023, de

<https://www.faa.gov/about/initiatives/sms>

Sater, B. (2023). How to Ensure Safety During Aircraft Refuelling. AN Aviation ServicesCo.

<https://an.aero/how-to-ensure-safety-during-aircraft-refuelling/>

Seguridad. (2021, enero 16). Exolum. <https://exolum.com/sostenibilidad/seguridad>

Tocumen-aeropuerto. (s/f). Tocumenpanama.aero. Recuperado el 10 de abril de 2023, de

<http://www.tocumenpanama.aero/sms-tocumen/index.htm>

Transparencia. (s/f). Tocumenpanama.Aero. Recuperado el 10 de abril de 2023, de

<http://tocumenpanama.aero/index.php/transparencia-aitsa3>

La protección de datos de los bienes patrimoniales del Estado, Panamá 2024

The data protection of the patrimonial State assets, Panama 2024

Carlos A. Correa García De Paredes

Universidad de Panamá. Facultad de Ingeniería, Panamá
inquilino1969@gmail.com / carlos.correog@up.ac.pa
<https://orcid.org/0009-0000-8207-4465>

Santiago Y. García Díaz

Universidad de Panamá. Facultad de Ingeniería. Panamá
santiagogarciadiaz4822@gmail.com / santiago.garcia-d@up.ac.pa
<https://orcid.org/0009-0003-1952-519X>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.5838>

RESUMEN

La investigación aborda la importancia de la protección de datos de los bienes patrimoniales estatales. Conviene mencionar que, para los países desarrollados, es un factor clave para salvaguardar los activos financiados con recursos públicos. En este contexto, el cibercrimen a la información de dichos bienes evidencia la urgencia de integrar un modelo robusto de protección de datos, como parte fundamental de la gestión patrimonial. La Contraloría General de la República de Panamá, conforme al Decreto Núm. 220-2014-DMySC del 25 de julio de 2014, publicado en la Gaceta Oficial Núm.27646 del 20 de octubre de 2014, adoptan las Normas Internacionales de Contabilidad del Sector Público (NICSP) en la República de Panamá. Asimismo, mediante el Decreto Núm.01-2017-DNMySC de 3 de enero de 2017, aprueba el Manual General de Contabilidad Gubernamental basado en las Normas Internacionales de Contabilidad del Sector Público (NICSP) - Versión II, publicado en la Gaceta Oficial No.28,198-A de 17 de noviembre de 2017. La implementación de las NICSP por parte de las entidades del sector público en Panamá es un proceso que requiere tiempo, recursos y compromiso de todas las partes involucradas. La adaptabilidad y la cooperación son esenciales para garantizar que se logren los objetivos de estandarización en el

pp.64-81

registro, transparencia, rendición de cuentas y buena gestión para la presentación de sus estados financieros, alineándose con las mejores prácticas internacionales. De acuerdo con el documento Instituciones del Sector Público, Panamá cuenta con 96 instituciones estatales que administran bienes patrimoniales. Este estudio analizó una muestra representativa de estas instituciones con el objetivo de evaluar un marco de seguridad para proteger la información patrimonial. Los resultados revelaron que el 66% de las instituciones evaluadas carecen de un plan integral de protección de datos en la gestión de sus bienes patrimoniales.

PALABRAS CLAVE: Protección de datos, Bienes patrimoniales del estado, Ciberseguridad

ABSTRACT

The research addresses the importance of data protection of state-owned assets. It is worth mentioning that, for developed countries, it is a key factor in safeguarding assets financed with public resources. In this context, cybercrime to the information of such assets shows the urgency of integrating a robust model of data protection as a fundamental part of asset management. The Office of the Comptroller General of the Republic of Panama, pursuant to Decree No. 220-2014-DMySC of July 25, 2014, published in the Official Gazette No.27646 of October 20, 2014, adopted the International Public Sector Accounting Standards (IPSAS) in the Republic of Panama. Likewise, through Decree No.01-2017-DNMySC of January 3, 2017, approves the General Governmental Accounting Manual based on the International Public Sector Accounting Standards (IPSAS) - Version II, published in Official Gazette No.28,198-A of November 17, 2017. The implementation of IPSAS by public sector entities in Panama is a process that requires time, resources and commitment from all parties involved. Adaptability and cooperation are essential to ensure that the objectives of standardization in recording, transparency, accountability, and good governance for the presentation of their financial statements are achieved, aligning with international best practices. According to the document Public Sector Institutions, Panama has ninety-six state institutions that manage assets. This study analyzed a representative sample of these institutions with the objective of evaluating a security framework to protect asset information. The results revealed that 66% of the institutions evaluated lack a comprehensive data protection plan for the management of their patrimonial assets.

KEYWORDS: Data protection, Patrimonial state assets, Cybersecurity

INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda los siguientes términos, para una mejor comprensión:

- El control básico de los bienes patrimoniales consiste en la toma, registro y actualización de un inventario permanente, cuyo propósito es contar con información veraz y real entre los registros y el inventario; implementando controles efectivos que garanticen su existencia, estado de conservación y su debido uso. (Contraloría General de la República, 2017, p.24)
- **Bienes patrimoniales:** Son todos aquellos recursos materiales susceptibles de ser pesados, medidos, contados y verificados de propiedad del Estado. (Contraloría General de la República, 2017, p.117)
- **Controles internos:** Es un proceso integral efectuado por la Administración y el personal institucional, diseñado para enfrentarse a los riesgos y para dar una seguridad razonable de que, en la consecución de la misión de la entidad, se alcanzarán los objetivos generales (Contraloría General de la República, 2017, p.117)
- Por “sistema informático” se entenderá todo dispositivo aislado o conjunto de dispositivos interconectados o relacionados entre sí, cuya función, o la de alguno de sus elementos, sea el tratamiento automatizado de datos en ejecución de un programa. (Ley No. 79, 22 de octubre de 2013, p. 16)
- Por “datos informáticos” se entenderá toda representación de hechos, información o conceptos expresados de cualquier forma que se preste a tratamiento informático, incluidos los programas diseñados para que un sistema informático ejecute una función. (Ley No. 79, 22 de octubre de 2013, p. 16)

Luego de estas definiciones, se observa la necesidad de proteger los datos informáticos que, representan todos los registros del patrimonio estatal, siendo esto un tema primordial para todas las instituciones que forman el Estado, por lo delicado y la responsabilidad que esto representa. En este mismo orden de ideas, se destaca otros conceptos, los cuales involucran la protección de la información contra los ciberataques, por tanto:

La ciencia de datos ha ganado relevancia en los procesos investigativos porque permite apoyarlos, mejorar la toma de decisiones y así: dar respuesta a preguntas mediante la información que las organizaciones recolectan – por ejemplo, en los *Security Information and Event Management (SIEM)*–, la cual representa el contexto de un incidente informático: ¿cuándo?, ¿dónde?, ¿quién?,

pp.64-81

¿por qué?; y crear mecanismos para la prevención, detección y respuesta a eventos delictivos.
(Urcuqui López, C.; Navarro Cadavid, A. Coordinadores, 2022, pp.9-10)

Según Martínez et al.,(2024), Hoy en día, los ciberataques se han convertido en una forma de robo muy común debido a los avances en la tecnología y los procesos de internet en las empresas, organizaciones y principalmente bancos, infiltrándose directamente en la seguridad de todo tipo de corporaciones en Panamá y el mundo; y Panamá es uno de los países más vulnerables para los ciberdelincuentes.

Según estudio de mercado realizado por la embajada de España en Panamá, nos cuenta una descripción clara de la estructura en materia de comunicación de Panamá:

Con alrededor de cuatro millones de habitantes, Panamá tiene una tasa de penetración de Internet relativamente alta de 2,9 millones, o el 67 % de la población 2. Cerca de 2,5 millones de panameños obtienen acceso a internet a través de sus teléfonos inteligentes. Panamá cuenta con las mejores conexiones de fibra óptica submarina de América Latina, con conectividad a ocho cables submarinos. El país está cableado en las costas del Pacífico y del Atlántico, y está conectado directamente con muchos países del hemisferio occidental: América del Norte, América del Sur, América Central y el Caribe.(Blanco, 2022, p. 5)

Dentro del marco de la investigación sobre la protección de los datos, los autores Arroyo Guardeña, Gayoso Martínez y Hernández Encinas (2020) plantean:

La disciplina de la seguridad se encarga de proteger los activos de una organización o de un particular. Un activo es cualquier elemento que tiene valor para una organización o sujeto. En general la seguridad de la información abarca todo aquello que tiene que ver con la protección de la información, ya sea almacenada o trasmisita. Cuando la información se trasmite, entonces se hace referencia a la seguridad TIC, en el sentido que son las tecnologías de la información y las comunicaciones las encargadas de velar por los activos. Por su parte, la ciberseguridad no solo contempla la seguridad de información que se trasmite (momento en el que se interseca con la seguridad de la información), sino que contempla otros activos que no son solo información, pero que también pueden ser atacados por la TIC.

La protección de los activos se realiza frente a la acción de los atacantes. Debe tenerse en cuenta que el objetivo de un atacante suele ser el de explotar las debilidades asociadas a cualquier dispositivo que esté a su alcance (ordenador, teléfono, tableta, etc.) con el fin de sacar provecho a la vulneración de cualquiera de los tres objetivos principales relacionados con la seguridad de un sistema informático: confidencialidad, integridad y disponibilidad (CID). La confidencialidad

pp.64-81

garantiza la protección de la información de modo que sea secreta para quienes no tienen derecho a acceder a la misma. La integridad asegura la autenticidad de los datos almacenados, de modo que no puedan ser modificados, manipulados ni alterados por terceras partes sin permiso para ello. Finalmente, la disponibilidad de los datos almacenados en un sistema informático obliga a que su acceso sea posible en cualquier momento que sea solicitado por cualquier parte que esté autorizada a ello. (pp.15-16)

Cabe ampliar lo anterior, con las aportaciones realizadas por el autor Rea Guamán (2020), en su tesis doctoral “Madurez en la Identificación y Evaluación de Riesgos en Ciberseguridad”, de la Universidad Politécnica de Madrid, cuando sostiene que:

Los ataques ciberneticos comprometen la confidencialidad robando datos, comprometiendo la integridad mediante la modificación de datos o comprometiendo la disponibilidad al negar acceso a datos, servicios o sistemas.

Los ataques de integridad implican la modificación de datos, lo que puede dar lugar a diversos impactos que incluyen lo siguiente:

- Impactos reputacionales si esos datos son información pública como sitios web.
- Impactos de la información financiera si se trata de datos financieros, particularmente para una corporación que cotiza en bolsa.
- Pérdidas de dinero real si los datos que se cambian son números de enrutamiento bancario o mandatos financieros a los bancos que manejan cuentas corporativas.
- Disponibilidad: denegar acceso.

El tercer tipo de ciberataque es afectar la disponibilidad de los sistemas y denegar el acceso a ello. Los ataques que causan la denegación de servicios pueden ser difíciles de diagnosticar, especialmente si los sistemas están dañados, pero no deshabilitados. A menudo, los sistemas se deterioran cuando el ataque causa fallos abrumadores a los sistemas y la infraestructura. (2020, pp.10-12)

Estos, han motivado a los gobiernos, a hacer frente a tal circunstancia, aportando respuestas expeditas, que faciliten la protección de sus usuarios, ya sean empresas como particulares, a través de regulaciones las cuales desde hace mucho tiempo se han tratado de unificar para que exista una misma normativa en todos los países. (p.15).

Dentro del marco regulatorio en Panamá, se tiene el Código Penal de la República de Panamá, en su Título VIII los “Delitos contra la Seguridad Jurídica de los Medios Electrónicos”, en el Capítulo I Delitos

contra la Seguridad Informática, normativa aprobada mediante la Ley 14 del 18 de mayo de 2007, encontramos los artículos:

Artículo 289. Quien indebidamente ingrese o utilice una base de datos, red o sistema informático será sancionado con dos a cuatro años de prisión.

Artículo 290. Quien indebidamente se apodere, copie, utilice o modifique los datos en tránsito o contenidos en una base de datos o sistema informático, o interfiera, intercepte, obstaculice o impida su transmisión será sancionado con dos a cuatro años de prisión.

Artículo 291. Las conductas descritas en los artículos 289 y 290 se agravarán de un tercio a una sexta parte de la pena si se cometan contra datos contenidos en bases de datos o sistema informático de:

1. Oficinas públicas o bajo su tutela.
2. Instituciones públicas, privadas o mixtas que prestan un servicio público.
3. Bancos, aseguradoras y demás instituciones financieras y bursátiles.

También se agravará la pena en la forma prevista en este artículo cuando los hechos sean cometidos con fines lucrativos.

Estas sanciones se aplicarán sin perjuicio de las sanciones aplicables si los datos de que trata el presente Capítulo consisten en información confidencial de acceso restringido, referente a la seguridad del Estado, según lo dispuesto en el Capítulo I, Título XIV, del Libro Segundo de este Código.

Artículo 292. Si las conductas descritas en el presente Capítulo las comete la persona encargada o responsable de la base o del sistema informático, o la persona autorizada para acceder a este, o las cometió utilizando información privilegiada, la sanción se agravará entre una sexta y una tercera parte. (Código Penal de la República de Panamá, 2016, p. 212)

La República de Panamá, mediante la Ley No. 79 de 22 de octubre de 2013, publicada en la Gaceta Oficial No.27403-A del 25 de octubre de 2013, aprobó el Convenio sobre la Ciberdelincuencia, hecho en Budapest, el 23 de noviembre de 2001.

Otra cuestión importante en Panamá es la existencia de entidades con responsabilidades de perseguir o prevenir los delitos de ciberseguridad, como: La Fiscalía Especializada en Delitos Contra la Propiedad Intelectual y Seguridad Informática en el Ministerio Público. El Centro Nacional de Respuestas de

Incidentes de Seguridad de la Información de Panamá (CSIRT Panamá), que “entre sus objetivos están la prevención, tratamiento, identificación y resolución de ataques a incidentes de seguridad sobre los sistemas informáticos que conforman la infraestructura crítica del país y el acceso a la información de parte de los ciudadanos de Panamá.” (CSIRT, 2023, Sobre nosotros). La Policía Nacional de Panamá. La Autoridad Nacional para la Innovación Gubernamental (AIG) que, a través de su Consejo Nacional para la Innovación Gubernamental, aprobó la Resolución No.17 del 10 de septiembre de 2021, que establece la Estrategia Nacional de Ciberseguridad para el periodo 2021-2024, la cual consta de cuatro (4) pilares, el Pilar I-Proteger la privacidad y los derechos fundamentales de los ciudadanos en el ciberespacio. Pilar II- Disuadir y castigar el comportamiento criminal en el ciberespacio. Pilar III-Fortalecer la seguridad y la resiliencia de la infraestructura critica de nuestra nación. Pilar IV-Fomentar una cultura nacional de ciberseguridad. Igualmente, existe la Campaña Nacional “Panamá Ciberseguridad”, con la misión de promover la comunidad panameña, el conocimiento en ciberseguridad; y con el objetivo de fomentar una cultura nacional de ciberseguridad, entendiéndola que es una responsabilidad de todos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación aplicada, concentra su atención en las posibilidades concretas de llevar a la práctica las teorías generales, y destina sus esfuerzos a resolver las necesidades que se plantean la sociedad y los hombres.

La resolución de problemas prácticos se circunscribe a lo inmediato, por lo cual su resultado no es aplicable a otras situaciones. (Baena Paz, 2017, p.18)

Enfoque cuantitativo

El más conocido de los enfoques, el cuantitativo utiliza la recolección y análisis e interpretación de los datos para contestar preguntas de investigación o probar hipótesis establecidas previamente. Este enfoque está fundamentado en la medición numérica, el conteo de los datos y la utilización de estadística para establecer con exactitud los factores de comportamiento en una población o muestra. Utiliza las variables para la recolección de los datos. Es deductivo, objetivo, medible y comprobable. (Maldonado Pinto, 2018, p.35)

Esta investigación es tipo aplicado y de enfoque cuantitativo, que busca describir, detallar y exponer una situación real, según una población o grupo de participantes que corresponde al sector público con noventa y seis (96) instituciones estatales en Panamá, que se encargan de administrar sus bienes patrimoniales. La Contraloría General de la República (2017), en el *Manual de normas generales y*

pp.64-81

procedimientos para la administración y control de los bienes patrimoniales (activos fijos e intangibles y bienes no depreciables) en el sector público, tomos I y II, segunda versión, establece que: “Cada entidad tiene que practicar anualmente, inventarios físicos de los bienes de su propiedad, bajo su administración, uso y custodia, con el objeto de verificar su existencia física y estado de conservación” (p.24). Al mismo tiempo, plantea el control básico de los bienes patrimoniales, **¿en qué consiste?** “en la toma, registro y actualización de un inventario permanente” (p.24), **¿cuál es el propósito?** “contar con información veraz y real entre los registros y el inventario” (p.24) **¿cómo?** “implementando controles efectivos que garanticen su existencia, estado de conservación y su debido uso” (p.24). Este Manual se aplicará en lo relativo al uso y manejo de los Bienes Patrimoniales, en el: “Gobierno General, Gobierno Locales (Municipios, Juntas Comunales), Proyectos de Inversión, Instituciones sin fines de lucro (Patronatos), Corporaciones Públicas no financieras (Empresas Públicas, Corporaciones y Proyectos de Desarrollo), Corporaciones Públicas Financieras (Intermediarios Financieros), y el Servicio Exterior” (2017, p.16). Para obtener los resultados, se empleó la técnica de encuesta con una muestra significativa de las respuestas de 40 colaboradores vinculados a los bienes patrimoniales de instituciones públicas, que representa 41% del total de 96 entidades, como se muestra en la Tabla 1. Se utilizó un cuestionario para la recolección de datos con tecnología de inteligencia artificial, de la plataforma Microsoft Forms, para visualizar en gráfico y tiempo real las respuestas de 15 preguntas. El cuestionario en línea se abrió del 11 al 17 de septiembre de 2024. Para obtener las respuestas de los colaboradores relacionadas con los bienes patrimoniales de las entidades encuestadas, nos contactamos con personal del Ministerio de Economía y Finanzas, que nos facilitaron los teléfonos de contacto de dicho personal. Los Gobiernos Locales aun cuando les aplica el Manual de uso y manejo de los Bienes Patrimoniales, no fueron incluidos en la Tabla 1.

Tabla 1.

Categoría de entidades estatales

#	Entidades	Cantidad
1	Gobierno Central	30
2	Instituciones Descentralizadas	42
3	Empresas Públicas	16
4	Intermediarios Financieros	8

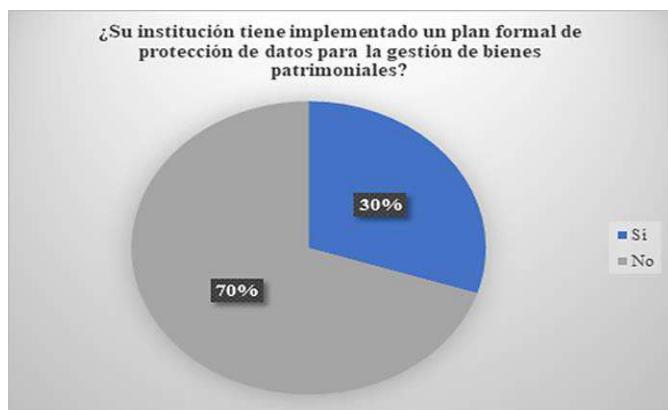
Total	96
-------	----

Nota: Se muestra en la Tabla 1 la cantidad de entidades estatales según categorizaciones. Se elaboró a partir del Informe de Planilla del Sector Público al 31 de julio de 2024 de la Contraloría General de la República de Panamá.

RESULTADOS

Figura 1.

Implementación de un plan de protección de datos

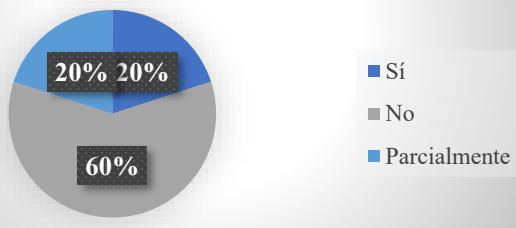


Nota: La Figura 1 muestra que, 70% de los encuestados indican que sus organizaciones no cuentan con un plan establecido, reflejando una notable carencia en la implementación de medidas estructuradas para la protección de datos. El 30% indica que sí tienen un plan formal en funcionamiento. Aunque algunas instituciones están tomando medidas proactivas, la mayoría aún no adopta estrategias formales de protección. Esta brecha sugiere la necesidad urgente de desarrollar y formalizar políticas y planes en garantía de la seguridad de los datos e información patrimonial sensible en el entorno digital.

Figura 2.

Personal capacitado en manejo de datos de bienes patrimoniales

¿Considera que el personal de su institución está adecuadamente capacitado para manejar datos sensibles relacionados con bienes patrimoniales?



Nota: La Figura 2 presenta un panorama preocupante. El 20% de los encuestados considera que el personal de su institución está adecuadamente capacitado, el 60% que no lo está, el 20% que está parcialmente capacitado. Los resultados advierten que, una mayoría significativa de las entidades carece de la formación necesaria en el manejo de información crítica de manera segura y efectiva, situación que expone a riesgos la gestión de bienes patrimoniales. La falta de capacitación adecuada acentúa la necesidad de implementar programas de formación más robustos y continuos para asegurar la protección de los datos institucionales.

Figura 3.

Importancia de la protección de la información patrimonial



Nota: En la Figura 3 se muestra la percepción mixta de la importancia de la protección de la información patrimonial en las instituciones. Solo 17% lo considera como de "muy alta" prioridad, 10% de importancia "alta.", 40% que la importancia es "moderada", revelando que, aun cuando las entidades reconocen su relevancia, no se le otorga el valor para garantizar

una protección robusta. Inquietante, el 20% de las respuestas indica que la protección de la información patrimonial tiene una importancia "baja" o "no se considera importante." Los resultados apuntan a la necesidad de concienciar y priorizar la seguridad de la información patrimonial en muchas instituciones, dada la creciente amenaza de ciberataques y el valor estratégico que la información tiene en la continuidad y estabilidad operativa.

Figura 4.

Políticas de la privacidad de datos en la información patrimonial



Nota: La Figura 4 muestra que un porcentaje significativo de las instituciones carece de políticas específicas de privacidad de datos para proteger la información patrimonial. El 52% señala que su institución no tiene estas políticas, lo que evidencia no gestiona la seguridad de la información, el 25% afirma tener políticas específicas, y el 23 % que están desarrollando en sus instituciones, lo que resalta que algunas entidades reconocen la necesidad de mejorar sus marcos normativos en torno a la privacidad de datos.

CONCLUSIONES

En primer lugar, con relación a la pregunta **1. Tipo de institución**, se puede indicar que, de 96 instituciones, se logró las respuestas de cuarenta (40) instituciones. En el cual, dieciocho (18) son ministerios y representan de la encuesta el 45%; catorce (14) fueron entidades autónomas o semiautónomas, representando el 35%; cinco (5) empresas estatales, representando el 13%; y tres (3) que pertenece a otro tipo de institución estatal, representando el 8% de la encuesta.

Teniendo en cuenta, la pregunta **2. Número aproximado de empleados en su institución**. Diecinueve instituciones indicaron que tiene una media de 100 a 500 empleados, el 48% de la encuesta; quince (15) instituciones con un promedio mayor de 500 empleados, el 38%; y se destaca que seis (6) instituciones tienen un promedio de menos 100 empleados, el 15 % de la encuesta. Lo que representa que la mayoría de los encuestados son entidades medianas y el promedio de entidades grandes representa un 38%.

Como resultado a la pregunta **3. ¿Qué tipo de bienes patrimoniales administra su institución?**, treinta y cuatro (34) respondieron bienes muebles e inmuebles, representando el 85% de la encuesta; dos (2) respondieron inmuebles, dos (2) contestaron bienes muebles y dos (2) señalaron que otros, lo que representan cada grupo un 5% de la encuesta. Esto demuestra que la mayoría de las entidades manejan propiedad, planta y equipo, es decir casi todos los bienes y un porcentaje menor otro tipo de bienes, cómo culturales, semovientes y otros que entran en otras categorías.

En la pregunta **4. ¿Su institución tiene implementado un plan formal de protección de datos para la gestión de bienes patrimoniales?** La encuesta revela que el 70% de las instituciones no tiene un plan formal de protección de datos para gestionar bienes patrimoniales, lo que indica una grave deficiencia al implementar medidas de seguridad estructuradas. Solo el 30% ha establecido un plan, lo que sugiere que, aunque algunas organizaciones están avanzando en la protección de datos, la mayoría aún carece de estrategias formales. Esta situación resalta la necesidad urgente de crear y formalizar políticas que garanticen la seguridad de la información sensible en un entorno digital cada vez más crítico.

Se observa en la pregunta **5. ¿Qué nivel de importancia se le asigna a la protección de la información patrimonial en su institución?** Esto indica que, según los resultados arrojados, un 42% considera moderado, si existe protección, pero no está claro en este tema, ya que en otra respuesta se manifestó que se percibe una complejidad en la gestión de bienes patrimoniales, lo que nos lleva a capacitar, concientizar a los encargados de llevar los patrimoniales estatales, su importancia y relevancia.

Por otra parte, en la pregunta **6. ¿Su institución ha sido víctima de un ciberataque o filtración de datos en los últimos 5 años?**, La encuesta revela que el 50% de las instituciones ha sido víctima de un ciberataque o filtración de datos en los últimos cinco años, lo que indica que la ciberseguridad es una preocupación significativa para la mitad de las organizaciones. Esto enfatiza la urgencia de fortalecer las medidas de protección y respuesta ante incidentes de seguridad.

En consideración a la pregunta **7. ¿Cuenta su institución con políticas específicas de privacidad de datos para la protección de la información patrimonial?** Según la respuesta, podemos concluir que la mayoría de las entidades encuestadas no cuentan con políticas específicas de privacidad, donde podemos indicar que la mayoría de las entidades están expuestas a un ciberataque en la gestión de la data de su patrimonio.

Cabe mencionar, en la pregunta **8. ¿Qué tipo de tecnologías o software utiliza su institución para proteger los datos patrimoniales?** (seleccione los tres más relevantes). La encuesta revela que las instituciones priorizan las copias de seguridad automatizadas y los firewalls como tecnologías clave para proteger los datos patrimoniales, seguidas por los sistemas de detección de intrusos y sistemas de cifrado. Sin embargo, la diversidad en las respuestas bajo la categoría de otros sugiere la existencia de múltiples enfoques en la implementación de tecnologías de seguridad. Estos hallazgos subrayan la necesidad de fortalecer y diversificar las estrategias de protección de datos en las instituciones.

Por otro lado, en la pregunta **9. ¿Su institución está alineada con las Normas Internacionales de Contabilidad del Sector Público (NICSP) en cuanto a la gestión de bienes patrimoniales?**, Aquí podemos concluir la necesidad de incrementar la implementación de las Normas NICSP a nivel nacional, considerando que dicho proceso se está realizando poco a poco. La debida implementación es significativa para la contabilidad y finanzas del sector público panameño, valorando que las mismas constituye el marco regulatorio y estandarizado, lo que contribuye al mantenimiento de estados contables sólidos, con datos e información financiera transparente, sobre todo en beneficio de la gestión patrimonial.

Tal y como se muestra en la pregunta **10. ¿Qué marco regulatorio sigue su institución en términos de privacidad y protección de datos?** Los resultados de la Figura 10, destacan la necesidad urgente de

establecer políticas efectivas y mejorar la capacitación para fortalecer la gestión de la información patrimonial. Teniendo en cuenta estos resultados, es útil reiterar que, en la República de Panamá, existe un marco regulatorio vigente, como la Ley 14 del 18 de mayo de 2007, que establece en el Código Penal los normas sobre “Delitos contra la Seguridad Informática”; la Ley No. 79 de 22 de octubre de 2013, que aprobó el Convenio sobre la Ciberdelincuencia; la Resolución No. 17 de 10 de septiembre de 2021 del Consejo Nacional para la Innovación Gubernamental, por la cual se aprueba la Estrategia Nacional de Ciberseguridad para el periodo 2021-2024; la Campaña Nacional “Panamá Ciberseguridad”; así como distintas normativas de protección de datos.

Conviene destacar en la pregunta 11. **¿Su institución ofrece capacitaciones regulares sobre privacidad y protección de datos a sus empleados?** En la Figura 3 se destaca que un 30% de las entidades encuestadas no ofrecen capacitación sobre el tema de privacidad y protección de datos, por consiguiente, es relevante para las entidades como, la Autoridad Nacional para la Innovación Gubernamental (AIG), la Dirección General de Carrera Administrativa, el Ministerio de Economía y Finanzas, la Contraloría General de la República, entre otras, fomentar la sinergia para establecer metas y objetivos comunes, para la formación y capacitación de los servidores públicos, respecto a la protección de datos de los bienes patrimoniales en las distintas instituciones del Estado Panameño.

Cabe distinguir en la pregunta 12. **¿Considera que el personal de su institución está adecuadamente capacitado para manejar datos sensibles relacionados con bienes patrimoniales?** Como se indicó en la Figura 4, los resultados sugieren que una mayoría significativa de las instituciones carece de la formación necesaria para manejar información crítica de manera segura y efectiva, lo que podría exponer a riesgos importantes la gestión de bienes patrimoniales. A nivel institucional, es primordial establecer programas de formación para los servidores públicos, con énfasis en el manejo, privacidad y protección de datos e información de los bienes patrimoniales estatales, a fin de promover la cultura de ciberseguridad en la gestión pública, en concordancia con la “Estrategia Nacional de Seguridad” para el periodo 2021-2024 en Panamá.

Como resultado de la pregunta 13. **¿Cuáles son los mayores desafíos que enfrenta su institución en la protección de datos patrimoniales?** (seleccione los tres más relevantes), Los principales desafíos en la protección de datos patrimoniales son la ausencia de políticas claras, la complejidad en la gestión de

bienes y la insuficiente capacitación del personal. Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de implementar políticas efectivas y mejorar la formación del personal para optimizar la protección y gestión de la información patrimonial en las instituciones.

Respecto a los resultados de la pregunta **14. ¿Qué acciones considera prioritarias para mejorar la privacidad y protección de datos en su institución?**, Los resultados de la Figura 5, nos enfatizan lo esencial de establecer medidas orientadas a la protección de los datos. Por eso, entre las acciones que se pueden implementar, para mejorar la privacidad y protección de los datos e información, en relación con los bienes patrimoniales estatales, consideramos fundamental, primero, evaluar los riesgos afines al manejo de dicha información, para identificar debilidades, posibles amenazas y cualquier vulnerabilidad del sistema o de los procesos de la gestión patrimonial. Es imprescindible adoptar regulaciones de ciberseguridad, establecer políticas y procesos claros; disponer de tecnologías que refuerzen la protección y privacidad de la información; realizar las auditorias de seguridad o la que corresponda, y sus debidos seguimientos. Al mismo tiempo que el desarrollo de estas actividades es imperioso, instaurar un programa de capacitación para el personal vinculado a la administración de los bienes, valorando que el recurso humano es indispensable, en el éxito de toda buena gestión sobre la protección y privacidad de la información.

Hay que mencionar en referencia a la pregunta **15. En una escala de 1 a 5, donde 1 es muy baja y 5 es muy alta, ¿cómo evalúa el nivel actual de seguridad en la protección de la información patrimonial en su institución?**, La percepción de las medidas de seguridad es mayoritariamente negativa, con el 45% de los encuestados calificándolas como insuficientes y solo un 23% considerándolas efectivas. Esto destaca una necesidad urgente de fortalecer y mejorar las estrategias de seguridad en la mayoría de las instituciones para garantizar una protección adecuada de sus datos.

Tras realizar este estudio y analizar las respuestas obtenidas, la investigación corrobora que, la mayoría de las entidades estatales carecen de un sistema adecuado para proteger los datos en la gestión de bienes patrimoniales. Además, las entidades muestran desinformación y falencia en relación con el manejo de dichos datos, debido a la complejidad que esto representa. La muestra representativa utilizada demostró la necesidad de capacitar al personal encargado de la gestión de bienes patrimoniales estatales. Los temas concernientes a la protección de datos han alcanzado gran relevancia a nivel global, y, por otra parte, es

pp.64-81

imperativo implementar las Normas Internacionales de Contabilidad del Sector Público (NICSP), para estandarizar los registros y la presentación de los estados financieros gubernamentales, contribuyendo así al desarrollo económico de los países y Panamá.

Observación: Para aquellos lectores que deseen profundizar en los temas tratados en este artículo o recibir asesoría personalizada, les invitamos a ponerse en contacto con los autores. Estaremos encantados de ofrecer apoyo adicional y responder a cualquier consulta relacionada con el contenido presentado.

REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS

Arroyo Guardeña, D.; Gayoso Martínez, V.; Hernández Encinas, L. *Ciberseguridad*. Ed. Madrid: Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2020. 144 p.
https://elibro.net/es/ereader/upanama/172144?as_all=protecci%C3%B3n_de_datos&as_all_op=unaccent_icontains&fs_page=3&prev=as

Baena Paz, G.M.E. Metodología de la investigación. ed. México, D.F.: Grupo Editorial Patria, 2017. 157 p.
https://elibro.net/es/ereader/upanama/40513?as_all=metodolog%C3%A1tica&as_all_op=unaccent_icontains&prev=as

Blanco, L. (2022). El mercado de la ciberseguridad en Panamá [Estudio de Mercado].
<https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/092/documentos/2022/10/documentos-anexos/DOC2022915843.pdf>

Checkpoint. (2024). What is the CIA Triad? <https://www.checkpoint.com/es/cyber-hub/cyber-security/what-is-it-security/what-is-the-cia-triad/>

Código Penal de la República de Panamá (Texto Único comentado) Adoptado por la Ley 14 de 2007 (publicada el 22 de mayo de 2007, Gaceta Oficial No. 25796), Panamá: Ministerio Público, Procuraduría General de la Nación. 322p.

Contraloría General de la República. (5 de mayo de 2017). Decreto No. 32-2017-DMySC. *Por el cual se aprueba el "Manual de normas generales y procedimientos para la administración y control de los bienes patrimoniales (activos fijos e intangibles y bienes no depreciables) en el sector público, tomos I y II, segunda versión"*. Panamá, Panamá. Obtenido de <https://vlex.com.pa/vid/decreto-n-32-2017-905411851>

Contraloría General de la República de Panamá. Informe de Planilla del Sector Público al 31 de julio de 2024. Agosto 2024. 36p.

<https://www.contraloria.gob.pa/wp-content/uploads/2024/09/Informe-Planilla-del-Sector-Publico-Julio-2024.pdf>

Correa García de Paredes, C.A. (2024). Importancia de la Implementación de un Sistema Integrado de Gestión para la Optimización de los Procesos de los Bienes Patrimoniales de la Universidad de Panamá, 2024. Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra, Volumen 3 No.2 enero – junio 2024. pp.183-197. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/REICIT/article/view/4688>

CSIRT (Computer Security Incident Response Team). 2023. Sobre nosotros. https://cert.pa/?page_id=33

Fortinet. (2024). Tríada CIA: confidencialidad, integridad y disponibilidad.
<https://www.fortinet.com/lat/resources/cyberglossary/cia-triad>

Godoy Troya (2021). Impacto en los Sistemas de Información Contable por Efecto de los Delitos Informáticos a las Operaciones de Banca por Internet en la Ciudad de Panamá. Tesis de Doctorado. Universidad de Panamá. Panamá. 255p.

Rea Guamán, A.M. Madurez en la Identificación y Evaluación de Riesgos en Ciberseguridad. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 2020. 446p.
https://oa.upm.es/65871/1/ANGEL_MARCELO_REA_GUAMAN.pdf

Ley No. 79 (22 de octubre de 2013), La Asamblea Nacional de Panamá aprobó el Convenio sobre la Ciberdelincuencia. 25 de octubre de 2013. Gaceta Oficial Digital No. 27403-A.

Maldonado Pinto, J.E. Metodología de la investigación social: paradigmas: cuantitativo, sociocrítico, cualitativo, complementario. ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2018. 297p.
https://elibro.net/es/ereader/upanama/70335?as_all=metodolog%C3%ADA_cuantitativa&as_all_op=unaccent_icontains&prev=as

Martínez, Y., Cerezo, J., & Quirós, A. (2024). ¿Cómo el ciberdelito afecta a las empresas e instituciones bancarias en Panamá?
<https://revistas.umecit.edu.pa/index.php/sc/article/download/1380/2262/8650>

Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Panamá. (2022). El mercado de la ciberseguridad en Panamá [Estudio de Mercado].
<https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/092/documentos/2022/10/documentos-anexos/DOC2022915843.pdf>

Panamá Cibersegura. 2023. <https://panamacibersegura.gob.pa/index.php/nosotros/>

Resolución No.17 (10 de septiembre de 2021). El Consejo Nacional para la Innovación Gubernamental aprueba la Estrategia Nacional de Ciberseguridad para el periodo 2021-2024. 15 de diciembre de 2021. Publicada en la Gaceta Oficial Digital No. 29434-A.
https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29434_A/GacetaNo_29434a_20211215.pdf

pp.64-81

Urcuqui López, C.C.; Navarro Cadavid, A. (Coordinadores). Ciberseguridad: Los datos tienen la respuesta. Cali: Editorial Universidad Icesi, 2022. 274 p.
https://elibro.net/es/ereader/upanama/225844?as_all=ciberseguridad&as_all_op=unBlanco, L. (2022).

Estudio Simplificado de Diseño de Viga de Monorriel de Concreto Reforzado: Primer Sistema de Transporte de este Tipo en Panamá 2020

*Simplified Design Study of a Reinforced Concrete Monorail Girder: First
Transportation System of its Kind in Panama 2020*

Isaac Abdiel Salazar Moreno

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá

isaac.salazar@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0003-6382-4883>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8066>

RESUMEN

El desarrollo urbano en Panamá enfrenta desafíos asociados al crecimiento poblacional, la congestión vehicular y las limitaciones geográficas de una topografía irregular es una realidad. Frente a este escenario, la implementación del primer sistema de monorriel en el país, en el marco de la Línea 3 del Metro de Panamá, constituye un hito histórico en la infraestructura de transporte masivo. Este estudio presenta un análisis simplificado del diseño de la viga de rodaje de concreto reforzado utilizada en monorrieles tipo straddle, tomando como base la experiencia del autor, reglamentos internacionales, Investigaciones entre 2018-2024 utilizadas en otros países referente a monorriel y las especificaciones internacionales AASHTO LRFD (2011, 2017). El trabajo integra conceptos teóricos y experimentales derivados de investigaciones recientes sobre vigas pretensadas, vigas reforzadas, comportamiento dinámico tren-puente, fatiga estructural y criterios de confort de los usuarios, puntos importantes según los artículos desarrollados por Pu (2018) y Zhang y Wang (2024). El objetivo principal es exponer una metodología de diseño simplificada que, sin reemplazar los análisis detallados, permita comprender los parámetros fundamentales de seguridad, durabilidad y eficiencia de las vigas de concreto reforzado para monorrieles en contextos latinoamericanos y en especial en nuestro querido Panamá. Los resultados evidencian

pp.82-98

que la aplicación de criterios simplificados de cargas, propiedades de los materiales, proporciona la base clara para la enseñanza de ingeniería civil, ingeniería en edificaciones e infraestructura, en un entorno de recursos limitados. Asimismo, se subraya la importancia de considerar aspectos ambientales, como el impacto acústico y la sostenibilidad del concreto pretensado, en la vida útil de 100 años prevista para la infraestructura. Se concluye que el modelo simplificado propuesto resulta didáctico y aplicable en el ámbito académico, además de constituir una herramienta preliminar de validación para proyectos similares en la región. Finalmente, se destacan futuras líneas de investigación: pruebas dinámicas in situ, optimización del pretensado y monitoreo estructural mediante sensores.

PALABRAS CLAVE: Monorriel, Viga de Rodaje, Diseño simplificado, Concreto Pretensado, Durabilidad

ABSTRACT

Urban development in Panama faces challenges associated with population growth, traffic congestion, and the geographical limitations of an irregular topography. Against this backdrop, the implementation of the country's first monorail system, as part of Line 3 of the Panama Metro, constitutes a historic milestone in mass transit infrastructure. This study presents a simplified analysis of the design of the reinforced concrete running beam used in straddle monorails, based on the author's experience, international regulations, research conducted between 2018 and 2024 in other countries regarding monorails, and the international AASHTO LRFD specifications (2011, 2017). The work integrates theoretical and experimental concepts derived from recent research on prestressed beams, reinforced beams, dynamic train-bridge behavior, structural fatigue, and user comfort criteria, important points according to articles developed by Pu (2018) and Zhang and Wang (2024). The main objective is to present a simplified design methodology that, without replacing detailed analyses, allows for an understanding of the fundamental parameters of safety, durability, and efficiency of reinforced concrete beams for monorails in Latin American contexts, especially in our beloved Panama. The results show that the application of simplified criteria for loads and material properties provides a clear basis for teaching civil engineering, building engineering, and infrastructure engineering in a resource-limited environment. It also highlights the importance of considering environmental aspects, such as the acoustic impact and

sustainability of prestressed concrete, in the 100-year service life expected for the infrastructure. It concludes that the proposed simplified model is educational and applicable in the academic field, as well as constituting a preliminary validation tool for similar projects in the region.

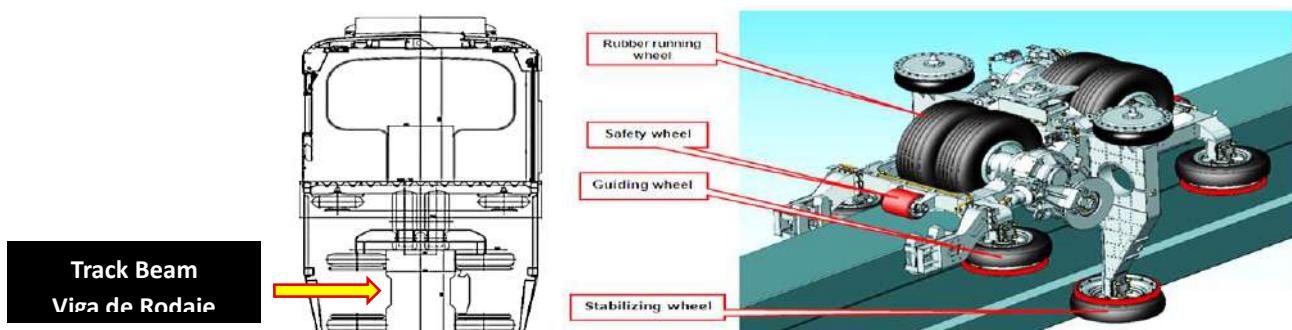
KEYWORDS: Monorail, Track Beam, Simplified Design, Prestressed Concrete, Durability

INTRODUCCION

El crecimiento urbano acelerado y los problemas de congestión vial en Panamá han impulsado la búsqueda de alternativas de transporte público sostenible, seguro y eficiente. En este contexto, la construcción de la Línea 3 del Metro de Panamá, basada en tecnología de monorriel tipo straddle, representa el primer sistema de transporte elevado de este tipo en el país, con características que lo diferencian de los sistemas tradicionales de metro subterráneo o de superficie. Según He (2014), el monorriel se caracteriza por utilizar vigas de rodaje de concreto reforzado o pretensado, sobre las cuales los trenes, equipados con ruedas de caucho, se apoyan, guían y estabilizan, como se muestra en la Figura 1 (p. 28). Este diseño ofrece ventajas en pendientes pronunciadas, radios de curvatura reducidos y menores impactos ambientales respecto a sistemas férreos convencionales. Experiencias internacionales en Chongqing (China), São Paulo (Brasil) y Bangkok (Tailandia) han demostrado su viabilidad técnica y económica en ciudades con topografías complejas.

Figura 1.

Sistema de monorriel, conexión con el sistema de viga de concreto o “Track Beam”.



Nota. He, X. (s. f.). Aplicación y perspectivas del sistema de tránsito monorriel tipo straddle en China.

La viga de rodaje de concreto reforzado constituye el elemento estructural más crítico del sistema, al actuar como soporte y guía de la superestructura ferroviaria. En la práctica, su diseño implica la consideración de cargas muertas, vivas, dinámicas, de frenado, impacto, sismo y viento, además de exigencias de durabilidad frente a ciclos de fatiga y condiciones ambientales tropicales. Sin embargo, los análisis detallados suelen involucrar modelos numéricos avanzados (elementos finitos tridimensionales, interacción tren-puente, dinámica no lineal), que, aunque indispensables para el diseño formal, resultan poco accesibles en el ámbito académico de pregrado conocer.

Por ello, este artículo tiene como propósito exponer un enfoque simplificado del diseño de vigas de monorriel de concreto reforzado, orientado a estudiantes de ingeniería civil y estructural de la Universidad de Panamá, sin dejar de lado el rigor científico. El análisis se sustenta en:

- AASHTO LRFD Guide Specification for LRFD Seismic Bridge Design, 2nd ed., 2011
- AASHTO LRFD Bridge Design Specification, 8th ed., 2017
- Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges
- Recommended LRFD Guidelines for the Seismic Design of Highway Bridges
- Reglamento Estructural Panameño, REP 2024/REP 2021.
- Analysis and Design of Reinforced and Pre-tensioned Concrete Guideway Structures (ACI-358).
- Manual for the design, manufacture, transportation, installation, adjustment and maintenance of running trusses PC for monorail
- Una recopilación de estudios experimentales y numéricos publicados entre 2018 y 2025 sobre el comportamiento estructural de vigas de monorriel (Pu & Wang, 2018; Sirisonthi & Suparp, 2021; Suparp & Sirisonthi, 2022; Yao & Liu, 2024–2025; Zhang & Wang, 2024).

La relevancia del tema radica en que el monorriel, más allá de ser una innovación tecnológica en Panamá, realmente es un sistema ya utilizado en varios países. Este sistema, se erige como una alternativa replicable en otras ciudades latinoamericanas que enfrentan problemas similares de congestión y topografía. En este sentido, comprender los fundamentos de diseño de sus vigas constituye no solo un ejercicio académico, sino también un aporte estratégico para la formación de futuros ingenieros que deberán participar en la planificación y construcción de infraestructura resiliente y sostenible. En el contexto siguiente, se desarrollará un análisis detallado que incluye

pp.82-98

el marco conceptual, la metodología aplicada, los resultados del enfoque simplificado y una discusión crítica de sus alcances y limitaciones, para finalmente establecer conclusiones y recomendaciones de aplicación futura.

MARCO CONCEPTUAL Y DESARRULLO

El monorriel tipo straddle se ha consolidado en las últimas dos décadas como una solución viable para ciudades medianas, montañosas o con limitaciones de espacio urbano, debido a su menor huella de suelo, capacidad de adaptarse a pendientes pronunciadas y radios de curvatura reducidos. A diferencia del metro convencional, que requiere túneles o amplias franjas subterráneas, el monorriel utiliza vigas de concreto pretensado o reforzado como elemento de soporte y guía, reduciendo costos de construcción hasta en un 40 % y tiempos de ejecución en aproximadamente un 30 %. En China, la ciudad de Chongqing opera desde hace más de 20 años el sistema de monorriel más extenso del mundo (aprox. 100 km), con un desempeño sobresaliente en topografías montañosas. En Brasil, el monorriel de São Paulo ha mostrado ventajas en corredores densamente urbanizados, mientras que, en Tailandia, la adopción de vigas continuas de gran longitud permitió reducir juntas y mejorar la comodidad del usuario. Estas experiencias internacionales constituyen referentes directos para Panamá, cuyo primer monorriel, la Línea 3 del Metro enfrenta condiciones topográficas y sísmicas similares.

Vigas de concreto reforzado y pretensado en monorrieles

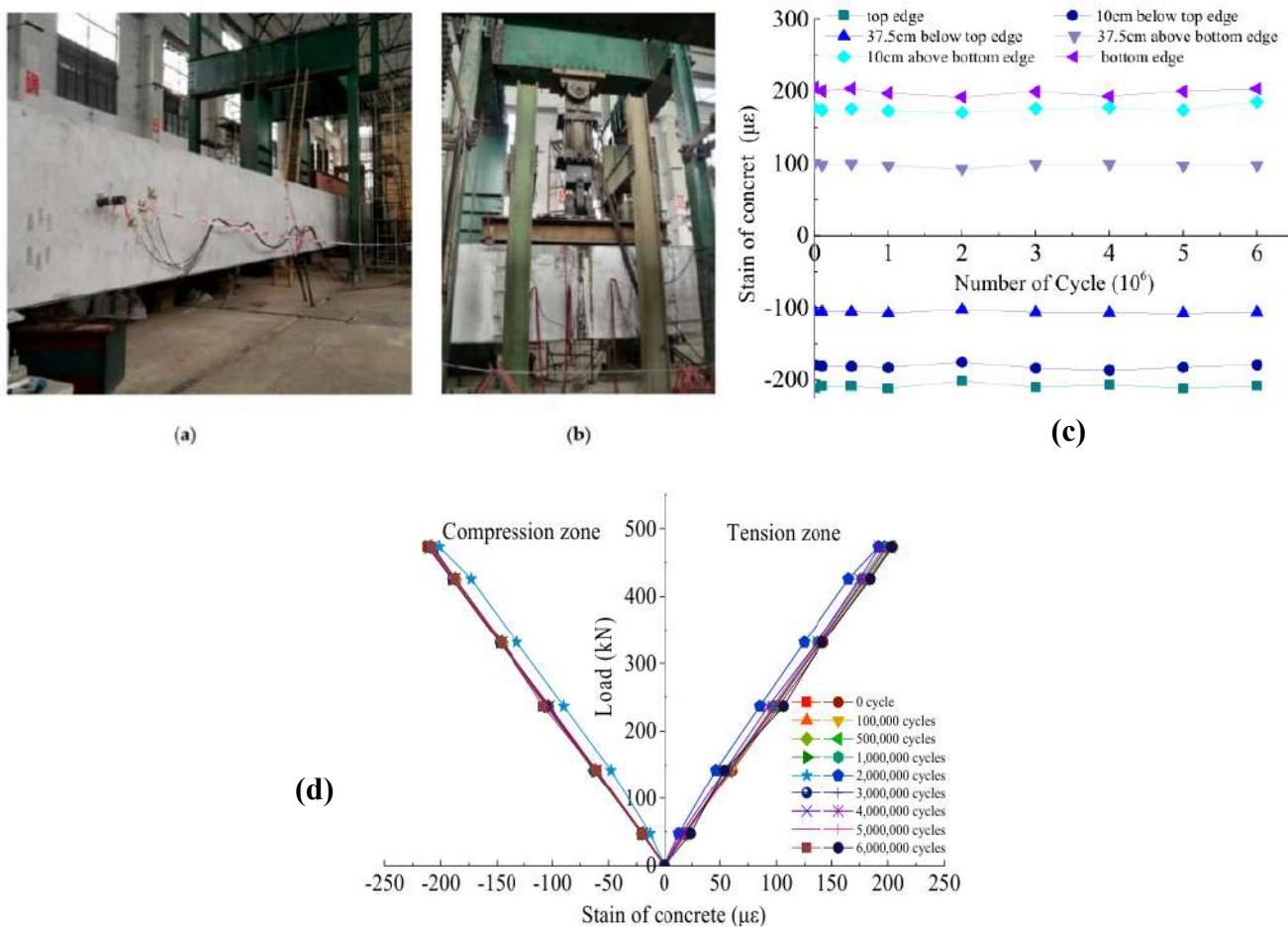
La viga de rodaje cumple la doble función de soporte estructural y guía del tren, integrando cargas estáticas, dinámicas y de fatiga en un solo componente. Generalmente, estas vigas son prefabricadas de concreto pretensado para optimizar la resistencia y minimizar deflexiones.

Investigaciones experimentales recientes han mostrado:

- La resistencia a fatiga de vigas pretensadas es un factor crítico, dado que el monorriel presenta una proporción elevada de carga viva (más del 50 % del total). En pruebas de laboratorio, vigas de 24 m de luz resistieron millones de ciclos sin agrietamiento significativo. Según lo presentado por Qianhui Pu , Hanyu Wang en Fatigue Behavior of Prestressed Concrete Beam for Straddle-Type Monorail Tracks. Figura 2

Figura 2.

Configuración de Configuración de carga, a) Muestra y dispositivo b) Detalle del sistema de prueba de materiales. c) Desarrollo patrón de fisuras en la mitad del tramo – Ejemplo de curvas de deformación del hormigón de carga.



Nota. Adaptado de Fatigue Behavior of Prestressed Concrete Beam for Straddle-Type Monorail Tracks, por Qianhui Pu, Hanyu Wang.

- La comparación entre vigas de un solo claro y vigas continuas ha demostrado que las segundas presentan una distribución más uniforme de deformaciones y menores concentraciones de esfuerzo en las juntas. Segun lo mencionado por Suniti Suparp , Athasit Sirisonthi en Load versus Strain Relationships of Single and Continuous
- Span Full-Scale Pre-cast Prestressed Concrete Girders for Monorail Systems

pp.82-98

- La rigidez lateral se ha identificado como un límite de diseño determinante para la seguridad y el confort del usuario, especialmente en sistemas turísticos y urbanos con altas demandas de estabilidad. Según lo investigado por HongZhang1, Pengjiao Wang en An Experimental and Numerical Study on the Lateral Stiffness Limits of Straddle-Type Monorail Tour-Transit Systems

En el caso panameño, las vigas de la Línea 3 corresponden a elementos prefabricados de concreto pretensado con secciones huecas y vigas de concreto reforzadas en la zona de patio y talleres, ambos sistemas de vigas de rodaje deben ser capaces de resistir cargas de trenes de 6 vagones y garantizar una vida útil de 100 años.

Dinámica tren–puente y confort del usuario

El comportamiento dinámico del conjunto tren–viga–puente es esencial para garantizar la seguridad estructural y la comodidad de los pasajeros. Estudios recientes han modelado la interacción tren–puente mediante dinámica multibody y métodos de elementos finitos, demostrando que:

- Velocidades superiores a 80 km/h pueden amplificar significativamente las vibraciones verticales y laterales.
- Las irregularidades en el alineamiento de la vía son un factor que incrementa la vibración y el desgaste de las ruedas.
- La carga de pasajeros influye directamente en la respuesta dinámica: un aumento en el peso puede incrementar las deflexiones en el puente, pero paradójicamente reducir las vibraciones del tren, mejorando el confort.

Estos hallazgos confirman que el diseño simplificado debe incorporar factores dinámicos básicos, aun cuando no se disponga de modelos avanzados, especialmente en contextos académicos y de enseñanza.

Consideraciones ambientales y sociales

Más allá del diseño estructural, los monorriels se enfrentan al reto del impacto ambiental, especialmente en zonas urbanas densas. Estudios en Chongqing y otras ciudades han identificado

pp.82-98

que, aunque los sistemas de monorriel generan menor ruido que los trenes de acero sobre acero, las estructuras elevadas pueden transmitir vibraciones y ruido aéreo que afectan a comunidades cercanas. El ruido típico medido a 7.5 m del eje de vía alcanza entre 77 y 80 dB, valores comparables con el tránsito vehicular intenso, pero que pueden mitigarse mediante barreras acústicas y diseños de juntas optimizados. En Panamá, este aspecto es clave, considerando que la Línea 3 atravesará áreas residenciales en Arraiján y La Chorrera.

Tomando en consideración los aspectos antes mencionados, nos centramos en realizar un estudio que adopta un enfoque de diseño simplificado, orientado a fines académicos y de formación profesional, con la intención de realizar a futuro ingeniería de valor para estos sistemas. Dentro de las condiciones principales esta la identificación apropiada de las cargas.

Identificación de cargas

De acuerdo con AASHTO y la mayoría de las normas internacionales de forma muy general se puede describir los siguientes patrones de carga.

Figura 3.

- Cargas muertas (DC + DW): peso propio de la viga y de los acabados.
- Carga viva del tren (LL): peso de los vehículos (más del 50 % del total de carga).
- Carga de impacto (IM): asociada a arranque y frenado, estimada en 10–15 % de la carga viva.
- Carga centrífuga y de frenado (BR, CF): significativa en radios de curvatura menores a 100 m.
- Carga sísmica (EQ): definida según espectro de respuesta de Panamá, con base en AASHTO Seismic (2011).
- Cargas de viento (WS): especialmente relevantes en tramos elevados y sobre ríos.

Nota. Estas cargas se combinan mediante factores LRFD (Load and Resistance Factor Design), con énfasis en los estados límite últimos (ULS) y de servicio (SLS).

Propiedades de materiales

Los materiales prevista en forma global

- Concreto pretensado de alta resistencia: $f'_c = 50\text{--}60 \text{ MPa}$.
- Acero de refuerzo con $f_y = 420 \text{ MPa}$.
- Tendones de pretensado con $f_y = 1860 \text{ MPa}$.

Estos valores coinciden con la información de diseño y ensayos experimentales reportados en la literatura internacional. Esto previendo las condiciones de carga mencionadas en la Figura 3.

Combinaciones de carga: Siguiendo AASHTO (2017), se consideran las siguientes combinaciones simplificadas, como las condiciones principales:

- ULS (factores de resistencia):
 - 1.25 DC + 1.5 LL + 1.75 IM
 - 1.25 DC + 1.5 EQ + 1.0 LL
- SLS (deflexiones y vibraciones):
 - 1.0DC + 1.0LL

Estas combinaciones permiten verificar tanto la seguridad estructural como la comodidad del usuario (limitación de deflexiones), dentro de un rango conservador y a manera de predimensionar la sección principal de la viga de rodaje. Para efectos didácticos, la viga se modela como una viga simplemente apoyada de luz $L = 24$ m (longitud típica en Panamá), con carga uniformemente distribuida q . La deflexión máxima bajo carga viva se estima mediante:

$$\delta_{max} = \frac{5qL^4}{384EI}$$

donde E es el módulo de elasticidad del concreto y I es el momento de inercia de la sección hueca o completa del girder o elemento estructural. Esta simplificación permite a los estudiantes estimar deflexiones y compararlas con límites normativos ($L/800 \approx 30$ mm), por ejemplo.

Los valores obtenidos en la memoria de cálculo confirmaron que las deflexiones reales bajo carga viva fueron menores al límite permitido, lo cual valida la confiabilidad del enfoque simplificado.

INVESTIGACION

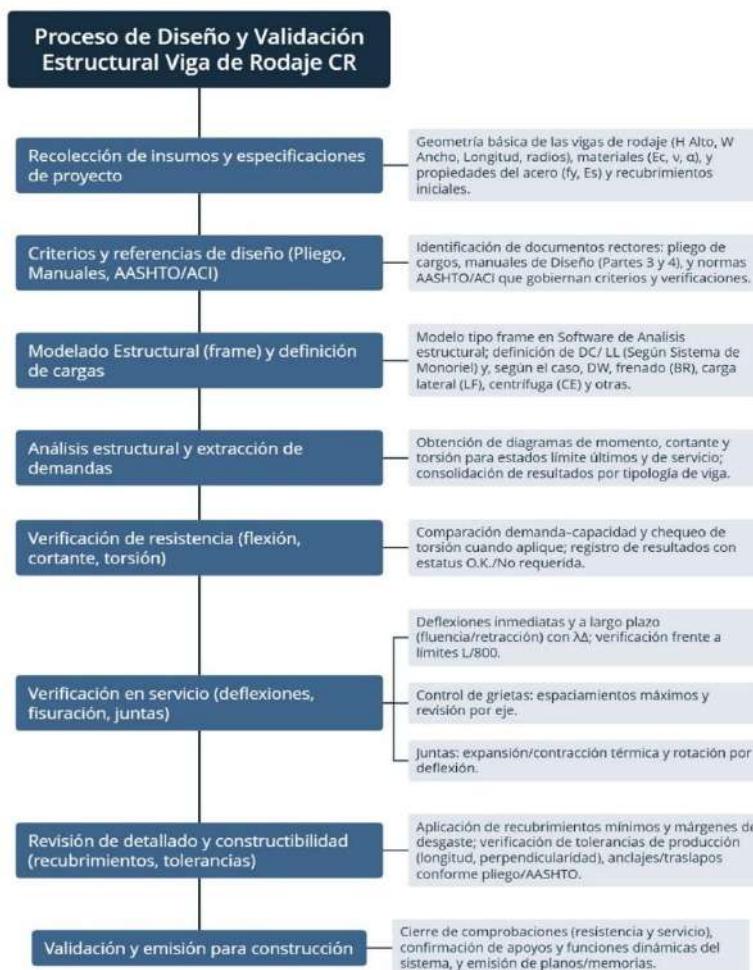
Tomando todo lo investigado para este ensayo y realizando la siguiente hipótesis, ¿Cuál podría ser la geometría de sección mínima estimada para una viga de rodaje de estos sistemas?, debemos tomar en cuenta la rigidez y capacidad (flexión, cortante y control de deformaciones) que puede garantizar las condiciones de las cargas. Los estados límite de resistencia y servicio bajo combinaciones tipo AASHTO LRFD adaptadas a monorriel (peso propio, cargas de tren, frenado,

pp.82-98

acciones centrífugas, viento y eventos especiales), y los criterios dinámicos de comodidad/operación (p. ej., límite de deformación lateral y respuesta acoplada tren–viga), son si dudas criterios muy necesarios considerar al plantear alternativas de fabricación e instalación en un proyecto de esta naturaleza, al buscar un proceso de poder realizar una ingeniería de valor. El flujoograma de diseño para las consideraciones estipuladas tanto para la viga de concreto reforzada como vigas de concreto pretensado para estos elementos podríamos definirlo de la siguiente manera, ver figura 3.

Figura 3

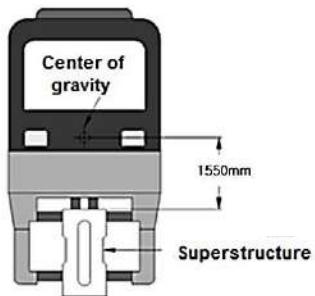
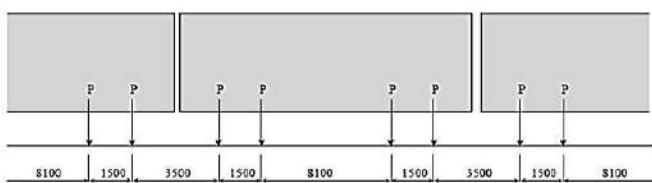
Plantilla de Proceso de Diseño y Validación Estructural para Ingeniería de Valor.



pp.82-98

Para realizar nuestro ejemplo tomaremos como base un prototipo de 4 vigas de concreto reforzado 10, 12 15 y 20 m analizadas únicamente como apoyadas simplemente y utilizando un patrón de carga de monorriel con las siguientes configuraciones geométrica.

Figura 4.



Descripción	P (kN)	Centro de gravedad (m)
Carga máxima	110	2.13
Nominal	95	1.93
Tara	74	1.55

Nota. Patrón de carga viva, monorriel Hitachi muestra de sistema de monorriel, Fuente Hitachi Ltd. Cargas aproximadas.

Considerando las condiciones de carga mencionadas y implementando una sección típica de 85 cm de ancho x 150 cm de alto, concreto $f_c = 510 \text{ Kgf/cm}^2$ se procede a realizar las estimaciones correspondientes. Solo consideramos para este ejercicio estado límite de resistencia 1 y Servicio 1. Se considera vigas de tramos rectos y buscamos poder estimar el comportamiento de la viga de rodaje considerando los factores de impacto dinámico y solo para condiciones de gravedad y funcionalidad de deformación. Se considera para efectos prácticos que se encuentra en una zona de velocidad reducida y no está cargado con carga de personas, para simplificar las estimaciones.

RESULTADOS

Figura 5.

Tabla de comparativa de resultados y estimaciones de esfuerzo cortante, momento y capacidad.

Ancho	SECCION TIPICA		Longitud	Impacto	q_LL,u	q_D,u	q_Total	V Ult	Mult
	Ancho	Alto		Dinamico	Ton / ml	Ton / ml	Ton / ml	Ton	Ton-m
0.85		1.5	20	0.286	5.093	4.349	9.442	98.20	491.00
0.85		1.5	15	0.308	6.900	4.349	11.249	87.80	329.24
0.85		1.5	12	0.323	8.330	4.349	12.679	81.63	244.88
0.85		1.5	10	0.333	10.560	4.349	14.909	77.55	193.87

ϕV_c	ϕV_s	ϕV_c	ϕM_n	As aprox	D/C	D/C
Ton	Ton	Ton	Ton-m	cm ²	Momento	Corte
112.1	78	190.1	544.99	102	0.90	0.52
112.1	78	190.1	384.52	71	0.86	0.46
112.1	78	190.1	276.77	51	0.88	0.43
112.1	78	190.1	222.35	41	0.87	0.41

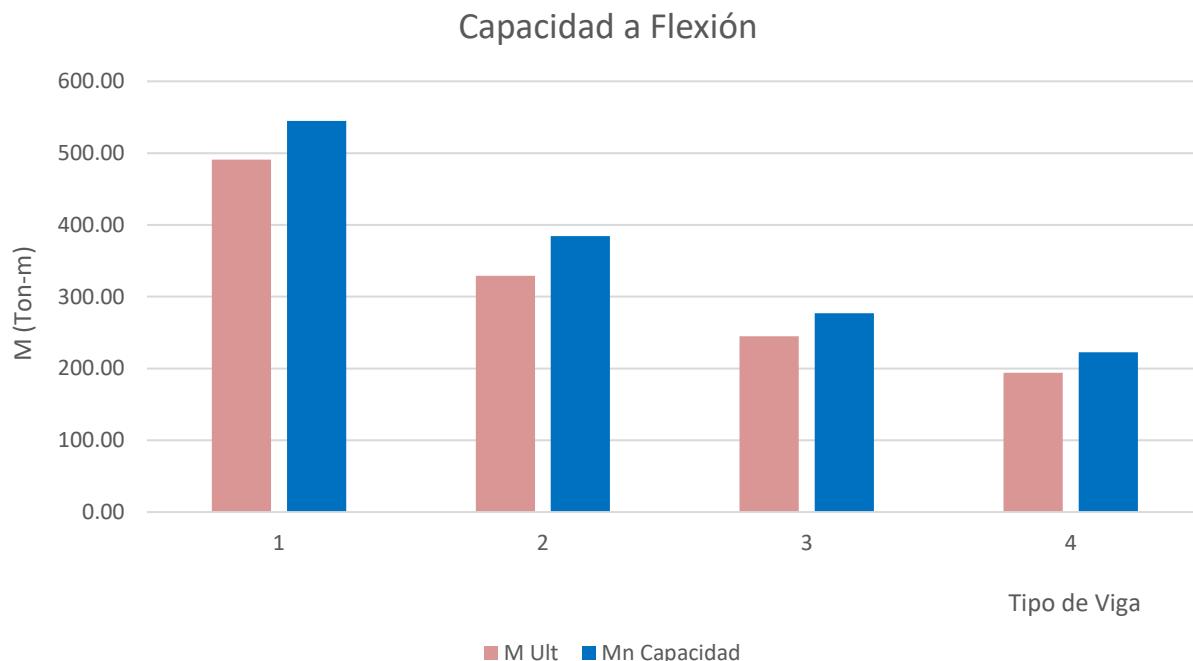


Figura 6.

Tabla condiciones de Servicio I. considerando el factor de Impacto.

Tabla — Servicio I (LL + IM)

L (m)	IM	N ejes	q_serv (kgf/ml)	δ_inmediata (mm)	λΔ	Δ_largo_plazo (mm)	δ_total (mm)	Límite L/800 (mm)	¿Cumple?	Ratio
10	0.333	4	4,025	0.57	1.9	1.09	1.66	12.5	Sí	0.13
12	0.323	4	3,327	0.98	2.12	2.08	3.06	15	Sí	0.20
15	0.308	5.2*	3,421	2.46	1.822	4.48	6.94	18.75	Sí	0.37
20	0.286	6	2,911	6.62	1.9	12.57	19.18	25	Si	0.77

Diagrama de Deflexiones

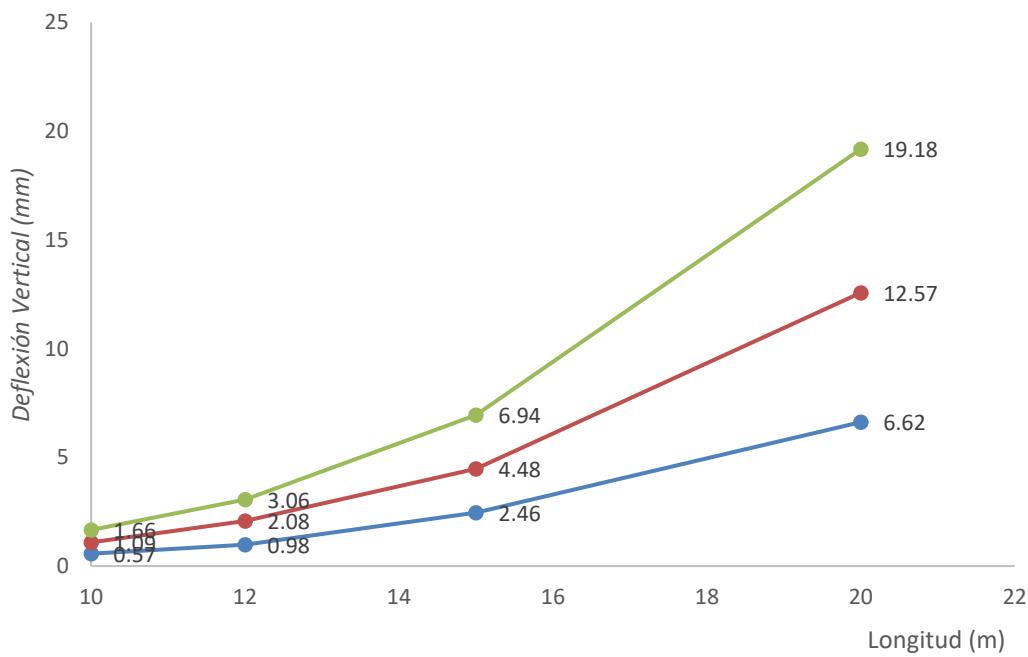
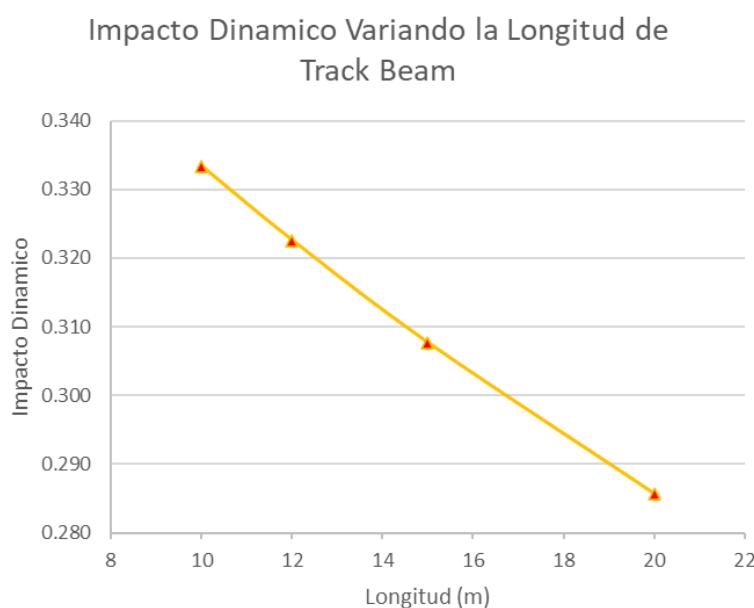


Figura 7.

Factor de Impacto según longitud de track-beam.



Nota. Datos elaborado durante la investigación, datos del autor.

CONCLUSIONES

El análisis simplificado realizado confirma que la metodología propuesta constituye una herramienta válida para la comprensión inicial del diseño de vigas de rodaje en sistemas de monorriel. Los resultados obtenidos en los prototipos de 10, 12, 15 y 20 m muestran que, aun bajo condiciones conservadoras de carga y factores dinámicos, las deflexiones permanecen por debajo de los límites normativos ($L/800$), garantizando así un desempeño estructural aceptable en términos de seguridad y servicio. Asimismo, los ejercicios demuestran que la incorporación de factores de impacto dinámico y criterios de confort del usuario no solo es factible en un esquema simplificado, sino que también aporta una visión integral de seguridad y funcionalidad. Se evidencia que este enfoque puede emplearse como recurso didáctico en la formación universitaria y como soporte inicial en contextos de recursos limitados, previo al uso de modelos numéricos avanzados.

pp.82-98

Finalmente, se destaca que futuras investigaciones deben orientarse a: (i) ampliar la validación experimental mediante ensayos dinámicos de campo, (ii) explorar alternativas de pretensado y secciones optimizadas, y (iii) aplicar sistemas de monitoreo estructural con sensores que permitan evaluar el desempeño en operación. Estos aspectos son esenciales para garantizar la durabilidad y sostenibilidad del primer sistema de monorriel en Panamá y para consolidar la transferencia de este conocimiento hacia otros proyectos latinoamericanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A.F.A.D. Mello, R.A.D. Souza, Analysis and design of reinforced concrete deep beams by a manual approach of stringer-panel method, *Lat. Am. J. Solids Struct.* 13 (6) (2016) 1126–1151.
- American Concrete Institute (ACI)-ASCE Committee 343, Guide for the Analysis and Design of Reinforced and Prestressed Concrete Guideway Structures, ACI 343.1R-12, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2012.
- ASTM, S, Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-steel Bars for Concrete Reinforcement, ASTM A615/A615M-09b, 2009.
- ASTM A416, Standard Specification for Low-relaxation, Seven-wire Steel Strand for Prestressed Concrete, ASTM, West Conshohocken, PA, 2016.
- ASTM C109, A, Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (using 2-in. or [50-mm] cube specimens), Annual Book of ASTM Standards Annual Book of ASTM Standards 4 (1) (2013) 1–9.
- ASTM C307-18, Standard Test Method for Tensile Strength of Chemical-Resistant Mortar, Grouts, and Monolithic Surfacings, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018.
- Cervenka, V., L. Jendele, J. Cervenka, ATENA Program Documentation Part. Cervenka Consulting Sro, 2000.
- Cervenka, V., y J. Cervenka, R. Pukl, ATENA—a tool for engineering analysis of fracture in concrete, *Sadhana* 27 (4) (2002) 485–492.
- Friendly, Safe and Resource Efficient International Association for Bridge and Structural Engineering Chulalongkorn University, Thailand Asian Institute of Technology, 2009.

pp.82-98

He, X. (2015). Application and prospect of straddle monorail transit system in China. *Urban Rail Transit*, 1(1), 26–34. <https://doi.org/10.1007/s40864-015-0006-9>

Hussain, Q. y P. Joyklad, Effect of lateral reinforcement ratio on strength and ductility of RC columns, Kasem Bundit Engineering J. 7 (1) (2017) 1–16.

https://monorailex2021.org/wp-content/uploads/2021/10/P17-Panama-L3-Monorail-Project_MTorre_HITACHI.pdf

<https://mohua.gov.in/upload/uploadfiles/files/6.Hitachi.pdf>

https://www.hitachi.com/ICSFiles/afieldfile/2004/06/08/r2001_04_104.pdf

Hussain, Q., A. Pimanmas, Shear strengthening of RC deep beams with sprayed fiber-reinforced polymer composites (SFRP): part 2 Finite element analysis, Lat. Am. J. Solids Struct. 12 (2015) 1266–1295.

Kimijima, N, H. Takahashi, I. Kawabata, S. Matsuo, New urban transport system for middle east monorail system for Dubai Palm Jumeirah transit system, Hitachi Review 59 (1) (2010) 47.

Li, C. H and Z. J. Lu, “An innovative straddle monorail track switch design for the personal rapid transit,” International Journal of Heavy Vehicle Systems, vol. 28, no. 3, p. 370, 2021.

L.R.F.D. Aashto, Bridge Design Specifications, 1998.

Peng, J. S., Kong, Q. W., Gao, Y. X., & Zhang, L. (2023). Straddle monorail noise impact evaluation considering acoustic propagation characteristics and the subjective feelings of residents. *Electronic Research Archive*, 31(12), 7307–7336.

<https://doi.org/10.3934/era.2023370>

Pu, Q., Wang, H., Gou, H., Bao, Y., & Yan, M. (2018). Fatigue behavior of prestressed concrete beam for straddle-type monorail tracks. *Applied Sciences*, 8(7), 1136.

<https://doi.org/10.3390/app8071136>

Ritdumrongkul, S, W. Ritthichauy, H. Omi, Design of Palm Jumeirah Monorail. In IABSE Symposium Bangkok 2009. Sustainable Infrastructure, Environment

Shaaban, I.G. y M. Said, Finite element modeling of exterior beam-column joints strengthened by ferrocement under cyclic loading, Case Stud. Constr. Mater. 8 (2018) 333–346.

Shamsi M. and A. Ghanbari, “Seismic retrofit of monorail bridges considering soil-pile-bridge-train interaction,” Journal of Bridge Engineering, vol. 25, no.10, Article ID 04020075, 2020.

Sirisonthi, A., P. Julphunthong, S. Suparp, P. Joyklad, Construction Techniques and Development of 1st Monorail System in Thailand, 20th Congress of IABSE. New York City 2019: the Evolving Metropolis - Report, 2019, 2019, pp. 2387–2396.

pp.82-98

Suparp, S., Sirisonthi, A., Ali, N., Saad, N., Chaiyasarn, K., Azab, M., Joyklad, P., & Hussain, Q. (2022). Load versus strain relationships of single and continuous span full-scale pre-cast prestressed concrete girders for monorail systems. *Buildings*, 12(8), 1164. <https://doi.org/10.3390/buildings12081164>

Xin, L., Z. Du, J. Zhou, Z. Yang, and Z. Xu, "Study on dynamic response of straddle-type monorail vehicle with single-axle bogie under curve condition," *Mechanics*, vol. 27, no. 2, pp. 122–129, 2021. [4] J. Nie, M. Tao, L. Wu, X. Nie, F. X. Li, and F. L. Lei, "Advances of research on steel-concrete composite bridges," *China Civil Engineering Journal*, vol. 45, no. 06, pp. 110–122, 2012, (in Chinese).

Xu, X., Lu, H., Hua, X., & Chen, Q. (2022). An investigation on dynamic characteristics of the straddle-type monorail system under spatial alignment. *Machines*, 10(9), 724. <https://doi.org/10.3390/machines10090724>

Yao, Z., Liu, Z., & Zhong, Z. (2025). A dynamic interaction analysis of a straddle monorail train and steel-concrete composite bridge. *Buildings*, 15(13), 2333. <https://doi.org/10.3390/buildings15132333>

Zhang, H., Wang, P., Li, Q., Jin, J., Wei, S., Guo, F., Feng, C., & Deng, Q. (2024). An experimental and numerical study on the lateral stiffness limits of straddle-type monorail tour-transit systems. *Buildings*, 14(10), 3111. <https://doi.org/10.3390/buildings14103111>

Zhou, S., Yu, P., & Nie, J. (2022). Static and dynamic characteristics of steel-concrete composite track beam of straddle monorail with cluster-distributed studs. *Advances in Civil Engineering*, 2022, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2022/9570045>

Análisis Ergonómicos para la Prevención de Factores de Riesgos en los Albañiles de la Empresa de Construcción A, Panamá, 2025

Ergonomic Analysis for the Prevention of Risk Factors in Bricklayers of Construction Company A, Panama, 2025

Margarita Torres de Cumbreña

Universidad de Panamá, Facultad de Arquitectura y Diseño, Panamá
Margarita.torres@up.ac.pa//
<https://orcid.org/0000-0002-9160-9078>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.7667>

RESUMEN

La aplicación de la ergonomía busca reducir las lesiones musculoesqueléticas y enfermedades profesionales, mejorando significativamente la calidad de vida de los trabajadores. Esto incrementa la eficiencia, productividad y la retención de personal en la Empresa de Construcción A, Panamá, 2025. En última instancia, la ergonomía contribuye al cumplimiento normativo y a la sostenibilidad de la empresa. El objetivo general es Analizar la Ergonomía para la Prevención de Factores de Riesgos en los Albañiles de la Empresa de Construcción A, Panamá, 2025. La metodología que se utilizó es la Evaluación Ergonómica Cuantitativa, mediante la selección y aplicación de métodos de evaluación ergonómica específicos (como la Ecuación de NIOSH para levantamiento de cargas, el método REBA o RULA para posturas forzadas, o el método OCRA para movimientos repetitivos), medir y registrar variables ambientales relevantes (temperatura, ruido, vibraciones) si son factores contribuyentes. Los resultados mostrados en este documento son de un estudio que se realizó utilizando el Cuestionario Nórdico de Kuorinka y la metodología OWAS; ambos son instrumentos reconocidos para el análisis de riesgos ergonómicos. A través del uso de ambos métodos, fue posible determinar y cuantificar las actividades más comunes a las que los albañiles (trabajadores de obra civil) están sujetos a lo largo de su jornada laboral, proporcionando una visión general de los movimientos y posturas repetitivas más comunes. Los hallazgos obtenidos forman

pp.99-121

un trasfondo consistente para la caracterización de la influencia particular en la salud y la vida productiva de este grupo laboral de riesgo, así como el nivel de intervención en las recomendaciones para la mitigación de los impactos biológicamente negativos de esta actividad. En conclusión, con base en lo anterior en el presente documento se encontrarán una serie de medidas preventivas que ayudaran a disminuir los factores de riesgo ergonómico derivados de la investigación con la finalidad de generar un entorno laboral más saludable para los trabajadores, algunos ejemplos son implementación de pausas activas, creación de programas de bienestar integral, capacitaciones de trabajos en materia de ergonomía, etc.

PALABRAS CLAVE: Ergonomía, Posturas, Molestias musculoesqueléticas, cargas pesadas, movimientos repetitivos.

ABSTRACT

The application of ergonomics seeks to reduce musculoskeletal injuries and occupational diseases, significantly improving workers' quality of life. This increases efficiency, productivity, and staff retention at Construction Company A, Panama, 2025. Ultimately, ergonomics contributes to the company's regulatory compliance and sustainability. The overall objective is to analyze ergonomics for the prevention of risk factors among bricklayers at Construction Company A, Panama, 2025. The methodology used is quantitative ergonomic assessment, through the selection and application of specific ergonomic assessment methods (such as the NIOSH equation for lifting loads, the REBA or RULA method for awkward postures, or the OCRA method for repetitive motions), measuring and recording relevant environmental variables (temperature, noise, vibrations) if they are contributing factors. The results presented in this document are from a study conducted using the Nordic Kuorinka Questionnaire and the OWAS methodology; both are recognized tools for ergonomic risk analysis. Using both methods, it was possible to determine and quantify the most common activities that bricklayers (civil construction workers) are subject to throughout their workday, providing an overview of the most common repetitive movements and postures. The findings form a consistent background for characterizing the particular influence on the health and productive life of this at-risk work group, as well as the level of intervention in recommendations for mitigating the biologically negative impacts of this activity. In conclusion, based on the above,

pp.99-121

this document presents a series of preventive measures that will help reduce ergonomic risk factors derived from research, with the goal of generating a healthier work environment for workers. Some examples include the implementation of active breaks, the creation of comprehensive wellness programs, and job training in ergonomics. Keywords: Ergonomics, Postures, Musculoskeletal discomfort, heavy loads, repetitive movements.

KEYWORDS: Ergonomics, Postures, Musculoskeletal Discomfort, Heavy Loads, Repetitive Movement

INTRODUCCIÓN

La construcción como un eje fundamental de la industria de cualquier país, es un sector muy dinámico, con diferentes actividades relacionadas entre sí. “De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2025), el sector de la construcción en Panamá registró un crecimiento de 4.7% durante el año 2024.” Estando sus actividades, principalmente la ejecución de obras de infraestructura, estrechamente vinculadas a los procesos de desarrollo de los países, sirviendo como un mecanismo para canalizar los recursos disponibles para la inversión tanto del sector público como del privado (Centro Nacional de Competitividad Panamá, 2023). Este auge conlleva la generación de múltiples peligros ocupacionales que se traducen en riesgos significativos para la salud y seguridad de los trabajadores (Ciencia Latina, 2023).

“Según Solís, (2017) se considera a la construcción como una de las actividades más peligrosas para laborar, puesto que el personal que mantiene relación de dependencia con este sector presenta una probabilidad 3 a 4 veces mayor de fallecer por sufrir accidentes derivados de las condiciones laborales extremas e inadecuadas a las que se encuentran expuestos los trabajadores y cuyo resultado se refleja al ser comparada con las demás industrias”.

Es fundamental evaluar los procesos donde intervienen los trabajadores en su labor diaria, en nuestro caso nos enfocaremos en el albañil, el mismo que se ve expuesto a la exigencia física y el uso de herramientas manuales, posturas incómodas y repetitivas (Tamayo, 2022).

Este conjunto de elementos aumenta de forma importante la probabilidad de que estos trabajadores sufran de lesiones musculoesqueléticas que inciden en la productividad afectando de forma económica a la empresa (bajos rendimientos) y su vida después de retirarse de laborar como

pp.99-121

albañil, (Organización Mundial de la Salud, 2021). En este mismo sentido Ramírez (2023) y Kim *et al.*, (2023) sostienen que los factores ergonómicos y las condiciones laborales adversas incrementan significativamente el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en trabajadores de la construcción, lo que no solo reduce la productividad y genera pérdidas económicas para las empresas, sino que también afecta negativamente la calidad de vida de los trabajadores tras su retiro laboral.

En esta investigación, se utilizaron el Cuestionario Nórdico de Kuorinka y el método OWAS, ambos métodos conocidos para el análisis de riesgos ergonómicos en la construcción (Coliboro,2024).

Los dos métodos permitieron la identificación y medición de las actividades más prevalentes encontradas por los albañiles (trabajadores en el trabajo), ofreciendo una visión general de los movimientos y posturas repetitivas más comunes (Orama,2023).

Los hallazgos contribuyen a tener una buena caracterización de esta influencia particular en la salud y la vida de este grupo de riesgo laboral y proponer consejos de intervención para mitigar el resultado dañino de esta actividad en el trabajo (Carvajal,2018).

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.

El método de esta investigación es, cuantitativo, siendo el más adecuado cuando se busca medir la prevalencia de síntomas, comparar grupos y fundamentar la toma de decisiones preventivas con base en datos objetivos y replicables. El método cuantitativo se centra en la recolección y análisis de datos medibles para describir fenómenos y evaluar riesgos ergonómicos, ofreciendo un marco sólido para la comparación objetiva y la validación estadística en estudios de prevención laboral (Hernández, Fernández, & Baptista, 2020).

El uso de instrumentos validados como el cuestionario Kuorinka y el método OWAS refuerza la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos (Instituto de Biomecánica de Valencia, 2025). El método Kuorinka es un cuestionario especializado en detectar los trastornos musculoesqueléticos. Una de sus principales características es que funciona como una herramienta preventiva que se utiliza para detectar los diferentes síntomas músculo esquelético y las molestias que presentan los trabajadores (Kuorinka *et. al*, 1987).

pp.99-121

Sus principales usos permiten la detección prematura de enfermedades profesionales originadas por traumas acumulados al realizar actividades diarias, prolongadas y repetitivas en los trabajadores, especialmente en obra civil

Por lo tanto, el cuestionario Kuorinka sirve como base para levantar dicha información con los trabajadores dentro de una empresa de construcción en Panamá (nombre de empresa confidencial), con el objetivo de tomar las medidas pertinentes y procurar una mejor salud laboral.

Aunado a la aplicación del cuestionario, Kuorinka, se realizan evaluaciones posturales basado en el método de observación OWAS, este valora de forma global todas las posturas adoptadas durante la tarea, mediante una clasificación sistemática y observación periódica de las posturas adoptadas (Next Prevención, 2021).

El método OWAS facilita la detección temprana de enfermedades profesionales causadas por traumas acumulativos derivados de actividades prolongadas y repetitivas, especialmente en trabajadores de obra civil (albañiles), al analizar sistemáticamente las posturas corporales adoptadas durante el trabajo y asignar niveles de riesgo ergonómico que permiten intervenir oportunamente para prevenir daños musculoesqueléticos (Ergo IBV, 2025).

En la figura 1 se observa el resultado de una muestra de 18 trabajadores que son los más expuestos a posturas forzadas. Se categorizan por grupos de edad y antigüedad, siendo todos del género masculino.

Figura 1.

Muestra y rango de edades de los trabajadores de obra civil (albañiles)

Edad	Antigüedad
18 a 25 años	1 a 2 años
26 a 45 años	3 a 5 años
46 a 55 años	5 a 15 años
Más de 56 años	Más de 15 años

Nota: Se puede observar en el cuadro la muestra y rango de los albañiles de la obra civil.

RESULTADOS, ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Los trastornos músculo esqueléticos generan problemas serios en la vida y en la salud de los trabajadores que muchas veces disminuyen de forma significativa su calidad de vida.

Se ha detectado frecuentemente que afecta su vida laboral en edad productiva y su estado de salud en su posterior retiro, al haber estado realizado por mucho tiempo posturas forzadas, levantamiento manual de cargas pesadas sin ningún tipo de prevención o acción inmediata.

Se considera que los trastornos musculoesqueléticos son la primera causa de baja relacionada con las condiciones de trabajo, aunque no siempre se reconozca su origen laboral (Benavides *et al.*, 2005).

El levantamiento manual de cargas, especialmente cuando implica posturas forzadas o esfuerzos repetidos y prolongados, incrementa significativamente el riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos que pueden afectar tanto la vida laboral activa como la salud tras el retiro (Cenea, 2024).

Para la identificación y evaluación de factores de riesgo ergonómico a través del cuestionario Kuorinka, se toma una muestra de 18 trabajadores, expuestos a factores de riesgo ergonómico tanto de manipulación manual de cargas como de posturas forzadas, en la figura 2 se describen las actividades que realizan la frecuencia y duración de la actividad.

Figura 2.

Descripción del puesto de trabajo.

Puesto de trabajo:		ALBAÑILES						
Descripción de las actividades:		Preparación de mezclas de mortero, vaciado de concreto, cernido de arena, fabricación de paredes, excavación, limpieza, etc.						
Seleccionar con una x								
levantar	Bajar	Empujar	Jalar	Transportar/ estivar				
X	x	x	x			x		
Número de trabajadores expuestos:		18						
Frecuencia con que se realiza la actividad:		Diario						
Duración de la actividad		45 minutos						

pp.99-121

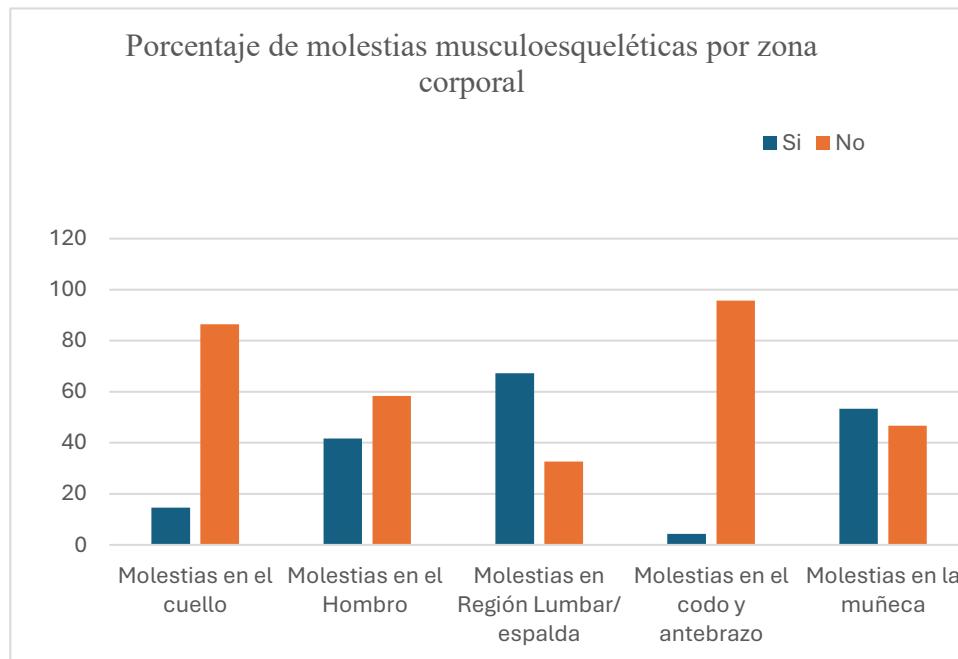
Nota: En la figura 2 se puede apreciar la descripción de los diferentes puestos de trabajo, actividades realizadas y frecuencias de estas.

En la figura 3 se muestran los resultados del tiempo de estar realizando la actividad, indicando que la mayoría tiene entre 12 y 20 en el oficio, lo que denota experiencia y hábitos específicos en la actividad, costumbre.

Entre las molestias mayormente registradas podemos observar los resultados de las encuestas realizadas según el cuestionario Kuorinka, como: molestias del cuello, molestias en el hombro y molestias en el codo y antebrazo.

Figura 3.

Porcentaje de molestias musculoesqueléticas por zona corporal



Nota: En la figura 3 se puede apreciar la gran frecuencia de molestias en los trabajadores.

El 63.3% de los trabajadores de obra civil (albañiles) indican molestia o lesiones en la zona lumbar, lo que valida una exposición crítica posturas forzadas y continuas.

Las muñecas y hombros también muestran alta prevalencia de afecciones, lo que sugiere la necesidad de ajustes ergonómicos y rediseño de herramientas.

pp.99-121

La relación entre molestias y lesiones en el cuello indica una posible evolución no tratada de síntomas musculares, lo cual requiere seguimiento preventivo.

Aunque baja la incidencia en codo y antebrazo debe considerarse en función del tipo específico de herramientas utilizadas y tareas asignadas.

Estudios en trabajadores de la construcción han reportado prevalencias elevadas de dolor lumbar, llegando hasta un 59.8%, así como afectaciones frecuentes en hombros y muñecas, atribuidas a posturas forzadas, manipulación manual de cargas pesadas y movimientos repetitivos.

Estas condiciones incrementan el riesgo de lesiones musculoesqueléticas que afectan la productividad y la salud a largo plazo, lo que evidencia la necesidad de intervenciones ergonómicas y seguimiento preventivo (Charry *et al.*, 2020)

Según los cuestionarios administrados, el malestar en la región dorsal central es más común, siendo el factor influyente la manipulación manual de cargas; por lo tanto, se dará prioridad a esta actividad.

Figura 4.

Evaluación de posturas en la actividad diría de los trabajadores de obra civil (albañiles)



Nota: En la figura 4 imágenes de posiciones neutrales y forzadas en actos de trabajo civil que conducen a la fatiga muscular y al dolor. El mantenimiento a largo plazo de una postura

pp.99-121

obligatoria resulta en una contracción muscular permanente y deficiencia sanguínea, así como en la privación de nutrientes y oxígeno en el tejido y el órgano.

Es más probable que este tipo de actividades resulte riesgoso, ya que suelen implicar, entre otras cosas, el uso de herramientas de manipulación. Esto incrementa el riesgo de sufrir lesiones musculares y de desarrollar enfermedades por movimientos repetitivos, como el síndrome del túnel carpiano.

La manipulación manual de cargas y el uso frecuente de herramientas incrementan la probabilidad de lesiones musculoesqueléticas, incluyendo trastornos por movimientos repetitivos como el síndrome del túnel carpiano, debido a la sobrecarga y posturas forzadas que afectan principalmente las extremidades superiores (Rodriguez, 2021).

El análisis para el levantamiento y movimiento de carga implica una serie de esfuerzos físicos en los trabajadores, que van desde daños lumbares, afectaciones en brazos, codos, muñecas, cuello entre otros. Los riesgos van desde medio a nivel alto. Revisar las diferentes posturas observadas en campo, permite comprender lo importante de listar los principales factores de riesgo ergonómicos, a su vez las actividades que de forma repetitiva se realizan en los proyectos sin percatarse de los diferentes riesgos a los que se exponen, al no contar con una concientización de los procedimientos adecuados, libre de la costumbre y cultura de los trabajadores. Esto implica clasificar las lesiones más comunes que conducen a incapacidades temporales y permanentes.

Figura 5

Posturas forzadas observadas

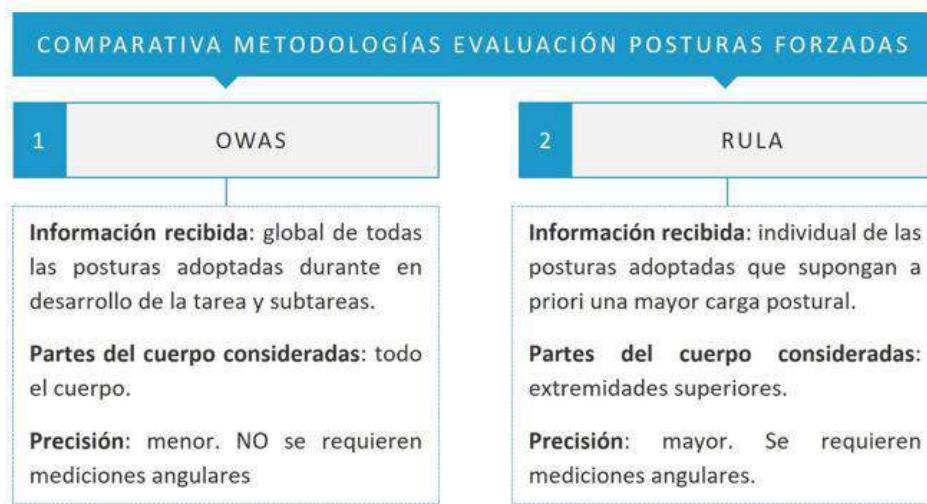
ALBAÑIL			
Postura	Número de trabajadores	Frecuencia	Duración
Espalda doblada	18	Diaria	8 horas
Cuello en flexión y espalda doblada	18	Diaria	8 horas
Restricciones posturales	18	Diaria	8 horas

Nota: En la Figura 5 se muestran las posturas forzadas a las que se expone a los albañiles.

De acuerdo con la métrica y metodología que usan OWAS y RULA cada una analiza de manera detallada distintas posturas del cuerpo, como se menciona en la siguiente Figura 6, siendo utilizada de acuerdo a las posturas que se pueden observar por actividad.

Figura 6.

Comparativa, metodología y evaluación y posturas forzadas.



Nota. Comparativa entre OWAS y RULA. Fuente de elaboración: UNIR.

En base a lo anterior se selecciona la metodología OWAS por su facilidad de aplicación pues en las tareas de obra civil se involucra el movimiento de todo el cuerpo y no solo de las extremidades superiores, especialmente considerando la limitada experiencia en el análisis profundo de los diversos riesgos a los que están expuestos los trabajadores al adoptar posturas forzadas. Estas posturas afectan de manera significativa el tronco, el cuello, los brazos, los antebrazos y las muñecas, entre otras partes del cuerpo. Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), las posturas de trabajo inadecuadas son uno de los factores de riesgo más importantes en los trastornos musculoesqueléticos, cuyos efectos pueden ir desde molestias ligeras hasta una verdadera incapacidad.

pp.99-121

La metodología OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) es ampliamente reconocida por su simplicidad y eficacia para evaluar posturas forzadas que involucran todo el cuerpo, lo que la hace especialmente útil en sectores como la construcción, donde los trabajadores adoptan diversas posturas complejas y no siempre se cuenta con experiencia avanzada en análisis ergonómico detallado (Karhu, et al., 1977).

La interpretación de los datos de la figura 7 nos indica que tenemos un nivel de riesgo alto o significativo con respecto al peso de la carga y frecuencia que ejecutan los albañiles, siguiéndole restricciones posturales, región de levantamiento vertical, distancia horizontal entre manos y la parte inferior de la espalda.

La puntuación obtenida (18) se encuentra en el rango de riesgo significativo (13-20).

A continuación, se muestran los resultados de la metodología OWAS.

Figura 7.

Levantamiento y descenso de cargas.

AI.2 Estimación del riesgo de actividades que implicuen levantamiento/descenso de cargas			
a) Peso de la carga y frecuencia	4	Registrar el peso y la frecuencia de levantamiento de la carga. Utilizar la Gráfica siguiente para determinar el nivel de riesgo asociado a la frecuencia y a la carga manejada (levantar o bajar).	
b) Distancia horizontal entre las manos y la parte inferior de la espalda:	3	Observar la tarea y examinar la distancia horizontal que existe entre las manos del trabajador y la parte inferior de su espalda. Siempre considerar el "peor escenario".	
c) Región de levantamiento vertical:	3	Observar la posición de las manos del trabajador al inicio del levantamiento y a medida que la operación progresó. Siempre considerar el "peor de los casos".	
d) Torsión y flexión lateral del torso:	2	Observar el torso del trabajador a medida que levanta la carga. Si el torso se tuerce en relación con las caderas y los muslos o el trabajador se inclina hacia un lado a medida que levanta la carga, el color de la banda es naranja. Si el torso se tuerce y se dobla hacia un lado a medida que se levanta la carga, el color de la banda es rojo. i. Si los movimientos del trabajador no están descontrolados, no habrá ser de color verde; ii. Si el trabajador adopta posturas incómodas o forzadas durante el levantamiento de una carga debido al espacio disponible (por ejemplo, espacio estrecho entre el palé y una tolva de descarga) o el diseño de la estación de trabajo (por ejemplo, un transportador de monioriel excesivamente alto para colocar o tomar la carga), el color de la banda será naranja; y iii. Si la postura es severamente restringida, el color de la banda será rojo (por ejemplo, trabajo en áreas confinadas como una bodega).	
e) Restricciones posturales:	3		
f) Acoplamiento mano-carga (elementos de sujeción):	1	Este factor considera las propiedades geométricas y de diseño de la carga que se va a manejar, en cuanto a su interacción con las manos del trabajador, según se indica a continuación.	
g) Superficie de trabajo:	1	Este factor considera las propiedades de la superficie donde el trabajador camina o permanece de pie.	
h) Otros factores ambientales:	1	i. Observar el ambiente de trabajo y calcular si la operación de levantamiento se lleva a cabo bajo temperaturas extremas, con fuerte circulación del aire; o en condiciones de iluminación extremas (demasiado oscuro o brillante). Si uno de estos factores de riesgo está presente el color de la banda será naranja; ii. Si dos o más factores de riesgo están presentes el color de la banda será rojo; iii. Si no existe ningún factor presente el color de la banda será verde.	
PUNTAJE TOTAL:	18	NIVEL DE RIESGO	
		Bajo à Aceptable	
Determinar el nivel de riesgo	Puntaje	PRIORIDAD	ACCIONES
Bajo à Aceptable	0 a 4	No se requieren acciones correctivas	Sólo se requiere dar seguimiento a los grupos más vulnerables, como mujeres en período de gestación o trabajadores menores de edad.
Medio à Posible	5 a 12	Se requieren acciones correctivas a corto plazo	Se debe examinar las tareas con mayor detalle, mediante la aplicación de una evaluación específica, o bien implantar medidas de control mediante un Programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.
Alto à Significativo	13 a 20	Se requieren acciones correctivas pronto	Se requiere una acción rápida, por lo que se deben establecer medidas de control mediante un Programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.
Muy Alto - Inaceptable	21 a 32	Se requieren acciones correctivas inmediatamente	Se deben detener las actividades e implementar medidas de control mediante un Programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.
Puesto de trabajo:			
Puntaje total:		18	Nivel de riesgo: Bajo à Aceptable

AI.2 Estimación del riesgo de actividades que implicuen levantamiento/descenso de cargas



Figura 8.

Estimación del riesgo de operaciones de transporte de cargas.

AI.3 Estimación del riesgo de operaciones de transporte de cargas			
PUNTAJE TOTAL:	20	NIVEL DE RIESGO	
Determinar el nivel de riesgo	Puntaje	PRIORIDAD	ACCIONES
Bajo à Aceptable	0 a 4	No se requieren acciones correctivas	Sólo se requiere dar seguimiento a los grupos más vulnerables, como mujeres en periodo de gestación o trabajadores menores de edad; se debe examinar las tareas con mayor detalle, mediante la aplicación de una evaluación específica, o bien implantar medidas de control mediante un Programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.
Medio à Posible	5 a 12	Se requieren acciones correctivas a corto plazo	Se requiere una acción rápida, por lo que se deben establecer medidas de control mediante un Programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.
Alto à Significativo	13 a 20	Se requieren acciones correctivas pronto	Se deben detener las actividades e implementar medidas de control mediante un Programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.
Muy Alto - Inaceptable	21 a 32	Se requieren acciones correctivas inmediatamente	

Puesto de trabajo:	Puntaje total: 20			Nivel de riesgo:	Bajo à Aceptable			
AI.3 Estimación del riesgo de operaciones de transporte de cargas								
i) Obstáculos en la ruta:								
h) Distancia de transporte:								
g) Otros factores ambientales:								
f) Superficie de trabajo:								
e) Acoplamiento mano-carga (elementos de sujeción):								
d) Restricciones posturales:								
c) Carga asimétrica sobre el torso:								
b) Distancia horizontal entre las manos y la parte inferior de la espalda:								
a) Peso de la carga y frecuencia								

Nota. En la figura 8 revela la existencia de un nivel de riesgo elevado y significativo en relación con el peso de las cargas manipuladas y la frecuencia con que los trabajadores de albañilería ejecutan estas tareas. Asimismo, se identifica como factor de riesgo relevante la distancia horizontal que se establece entre las manos del trabajador y la región lumbar inferior durante la manipulación de materiales.

El análisis revela que los albañiles enfrentan condiciones laborales que ponen en riesgo su seguridad ergonómica. Los factores más críticos son el levantamiento de pesos excesivos y la alta frecuencia de manipulación de cargas. Además, la distancia horizontal inadecuada al manejar cargas aumenta la sobrecarga en la columna vertebral. El uso frecuente de herramientas y la manipulación manual incrementan la probabilidad de lesiones musculoesqueléticas. Estas condiciones favorecen la aparición de trastornos por movimientos repetitivos, como el síndrome del túnel carpiano.

Figura 9.

Evaluación del riesgo de operaciones de manejo manual de cargas en equipo

AI.4 Evaluación del riesgo de operaciones de manejo manual de cargas en equipo								
a) Peso de la carga:	Registre la masa de la carga (en kg) y el número de operadores que realizan la tarea.							
b) Distancia horizontal entre las manos y la parte inferior de la espalda:	3	Observar la tarea y examinar la distancia horizontal que existe entre las manos del trabajador y la parte inferior de su espalda. Siempre considerar el "peor escenario".						
c) Región de levantamiento vertical:	3	Observar la posición de las manos del trabajador al inicio del levantamiento y a medida que la operación progrese. Siempre considerar el "peor de los casos".						
d) Torsión y flexión lateral del torso:	2	Observar el torso del trabajador a medida que levanta la carga. Si el torso se tuerce en relación con las caderas y los muslos o el trabajador se inclina hacia un lado a medida que levanta la carga, el color de la banda es naranja. Si el torso se tuerce y se dobla hacia un lado a medida que se levanta la carga, el color de la banda es rojo.						
e) Restricciones posturales:	3	i. Si los movimientos del trabajador no están obstruidos, la banda será de color verde; ii. Si el trabajador adopta posturas inómnidas o forzadas durante el levantamiento de una carga debido al espacio disponible (por ejemplo, espacio estrecho entre el palé y una tabla de descarga) o el diseño de la estación de trabajo (por ejemplo, un transportador de monorrail excepcionalmente alto para colocar o tomar la carga), el color de la banda será naranja, y iii. Si la postura es severamente restringida, el color de la banda será rojo (por ejemplo, trabajo en áreas confinadas).						
f) Acoplamiento mano-carga (elementos de sujeción):	1	Este factor considera las propiedades geométricas y de diseño de la carga que se va a manejar, en cuanto a su interacción con las manos del trabajador, según se indica a continuación.						
g) Superficie de trabajo:	1	Este factor considera las propiedades de la superficie donde el trabajador camina o permanece de pie.						
h) Otros factores ambientales:	2	i. Observar el ambiente de trabajo y comprobar si la operación de levantamiento se lleva a cabo bajo temperaturas extremas, con fuerte circulación del aire, o en condiciones de iluminación extremas (demasiado oscuro o brillante). Si uno de estos factores de riesgo está presente el color de la banda será naranja; ii. Si dos o más factores de riesgo están presentes el color de la banda será rojo, y iii. Si existe ningún factor presente el color de la banda será verde.						
i) Comunicación, coordinación y control:	1	La comunicación entre los trabajadores es esencial cuando el levantar una carga se realiza en grupo. Un ejemplo de buena comunicación sería poder oír a los trabajadores contar "uno, dos, tres" etc. antes de levantar una carga. Observar para comprender si el grupo tiene el control de la carga, que la levanta al parílo y suavemente, y que todos los miembros la levantan juntos. Un levantamiento en equipo no coordinado puede dejar a un miembro del equipo soportando todo el peso.						
PUNTAJE TOTAL:	16	NIVEL DE RIESGO Medio à Posible						
Determinar el nivel de riesgo	Puntaje	PRIORIDAD	ACCIONES					
Bajo à Aceptable	0 a 4	No se requieren acciones correctivas	Sólo se requiere dar seguimiento a los grupos más vulnerables, como mujeres en período de gestación o trabajadores menores de edad.					
Medio à Posible	5 a 12	Se requieren acciones correctivas a corto plazo	Se debe examinar las tareas con mayor detalle, mediante la aplicación de una evaluación específica, o bien implantar medidas de control mediante un Programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.					
Alto à Significativo	13 a 20	Se requieren acciones correctivas pronto	Se requiere una acción rápida, por lo que se deben establecer medidas de control mediante un Programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.					
Muy Alto - Inaceptable	21 a 32	Se requieren acciones correctivas inmediatamente	Se deben detener las actividades e implementar medidas de control mediante un Programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.					
Puesto de trabajo:								
Puntaje total:	16	Nivel de riesgo:	Medio à Posible					
AI.4 Evaluación del riesgo de operaciones de manejo manual de cargas en equipo								
i) Comunicación, coordinación y control:	1							
h) Otros factores ambientales:	2							
g) Superficie de trabajo:	1							
f) Acoplamiento mano-carga (elementos de sujeción):	1							
e) Restricciones posturales:	3							
d) Torsión y flexión lateral del torso:	2							
c) Región de levantamiento vertical:	3							
b) Distancia horizontal entre las manos y la parte inferior de la espalda:	3							
a) Peso de la carga:	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5

Nota. En la figura 9 muestra una matriz de evaluación de riesgos para operaciones de manejo manual de cargas en equipo, desglosando diferentes factores de riesgo y su puntuación correspondiente. El objetivo es determinar el nivel de riesgo y establecer prioridades y acciones correctivas.

El empleo de matrices de evaluación de riesgos, como las propuestas en las guías técnicas para la manipulación manual de cargas, ofrece una metodología clara para analizar diversas situaciones de riesgo, identificar los factores contribuyentes y establecer la necesidad de medidas preventivas o correctivas, lo que resulta fundamental para la protección de la salud de los trabajadores (INSST, 2023).

Figura 10.

Evaluación del riesgo de operaciones de manejo manual de cargas en equipo

AI.4 Evaluación del riesgo de operaciones de manejo manual de cargas en equipo																																																								
a) Actividad y peso de la carga (kg)																																																								
		Aplicaciones:																																																						
	2	Menos de 400 kg / 0 De 400 kg a 600 kg / 2 De 600 kg a 1000 kg / 4 Más de 1000 kg / 8																																																						
	2	Girando sobre su base (Las cargas se mueven girando rodando a lo largo de los bordes de su base): Menos de 400 kg / 0 De 400 kg a 600 kg / 2 De 600 kg a 1000 kg / 4 Más de 1000 kg / 8																																																						
	2	Arrastrar/pasar o tirar de la carga: Menos de 25 kg / 0 De 25 kg a 50 kg / 2 De 50 kg a 80 kg / 4 Más de 80 kg / 8																																																						
b) Postura	3	I. Observar la posición general de las manos y del cuerpo durante la operación. Buena 0 / Razonable 3 / Pobre o deficiente 6																																																						
c) Acoplamiento de la mano-carga	1	Observar cómo el agarre con las manos o cómo están en contacto con la carga durante el empuje o la tracción. Si la operación implica tanto empujar como jalar, evaluar la empujadora para ambas acciones. Buena 0 / Razonable 1 / Pobre o deficiente 2																																																						
d) Patrón de trabajo	1	I. Observar el ritmo de trabajo, e identificar si la operación es repetitiva (cinco o más traslados por minuto) y si el trabajador establece el ritmo de trabajo. II. Preguntar a los trabajadores sobre su patrón de descansos y valorar otras oportunidades que tienen para descansar. Buena 0 / Razonable 1 / Pobre o deficiente 3																																																						
e) Distancia por viaje	1	I. Determinar la distancia desde el principio hasta el final para un solo viaje. II. Hacer una evaluación para el viaje más largo, si la operación no es repetitiva. III. Determinar la distancia promedio para al menos cinco viajes, si la operación es repetitiva. <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td>Corta</td><td>Media</td><td>Larga</td></tr><tr><td>2 m o menos</td><td>Entre 2 m y 10 m</td><td>Más de 10 m</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>3</td></tr></table>	Corta	Media	Larga	2 m o menos	Entre 2 m y 10 m	Más de 10 m	0	1	3																																													
Corta	Media	Larga																																																						
2 m o menos	Entre 2 m y 10 m	Más de 10 m																																																						
0	1	3																																																						
f) Superficie de trabajo	1	I. Identificar la condición en que se encuentran las superficies de trabajo a lo largo de la ruta y determinar el nivel de riesgo utilizando los siguientes criterios. Buena 0 / Razonable 1 / Pobre o deficiente 4																																																						
g) Obstáculos a lo largo de la ruta	2	I. Verificar en la ruta si hay obstáculos. Tener en cuenta si el equipo se mueve por encima de cables, a través de bordes elevados, hacia arriba o hacia abajo en rampas empinadas (pendiente de más de 5 °), subiendo o bajando escaleras, a través de puertas bloqueadas/extreñas, en espacios confinados, alrededor de curvas, esquinas u objetos, etc. II. Contar cada tipo de obstáculo sólo una vez, sin importar cuántas veces se pase por él. Buena 0 / Razonable 2 / Pobre o deficiente 4																																																						
h) Otros factores	1	Identificar algún otro factor, como, por ejemplo: I. La carga es muy grande y obstruye la vista del trabajador de donde se está moviendo; II. La carga presenta bordes filosos, está caliente o es potencialmente dañina al tacto; IV. Hay condiciones climáticas extremas; V. Hay temperaturas extremas calientes o frías o alta humedad; VI. Hay ráfagas de viento u otros movimientos fuertes del aire, y VII. El equipo de protección personal o la ropa de trabajo hacen que el arrastre y empuje de la carga sea más complicado																																																						
PUNTAJE TOTAL:		16																																																						
NIVEL DE RIESGO																																																								
Determinar el nivel de riesgo																																																								
Bajo a Aceptable	0 a 4	No se requieren acciones correctivas																																																						
Medio a Posible	5 a 12	Se requieren acciones correctivas a corto plazo																																																						
Alto a Significativo	13 a 20	Se requieren acciones correctivas pronto																																																						
Muy Alto - Inaceptable	21 a 32	Se requieren acciones correctivas inmediatamente																																																						
Puesto de trabajo:																																																								
Puntaje total:		16																																																						
Nivel de riesgo:		Alto a Significativo																																																						
AI.4 Evaluación del riesgo de operaciones de manejo manual de cargas en equipo																																																								
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>g) Obstáculos a lo largo de la ruta</td> <td>0</td> <td>0.5</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>2</td> <td>2.5</td> <td>3</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>e) Distancia por viaje</td> <td>0</td> <td>0.5</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>2</td> <td>2.5</td> <td>3</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>d) Patrón de trabajo</td> <td>0</td> <td>0.5</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>2</td> <td>2.5</td> <td>3</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>c) Acoplamiento de la mano-carga</td> <td>0</td> <td>0.5</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>2</td> <td>2.5</td> <td>3</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>b) Postura</td> <td>0</td> <td>0.5</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>2</td> <td>2.5</td> <td>3</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>a) Actividad y peso de la carga (kg)</td> <td>0</td> <td>0.5</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>2</td> <td>2.5</td> <td>3</td> <td>3.5</td> </tr> </table>			g) Obstáculos a lo largo de la ruta	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	e) Distancia por viaje	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	d) Patrón de trabajo	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	c) Acoplamiento de la mano-carga	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	b) Postura	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	a) Actividad y peso de la carga (kg)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
g) Obstáculos a lo largo de la ruta	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5																																																
e) Distancia por viaje	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5																																																
d) Patrón de trabajo	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5																																																
c) Acoplamiento de la mano-carga	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5																																																
b) Postura	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5																																																
a) Actividad y peso de la carga (kg)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5																																																

Nota. El análisis de la figura 10 evidencia un alto riesgo ergonómico (puntaje 16) asociado a la manipulación manual de cargas. Se identifican factores críticos como esfuerzo físico excesivo, posturas forzadas del tronco, cargas mal distribuidas, obstáculos en el trayecto y giros con manipulación, todos ellos con alta probabilidad de provocar lesiones musculoesqueléticas, especialmente en la zona lumbar.

Figura 11.

Evaluación del riesgo de actividades que impliquen empujar o jalar cargas con el uso de equipo auxiliar

AII.5 Evaluación del riesgo de actividades que impliquen empujar o jalar cargas con el uso de equipo auxiliar											
a) Tipo de equipo auxiliar y peso de la carga (kg)		<ul style="list-style-type: none"> I. Evaluar la masa total móvil, si se mueve más de un equipo de carga (por ejemplo, dos carretillas); II. Conocer y determinar la carga total móvil (masa del equipo auxiliar y masa de las cargas transportadas) con base al etiquetado, preguntando a los trabajadores o pesando la carga; III. Evaluar el equipo con la carga de mayor masa que es probable que se mueva, si se utiliza el mismo equipo para mover diferentes cargas. 									
	2	<p>Pequeño con una o dos ruedas: por ejemplo, carretillas, contenedores con ruedas o diablos de carga. Con este equipo el trabajador soporta parte de la carga.</p> <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <tr> <td>Menos de 50 kg / 0</td> </tr> <tr> <td>De 50 kg a 100 kg / 2</td> </tr> <tr> <td>De 100 kg a 200 kg / 4</td> </tr> <tr> <td>Más de 200 kg / 8</td> </tr> </table>	Menos de 50 kg / 0	De 50 kg a 100 kg / 2	De 100 kg a 200 kg / 4	Más de 200 kg / 8					
Menos de 50 kg / 0											
De 50 kg a 100 kg / 2											
De 100 kg a 200 kg / 4											
Más de 200 kg / 8											
	0	<p>Mediano, con tres o más ruedas fijas y/o ruedas móviles (rodajas): por ejemplo, jaulas con ruedas, contenedores con ruedas.</p> <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <tr> <td>Menos de 250 kg / 0</td> </tr> <tr> <td>De 250 kg a 500 kg / 2</td> </tr> <tr> <td>De 500 kg a 750 kg / 4</td> </tr> <tr> <td>Más de 750 kg / 8</td> </tr> </table>	Menos de 250 kg / 0	De 250 kg a 500 kg / 2	De 500 kg a 750 kg / 4	Más de 750 kg / 8					
Menos de 250 kg / 0											
De 250 kg a 500 kg / 2											
De 500 kg a 750 kg / 4											
Más de 750 kg / 8											
	0	<p>Grande, dirigible o sobre rieles: por ejemplo, patines o sistema de rieles superiores.</p> <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <tr> <td>Menos de 600 kg / 0</td> </tr> <tr> <td>De 600 kg a 1000 kg / 2</td> </tr> <tr> <td>De 1000 kg a 1500 kg / 4</td> </tr> <tr> <td>Más de 1500 kg / 8</td> </tr> </table>	Menos de 600 kg / 0	De 600 kg a 1000 kg / 2	De 1000 kg a 1500 kg / 4	Más de 1500 kg / 8					
Menos de 600 kg / 0											
De 600 kg a 1000 kg / 2											
De 1000 kg a 1500 kg / 4											
Más de 1500 kg / 8											
b) Postura	3	<ul style="list-style-type: none"> I. Observar la posición general de las manos y del cuerpo durante la operación. Buena 0 / Razonable 3 / Pobre o deficiente 6 									
c) Acoplamiento de la mano-carga	1	<ul style="list-style-type: none"> Observar cómo es el agarre con las manos o cómo están en contacto con la carga durante el empuje o la拉. Si esta operación implica tanto empujar como jalar, evaluar la empalizada para ambas acciones. Buena 0 / Razonable 1 / Pobre o deficiente 2 									
d) Patrón de trabajo	1	<ul style="list-style-type: none"> I. Observar el trabajo e identificar si la operación es repetitiva (cinco o más traslados por minuto) y si el trabajador establece el ritmo de trabajo. II. Preguntar a los trabajadores sobre su patrón de descansos y sobre otras oportunidades que tienen para descansar o recuperarse del trabajo. Buena 0 / Razonable 1 / Pobre o deficiente 3 									
e) Distancia por viaje	1	<ul style="list-style-type: none"> I. Determinar la distancia desde el principio hasta el final para un solo viaje. II. Hacer una evaluación para el viaje más largo, si la operación no es repetitiva, y III. Determinar la distancia promedio para al menos cinco viajes, si la operación es repetitiva. <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <tr> <th>Corta</th> <th>Media</th> <th>Larga</th> </tr> <tr> <td>10 m o menos</td> <td>Entre 10 y 30 m</td> <td>Más de 30 m</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>3</td> </tr> </table>	Corta	Media	Larga	10 m o menos	Entre 10 y 30 m	Más de 30 m	0	1	3
Corta	Media	Larga									
10 m o menos	Entre 10 y 30 m	Más de 30 m									
0	1	3									
f) Condición del equipo auxiliar	2	<ul style="list-style-type: none"> I. Consultar el programa o manuales de mantenimiento y observar el estado general de conservación del equipo (condición de las ruedas, cojinetes y frenos). Buena 0 / Razonable 2 / Pobre o deficiente 4 									
g) Superficie de trabajo	1	<ul style="list-style-type: none"> I. Identificar la condición en que se encuentran las superficies de trabajo a lo largo de la ruta y determinar el nivel de riesgo utilizando los siguientes criterios. Buena 0 / Razonable 1 / Pobre o deficiente 4 									
h) Obstáculos a lo largo de la ruta	2	<ul style="list-style-type: none"> I. Verificar en la ruta si hay obstáculos. Tener en cuenta si el equipo se mueve por encima de cables, a través de bordes elevados, hacia arriba o hacia abajo en rampas empinadas (pendiente de más de 5°), subiendo o bajando escalones, a través de puertas bloqueadas/estrechas, en espacios confinados, alrededor de curvas, esquinas u objetos, y II. Contar cada tipo de obstáculo sólo una vez, sin importar cuántas veces se pase por éste. Buena 0 / Razonable 2 / Pobre o deficiente 4 									
i) Otros factores	1	<ul style="list-style-type: none"> I. Identificar algún otro factor, como, por ejemplo: II. El equipo auxiliar o la carga es inestable; III. La carga es grande y obstruye la vista del trabajador de donde se está moviendo; IV. El equipo auxiliar o la carga presenta bordes filosos, está caliente o es potencialmente dañina al tacto; V. Hay temperaturas extremas calientes o frías o alta humedad; VI. Hay reflejos de viento u otros movimientos fuertes del aire, o VII. El equipo de protección personal o la vestimenta hacen que el uso del equipo sea complicado. <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <tr> <th>Bueno</th> <th>Razonable</th> <th>Deficiente</th> </tr> <tr> <td>No hay otros factores presentes</td> <td>Un factor presente</td> <td>Dos o más factores presentes</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> </table>	Bueno	Razonable	Deficiente	No hay otros factores presentes	Un factor presente	Dos o más factores presentes	0	1	2
Bueno	Razonable	Deficiente									
No hay otros factores presentes	Un factor presente	Dos o más factores presentes									
0	1	2									
PUNTAJE TOTAL:	14	NIVEL DE RIESGO									
		Muy Alto - Inaceptable									
Determinar el nivel de riesgo	Puntaje	PRIORIDAD	ACCIONES								
Bajo a Aceptable	0 a 4	No se requieren acciones correctivas	Sólo se requiere dar seguimiento a los grupos más vulnerables, como mujeres en período de gestación o trabajadores menores de edad.								
Medio a Posible	5 a 12	Se requieren acciones correctivas a corto plazo	Se debe examinar las tareas con mayor detalle, mediante la aplicación de una evaluación específica, o bien implantar medidas de control mediante un Programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.								
Alto a Significativo	13 a 20	Se requieren acciones correctivas pronto	Se requiere una acción rápida, por lo que se deben establecer medidas de control mediante un Programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.								
Muy Alto - Inaceptable	21 a 32	Se requieren acciones correctivas inmediatamente	Se deben detener las actividades e implementar medidas de control mediante un Programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.								
Puesto de trabajo:											
Puntaje total:	14	Nivel de riesgo:	Muy Alto - Inaceptable								



Nota: Como se muestra en la figura 11, la suma de la puntuación fue 14, por lo que la tarea fue evaluada como de muy alto riesgo e inaceptable. El uso de fuerza alta (puntuación 3) y las limitaciones en el diseño del equipo auxiliar (puntuación 2) fueron los aspectos detectados.

Figura 12.

Pasos para la implementación de OWAS.



Nota. El método de evaluación OWAS es una herramienta muy práctica y fácil de usar; Este método, mediante la observación recaba información importante del proceso de trabajo de todo el cuerpo, lo que implica una gran ventaja en comparación con otros métodos de evaluación de factores de riesgo ergonómico. Es útil aprender las pautas para su ejecución. También muestra los pasos principales en el desarrollo de una implementación efectiva de este sistema en una secuencia clara (ver Figura 12);

- Perfilado de la actividad a realizar por el trabajador: Se lleva a cabo a partir de la identificación de las operaciones requeridas que surgen como potencialmente riesgosas desde el punto de vista postural y es crítico orientar el análisis desde una perspectiva preventiva.
- Descripción de los movimientos ejecutados: El registro meticuloso de los movimientos, posiciones y gestos del trabajador permite construir una base objetiva para el análisis.
- Observación de la tarea realizada: En este caso, el registro sistemático, preferiblemente mediante audio y video, se utiliza para recapturar mejor la realidad postural de la tarea.

pp.99-121

- Puntuación del método OWAS: Cada código de postura observado se clasifica y clasifica con el sistema OWAS, que evalúa la espalda, los brazos, las piernas y la carga que se maneja, y determina el nivel de riesgo.
- Según la tabla de referencia: Se mide el nivel de acción necesario, cuándo el comportamiento o actitud necesita un cambio inmediato, un cambio a corto plazo, a largo plazo, o si todo está bien.
- Recomendaciones: A partir de los datos procesados, se proporcionan recomendaciones ergonómicas específicas y bien definidas para evitar lesiones musculoesqueléticas.
- Correcciones en su lugar: La corrección de la situación, el rediseño de la acción se realiza de manera práctica, y el proceso preventivo se cierra con acciones concretas y visibles tomadas para mejorar la seguridad, la salud y el rendimiento en el trabajo.

CONCLUSIONES

El estudio demuestra que los albañiles están expuestos a una gran cantidad riesgos ergonómicos, especialmente en posturas forzadas, levantamiento manual de cargas y movimientos repetitivos. El uso del Cuestionario Nórdico (Kuorinka) y el método OWAS permitió identificar claramente las regiones del cuerpo más afectadas, siendo la cintura, los hombros, las muñecas y el cuello los sitios más frecuentes de quejas musculoesqueléticas.

Los hallazgos muestran un historial consistente de malas condiciones de trabajo que tienen el potencial de socavar la productividad, la seguridad y el bienestar de estos trabajadores a menos que se tomen medidas correctivas. El estudio apoya la necesidad de una aplicación urgente de estrategias de prevención basadas en evidencia para reducir la carga de los impactos físicos y económicos atribuidos a estos trastornos.

Regiones anatómicas: El cuestionario nórdico ayuda a identificar síntomas musculoesqueléticos en varias regiones anatómicas, y a identificar áreas de toma de decisiones y riesgo para implementar medidas preventivas (Iglesias & Espinoza, 2021).

Escalante et al., (2019) señalan que el método OWAS es particularmente adecuado para su uso en la construcción, donde las tareas implican el movimiento de todo el cuerpo y realizarlas en posturas incorrectas, es decir, realizarlas en posturas incómodas para la cabeza, el tronco o todo

pp.99-121

junto no se puede evitar (Nieto Muñoz, 2023; Orozco-Montaño y Zavala-Hernández, 2023). Su clasificación de posturas y asignación de niveles de riesgo puede priorizar intervenciones ergonómicas en el trabajo, basadas en la reducción de la carga biomecánica y la prevención de lesiones graves (Redalyc, 2020).

La evidencia más reciente sugiere que el uso combinado de estas herramientas en la industria de la construcción no solo facilita la identificación de factores de riesgo físico, sino que también ayuda a desarrollar estrategias de mitigación para modificar las condiciones de trabajo al disminuir el riesgo de TME y aumentar la calidad de vida laboral (Velín *et al.*, 2022)

Además, es común que los albañiles utilicen herramientas no adaptadas o en mal estado, lo que incrementa la fatiga y el riesgo de lesiones. Estas costumbres, muchas veces normalizadas por la cultura del trabajo en obra civil, dificultan la prevención de trastornos musculoesqueléticos y reducen la productividad (Boschman *et al.*, 2010; NIOSH, 2020).

Según Müller *et al.* (2019), se ha realizado muy poca investigación sobre la prevalencia de lesiones musculoesqueléticas entre los trabajadores de la construcción en Panamá, a pesar de la importancia de este campo. Esta falta de conocimiento representa una brecha crítica en la implementación de medidas preventivas y estrategias de mitigación adaptadas a las necesidades reales de este grupo laboral.

En consecuencia, la implementación de medidas correctivas en los puestos de trabajo de los albañiles es imprescindible para salvaguardar la salud de estos, la continuidad y eficiencia de su actividad mitigando las costumbres arraigadas que en muchas ocasiones son obstáculos para la implementación de medidas ergonómicas. Ver figura 13.

Figura 13.

Medidas correctivas ergonómicas

Problema detectado	Medida rápida y fácil	Impacto esperado
Herramientas en mal estado o no adaptadas	Sustitución por herramientas en buen estado y con mangos ergonómicos	Menor fatiga en manos y brazos, reducción de lesiones por vibración o agarre forzado
Cargas manuales pesadas y frecuentes	Uso de carretillas, poleas y colocación de materiales cerca del área de trabajo	Disminución de lesiones lumbares y reducción del esfuerzo físico
Posturas forzadas y repetitivas	Uso de andamios ajustables y capacitación en posturas correctas	Menor dolor de espalda, hombros y rodillas; mayor eficiencia en la tarea
Falta de pausas en la jornada	Implementación de micropausas (5-7 min cada 2 h) con estiramientos guiados	Reducción de fatiga acumulada, mejor circulación y prevención de TME
Sobrecarga por tareas repetitivas	Rotación de tareas pesadas y ligeras entre trabajadores	Distribución más equilibrada del esfuerzo físico y prevención de sobreuso articular
Desconocimiento de técnicas seguras	Capacitación en levantamiento seguro y difusión de	Mejora en la conciencia ergonómica y

Nota. Los hallazgos de este estudio acentúan la necesidad de implementar medidas específicas para el grupo de estudio, los albañiles, las cuales son de suma importancia. También es deber de las instituciones encargadas de la salud y el bienestar de estos trabajadores desarrollar y utilizar sistemas regulatorios que requieran que el sector de la construcción tome acciones correctivas y aumente la concienciación de todos los grupos involucrados. Se sugiere aplicar instrumentos como el Cuestionario Nórdico de Kuorinka y el método OWAS, ya que permiten la detección temprana de lesiones ocupacionales y contribuyen a la prevención de enfermedades a lo largo de la vida laboral y en el momento de la pensión. Además, una alta tasa de incidencia de discapacidades asociadas con estas lesiones representa una carga económica significativa para las empresas (Rodríguez, 2024).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavides, F., & Castejón, J. (2005). Certification of occupational diseases as common diseases in a primary health care setting. *American Journal of Industrial Medicine*, 47(2), 176–180. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajim.20128>
- Boschman, J. S., van der Molen, H. F., Sluiter, J. K., & Frings-Dresen, M. H. W. (2010). Occupational demands and health effects for bricklayers and construction supervisors: A systematic review. *American Journal of Industrial Medicine*, 53(6), 559–575. <https://doi.org/10.1002/ajim.20891>
- Carvajal, H. (2018). Aplicación de la ergonomía, previniendo lesiones musculo -esqueléticas, en la construcción y su importancia con respecto a la seguridad de los trabajadores de la empresa Odebrecht. Universidad metropolitana de Ciencia y tecnología. <https://repositorio.umecit.edu.pa/entities/publication/ad4d58e9-72b2-44c0-8b2c-ffe623df0f95>
- CNEA. (2024). ¿Qué son los riesgos ergonómicos? – Guía definitiva. https://www.cnea.eu/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2023/01/Que_son_los_riesgos_ergonomicos_Guia-definitiva-CNEA-mbsbuh.pdf
- Centro Nacional de Competitividad Panamá. (2023). Evolución y desaceleración del sector construcción y su competitividad en Panamá. <https://cnccpanama.net/bitstream/handle/123456789/218/cad348.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

pp.99-121

Charry, J. A., & Aramendiz, A. M. (2020). La Biomecánica y el dolor lumbar en los trabajadores del sector de la construcción en países de habla hispana en Revisión Documental 2010-2020 [Tesis, Fundación Universitaria del Área Andina Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte]. <https://digitk.areandina.edu.co/server/api/core/bitstreams/28f65c2c-43fa-43ba-bd26-d9bf31cab5c7/content>

Ciencia Latina. (2023). Realidades del Sector Construcción Frente a los Peligros de Seguridad y Salud en el Trabajo en Cúcuta, Norte de Santander. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria, 7(5), 8643-8654. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8446

Coliboro, T. (s. f.). METODO OWAS. Scribd.

<https://es.scribd.com/document/729587414/METODO-OWAS>

Contreras, J. (2015). La biomecánica y el dolor lumbar en los trabajadores del sector de la construcción. Monografía, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
<https://digitk.areandina.edu.co/server/api/core/bitstreams/28f65c2c-43fa-43ba-bd26-d9bf31cab5c7/content>

Duran, R., & Tam, N. (2018, 16 marzo). Evolución y desaceleración del sector construcción y su competitividad en panamá. Centro Nacional de Competitividad.
<https://cnccpanama.net/bitstream/handle/123456789/218/cad348.pdf?sequence=1&isAlloweded=y>

ErgoIBV. (2025). Método OWAS en la evaluación de riesgos laborales.

<https://www.ergoibv.com/es/evaluaciones-ergonomicas/metodo-owas/>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2020). Metodología de la investigación (6ta ed.). McGraw-Hill.<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%A3da%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Iglesias, J., & Espinoza, Z. (2021). Determinantes del riesgo ergonómico y exposición a levantamiento de cargas en trabajadores de una empresa comercializadora de textiles. Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa.
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-seguridad-defensa/article/view/RCSDV3N3ART09>

Instituto de Biomecánica de Valencia. (2025, 19 junio). Método OWAS en la evaluación de riesgos laborales - Ergo/IBV. Ergo/IBV.
<https://www.ergoibv.com/es/evaluaciones-ergonomicas/metodo-owas/>

pp.99-121

Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). (2025, marzo). Avance de cifras del Producto Interno Bruto Anual y Trimestral 2024. Contraloría General de la República de Panamá.
<https://www.inec.gob.pa/archivos/P0774740120250318111649Avance%20de%20Cifras%20del%20Producto%20Intern%20Bruto%20Anual%20y%20Trimestral%202024.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2023). Manipulación manual de cargas: Guía técnica del INSHT. Recuperado de
<https://www.insst.es/documents/94886/509319/GuiatecnicaMMC.pdf/27a8b126-a827-4edd-aa4c-7c0ca0a86cda>

Karhu, O., Kansi, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), 199–201.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0003687077901648?via%3Dhub>

Kim, S., Lee, H., & Park, J. (2023). Effects of ergonomic interventions on musculoskeletal disorders among construction workers: a systematic review. *Journal of Occupational*

Health, 65(1), <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10874026/>

Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., & Jørgensen, K. (1987). Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15676628/>

Müller, C., Berenguer-León, B., Blanco-García, J., Li, J., & Oechtering, T. (2019). Occupational risk factors for musculoskeletal disorders in construction—A systematic literature review. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. Recuperado de <https://repositorio.umecit.edu.pa/bitstreams/c7df08c3-9535-434d-aa18-7cb24c562c47/download>

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2020). Health risk behavior profile of construction workers, 32 states, 2013–2016.
https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2007-122_sp/pdfs/2007-122.pdf

Next prevención. (2021, 9 junio). Método OWAS - Next Prevención. Next Prevención.
<https://nextprevencion.com/metodos/ergonomia/metodo-owas/>

Nieto Muñoz, D. (2023). Evaluación ergonómica de los trabajadores mineros aplicando el método OWAS en el distrito de Lloclapampa, Jauja. Tesis, Universidad Continental.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14152/2/IV_FIN_107_TE_Nieto_Munoz_2023.pdf

Oramas, E. (2023). Evaluación ergonómica y propuesta de rediseño de puesto de trabajo en el área administrativa de una empresa de servicios del sector de la construcción escuela politécnica nacional. Edu.ec. Recuperado el 10 de septiembre de 2025, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/25718/1/CD%2014354.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (2021). Trastornos musculoesqueléticos. Obtenido de Organización mundial de la salud: Trastornos musculoesqueléticos: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>

Orozco-Montañez, I. N., & Zavala-Hernández, G. (2023). Aplicación de herramientas y métodos de evaluación ergonómicos para optimizar los puestos de trabajo en una fábrica de muebles. *Ergonomía, Investigación y Desarrollo*, 5(3), 85-97. https://revistas.udec.cl/index.php/Ergonomia_Investigacion/index

Ramírez, N. A. G. (s/f). Factores de riesgo laboral en trabajadores informales de la construcción en el municipio de Sopó. Uniminuto.edu. Recuperado el 10 de septiembre de 2025. <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/f0412657-b25e-4270-a8f6-116dfe103e8c/content>

Redalyc (2020). Evaluación de los factores de riesgos musculoesqueléticos en la industria de calzado mediante OWAS. Revista de Ergonomía. <https://es.scribd.com/document/672053502/Articulo-cientifico>

Rodríguez, Y. E. (2021). Manipulación manual de carga como principal factor ergonómico de riesgo en trabajadores de construcción y su relación con lesiones musculoesqueléticas.

Revista Saluta, 4(2), 45-60. <https://revistas.umecit.edu.pa/index.php/saluta/article/view/611>

Rodríguez, Y. H. (2024). Proyecto para la mejora de riesgos ergonómicos del albañil en obras de construcción. Revista Desafíos Ergonómicos, 1(1). <https://desafiosergonomicos.umcc.cu/index.php/desafios/article/download/13/8>

Solís, R. (2017). Cien meses de accidentes en la construcción en el sureste de México. Revista de Seguridad y Salud Ocupacional, https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732017000300195

Tamayo Carrasco, p. a. (2021). Trastornos musculoesqueléticos asociados a posturas adoptadas por los trabajadores de la Ferretería Promacero en el periodo 2021 [artículo científico previo a la obtención del título de magíster en salud ocupacional, universidad regional autónoma de los andes] <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/18105/1/UT-MSO-EAC-021-2023.pdf>

pp.99-121

Velín, D., et al. (2022). Evaluación de factores de riesgo ergonómico de los trabajadores de la construcción del cantón Sucúa. Pol. Con., 7(3), 313-334.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8399849.pdf>

Wang, K., Donglian, D. (2023). Evaluación de riesgos ergonómicos en tiempo real en la construcción utilizando un modelo de estimación de la pose humana en 3D basado en el aprendizaje conjunto. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/mice.13139>

pp.122-138

Revisión Sistemática de Publicaciones sobre las Consecuencias de la Inteligencia Artificial en el Mercado Laboral en Panamá, 2025

Systematic Review of Publications on the Consequences of Artificial Intelligence in the Labor Market in Panamá, 2025

Margelis Elizabeth Cedeño Graell

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé, Panamá.

margelis-e.cedeno-g@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0003-2200-1485>

Dylon Caleb Pérez Campos

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé, Panamá.

dylon-c.perez-c@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0002-6139-3365>

James Bermúdez-Vargas

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé, Panamá.

james.bermudez@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-8943-6430>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8590>

RESUMEN

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como un elemento clave en la transformación del mundo laboral, marcando el comienzo de lo que muchos llaman la "Cuarta Revolución Industrial". Esta innovación tecnológica ha abierto un debate importante sobre su impacto en el empleo, generando preguntas sobre si la IA creará más puestos de trabajo de los que eliminará y cómo se modificarán las tareas laborales.

Este artículo de revisión sistemática se centra en explorar las consecuencias de la inteligencia artificial en el mercado laboral. El análisis aborda cómo influye en la creación, eliminación y modificación del empleo, además de la demanda de nuevas habilidades y las condiciones

pp.122-138

en las que se trabaja. La investigación se realizó mediante una revisión sistemática basada en ocho documentos académicos relevantes publicados entre 2017 y 2025. Estas fuentes fueron seleccionadas y analizadas para ofrecer una perspectiva sólida sobre los efectos multidimensionales de la IA.

Los hallazgos principales indican que la IA está modificando las operaciones laborales, promoviendo la automatización y mayor eficiencia, pero también presenta retos como la posible pérdida de empleos y la necesidad de afrontar cuestiones éticas y de protección de datos. Se destaca la importancia de implementar sistemas de educación flexibles que准备n a la fuerza laboral para colaborar con máquinas y atender las nuevas habilidades requeridas. Además, se resalta la relevancia de crear normas éticas claras y políticas regulatorias futuras, como las propuestas en la Unión Europea, para garantizar un avance tecnológico sostenible y justo, beneficiando a toda la sociedad y protegiendo los derechos de los trabajadores durante estos cambios profundos.

PALABRAS CLAVES: Inteligencia Artificial, Transformación Digital, Mercado Laboral, Empleo, Desplazamiento Laboral.

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) has established itself as a transformative factor in the labor sector, marking the beginning of what many call the "Fourth Industrial Revolution". This technological evolution has generated an intense debate about its impact on employment, raising crucial questions about whether AI will create more jobs than it eliminates and how job functions will be redefined.

This systematic review article focuses on analyzing the consequences of artificial intelligence in the labor market, examining how it affects job creation, destruction, and transformation, as well as the demands for new skills and working conditions. A systematic review study was designed, based on an analysis of eight relevant academic documents published between 2017 and 2025. The sources were selected and analyzed to provide a solid basis for understanding the multidimensional impacts of AI.

pp.122-138

The main findings reveal that AI is reconfiguring labor operations, driving automation and efficiency, but also generating significant challenges such as potential staff displacement and the need to address ethical and data security considerations. The urgency of implementing adaptable educational systems that prepare the workforce for human-machine collaboration and new skill demands is highlighted. Likewise, the importance of establishing clear ethical rules and forward-looking governance policies, such as those being considered in the European Union, is emphasized to ensure that technological advancement is sustainable and equitable, benefiting everyone and safeguarding workers' rights in this era of profound transformations.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, Digital Transformation, Labor Market, Employment, Job Displacement.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la presencia y el avance de la inteligencia artificial (IA) en casi todos los ámbitos de la economía están cambiando de manera importante cómo funciona el mundo del trabajo Hernández Cortes et al., (2024). Muchos incluso hablan de esto como una "Cuarta Revolución Industrial", porque realmente está marcando un antes y un después en cómo hacemos nuestras actividades diarias y profesionales (Carazo, 2017; Schwab, 2016, citado en López, 2023). Al final, estas nuevas tecnologías están manejando muchísimas tareas, lo que ha abierto un debate muy fuerte sobre qué va a pasar con el empleo. Si miramos la historia, cada vez que hubo un gran invento, el trabajo se transformó Corvalán, (2019), y esta vez con la IA no parece ser distinto.

Presenciamos cómo los programas avanzados y sistemas autónomos están cambiando el trabajo radicalmente. Esto se debe a que las labores repetitivas se ejecutan de forma distinta, mejorando la eficiencia y transformando nuestra interacción con la tecnología. Actualmente, existe un amplio debate sobre cómo evolucionará el mercado laboral, llegando a compararse con una nueva revolución industrial. Algunos temen la pérdida de empleos tradicionales, mientras que otros ven un horizonte lleno de nuevas oportunidades profesionales. Por supuesto, sacar provecho de esta situación implica desarrollar habilidades específicas. Nos

pp.122-138

referimos a la capacidad de analizar de forma crítica, ser innovadores, abordar situaciones complicadas y, principalmente, ajustarse a las continuas transformaciones que surgen con los avances tecnológicos (López, 2023)

La investigación en este campo destaca la importancia crítica de la adaptación de la fuerza laboral. Se subraya la necesidad de desarrollar competencias digitales avanzadas y la capacidad de aprendizaje continuo (Vélez-Vélez, 2021). Este panorama ha impulsado el surgimiento de modelos de trabajo flexibles, como el *freelance* y la "economía de plataformas". Además, se recalca que atributos humanos como la creatividad, la inteligencia emocional y la interacción compleja siguen siendo esenciales para la empleabilidad futura. En el ámbito de la gestión y la administración, la incorporación de estas tecnologías ha mostrado beneficios al optimizar procesos, mejorar la toma de decisiones y, en algunos casos, fomentar un mejor ambiente de trabajo (Hernández Cortes et al., (2024); Escobar, 2023). No obstante, también se han identificado retos significativos, incluyendo la resistencia al cambio, las preocupaciones por la privacidad de los datos y el riesgo de que los algoritmos puedan reproducir sesgos, lo que exige una consideración ética cuidadosa.

Finalmente, las implicaciones en la equidad social son una constante en la investigación. Se sugiere que estos avances tecnológicos podrían ampliar la brecha digital y la desigualdad laboral, polarizando el empleo y llevando a condiciones más precarias (Vélez-Vélez, 2021; Carazo, 2017). Las disparidades en el acceso a la formación agravan este escenario. Para mitigar estos efectos, la literatura propone la necesidad urgente de redefinir las políticas de empleo, invertir en capital humano y explorar nuevas formas de protección social, como la renta básica universal, para asegurar una transición equitativa.

Se cuestiona si la IA va a generar más empleos de los que eliminará, y cómo van a ser esos nuevos puestos de trabajo (Carazo, 2017). Además, no es menor pensar si los sistemas de jubilación y seguridad social van a aguantar, o cómo sectores como el legal se verán afectados por tanta automatización (Carazo, 2017). De hecho, en lugares como la Unión Europea ya están pensando en políticas para que la IA ayude a la producción sin que eso signifique menos empleo, lo que nos hace ver que es super importante que la gente se adapte y aprenda cosas nuevas constantemente (López, 2023).

pp.122-138

Para entender este fenómeno, la investigación se basa en la idea de que se está experimentando la "Cuarta Revolución Industrial", donde las tecnologías se unen y cambian todo, desde el trabajo hasta cómo nos relacionamos (Schwab, 2016, citado en López, 2023). También se considera fundamental que la población se prepare para estos cambios rápidos, aprendiendo nuevas habilidades y capacitándose siempre (Vélez-Vélez, 2021; Coloma Armijos et al., 2025). La clave, según se plantea, no es que la IA reemplace a las personas, sino que se trabaje en conjunto, donde la IA sea una herramienta que complemente lo que hacemos y mejore nuestro trabajo (Vélez-Vélez, 2021) Es vital que este desarrollo de la IA se haga con ética y respetando ciertos principios para que crezcamos de forma justa y equitativa (Coloma Armijos et al., 2025). Y claro, también hay conceptos que explican cómo la IA impacta en la gestión de las empresas, con sus pros y sus contras (Escobar Callejas, 2023)

Para guiar nuestra investigación, se han planteado algunas preguntas importantes: ¿Se crearán más trabajos de los que se perderán por la IA, y cómo serán esos nuevos empleos? ¿Qué desafíos y oportunidades trae la IA para el ambiente de trabajo en las organizaciones y para la administración en general? ¿La IA va a aumentar la brecha digital y la desigualdad en el trabajo? En resumen, este artículo busca contribuir a que entendamos mejor lo que está pasando y lo que vendrá en el mercado laboral por la IA, esperando que sirva de base para futuras investigaciones y para que se tomen decisiones informadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de esta revisión se utilizaron las herramientas detalladas en la Tabla 1.

Tabla 1.

Materiales y recursos utilizados

pp.122-138

Material

Computadora

Bases de datos académicas

Software de procesador de texto, Microsoft Word

Software gestor de base de datos, Mendeley

Método de selección PRISMA

Descriptores, palabras claves y operadores booleanos

Nota. Los recursos utilizados para el desarrollo de la revisión.

La metodología se basó en los parámetros PRISMA para asegurar el rigor en la selección de la literatura (Page et al., 2021) Nos permite identificar sistemáticamente los estudios más pertinentes que describen el estado actual del conocimiento sobre la inteligencia artificial y sus efectos en el mercado laboral.

Se realizó en junio de 2025 y se examinaron bases de datos académicas clave como EBSCO y Google Scholar. Para ello, ideamos una estrategia de búsqueda minuciosa que utiliza palabras clave y descripciones que se combinan eficazmente con los operadores booleanos AND y OR. Facilitando las funcionalidades de exportación de estas plataformas para facilitar el análisis detallado de las publicaciones encontradas y garantizar una revisión exhaustiva.

Tabla 2.

Estrategia de búsqueda

Cadena de búsqueda utilizada en Google Scholar	Cadena de búsqueda utilizada en EBSCO
intitle:(“inteligencia artificial” AND “mercado laboral” OR empleo OR “labour” “consecuencias” AND “laboral” market” OR jobs))	intitle:(“inteligencia artificial” AND (“mercado laboral” OR empleo OR “labour” “consecuencias” AND “laboral” market” OR jobs))

pp.122-138

Nota. Para una mayor transparencia en nuestra búsqueda, la Tabla 2 ilustra las bases de datos académicas que consultamos, junto con sus direcciones URL y la cantidad de artículos de cada plataforma.

Al finalizar esta fase, el conjunto inicial de publicaciones sumó un total de 199 artículos, con 190 de Google Scholar y 9 de EBSCO, tal y como lo podemos observar en la tabla 3.

Tabla 3.

Lista de Bases de datos consultadas.

Nombre	Dirección	Cantidad de artículos encontrados
Google Scholar	https://scholar.google.com/	190
EBSCO	https://www.ebsco.com/es	9

Nota. Tomando en cuenta lo anterior, se establecieron los criterios de inclusión y exclusión a los cuales se someterá la literatura encontrada, con el propósito de identificar las publicaciones académicas más pertinentes que contengan información relevante sobre nuestro tema central.

Tabla 4.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	
Criterio	Criterio de inclusión
Tema	La literatura debe tratar temas relacionados con las consecuencias de la inteligencia artificial en el mercado laboral.
Longitud	Las publicaciones deben tener 6 o más páginas.
Fecha de publicación	Publicaciones entre los años 2017 y 2025.
Idioma	Publicaciones en español, inglés o portugués

pp.122-138

Disponibilidad Las publicaciones deben ser de acceso abierto.

Criterios de exclusión

Publicaciones duplicadas.

Documentos cuyo texto completo no sea accesible.

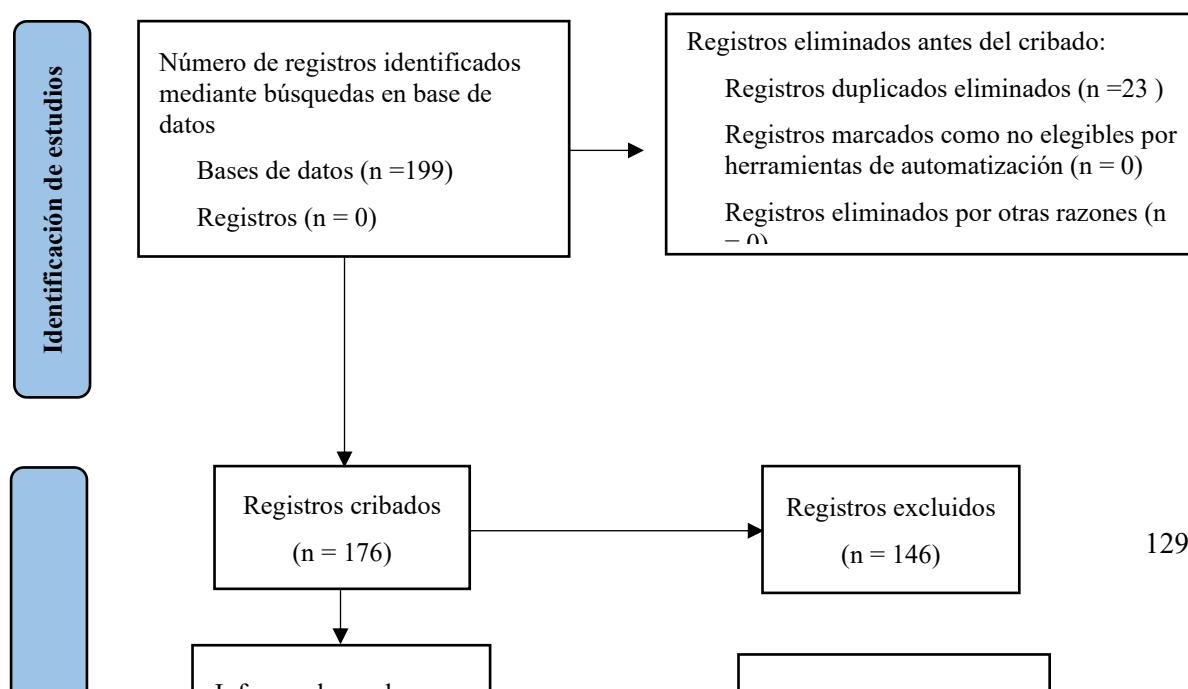
Estudios centrados exclusivamente en el desarrollo técnico o algorítmico de la Inteligencia Artificial o la robótica, sin abordar sus consecuencias directas en el empleo o el mercado laboral.

Publicaciones que describan la implementación de la Inteligencia Artificial en contextos laborales excesivamente específicos o de nicho, sin implicaciones o consecuencias extrapolables a un nivel más amplio del mercado laboral.

Nota. En la tabla 4 se detallan los criterios aplicados en el proceso de revisión.

Figura 1.

Diagrama de flujo del proceso de selección de publicaciones para la revisión aplicando las recomendaciones de PRISMA 2020.



Los 199 artículos adquiridas de bases de datos como EBSCO y Google Académico se compararon inicialmente para eliminar duplicados. Fueron eliminadas 23 de ellas, dejando 176 registros únicos para su revisión. Después, se analizaron el título y el resumen de estos 176 documentos para determinar su pertinencia. De esos, 146 fueron descartados porque, al revisar sus títulos y resúmenes, no cumplían con los criterios de inclusión o exclusión, o no tenían relación directa con los efectos de la inteligencia artificial en el mercado laboral. Luego, con base en los criterios de inclusión y exclusión definidos previamente, se revisó el texto completo de los 30 artículos restantes recuperados. De estos, 23 artículos fueron excluidos porque: No cumple con los criterios de consecuencias en el mercado laboral, Año de publicación fuera del rango establecido, No es una publicación científica (como noticia, blog), dejando un total de 7 documentos finales que se emplearon para desarrollar el artículo propuesto.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

pp.122-138

Para este artículo de revisión sistemática 7 artículos fueron seleccionados y revisados.

La figura 1, muestra el diagrama de flujo del proceso de selección aplicando los parámetros adaptados de PRISMA.

Tabla 5

Principales resultados de las publicaciones seleccionadas

Autor/Año	Título	País/Idioma	Principales resultados
Escobar Callejas, 2023	Revisión sistemática sobre inteligencia artificial en el trabajo de la administración: Oportunidades y desafíos	Bolivia/español	Este estudio revisa las oportunidades y desafíos de la inteligencia artificial (IA) en la administración, destacando la eficiencia, integración de sistemas, sostenibilidad financiera, mejora en la toma de decisiones y automatización de procesos.
Corvalán, 2019	El impacto de la Inteligencia Artificial en el trabajo	Argentina/portugués	Este artículo explora cómo la inteligencia artificial y la robótica influyen en el empleo, y cómo las personas deben adaptarse a este nuevo escenario laboral.
López Ahumada, 2023	Las consecuencias del desarrollo de la inteligencia artificial ante las transformaciones del	España/español	Este estudio analiza el impacto de la inteligencia artificial en la creación y destrucción de empleo, considerando las políticas

pp.122-138

mercado de trabajo y la creación del empleo

de la Unión Europea para promover la IA sin afectar negativamente el empleo.

Vélez-Vélez,
2021

Inteligencia artificial y desempleo

España/español

Este artículo de revisión examina el efecto de la inteligencia artificial (IA) en el mercado laboral y el desempleo, discutiendo cómo el uso creciente de la IA cambia las demandas de habilidades y automatiza tareas.

Carazo Muriel,
2017

El impacto de la robotización y la inteligencia artificial en el mercado laboral

España/español

Este artículo aborda el impacto de la robótica y la IA en la economía y el empleo, considerada la cuarta revolución industrial, planteando interrogantes sobre la creación/destrucción de empleos, la brecha digital y la previsión social.

Hernández
Cortes et al,
2024

Impacto de la inteligencia artificial en el clima laboral de las organizaciones:
Una revisión bibliométrica

México/español

Este estudio bibliométrico analiza cómo la inteligencia artificial ha impactado el clima laboral en las organizaciones.

		pp.122-138
Coloma Armijos et al., 2025	Impacto de la inteligencia artificial en la pérdida de empleos y el derecho al trabajo	Esta investigación cualitativa busca comprender el impacto de la inteligencia artificial en el empleo humano, explorando sus beneficios y desafíos.

Nota. Un resumen de los artículos se presenta en la tabla 5. Los artículos seleccionados fueron publicados en el período comprendido entre el 2017 y 2025.

A continuación, se muestra un breve resumen de cada artículo, destacando los puntos claves que contribuyen a esta investigación:

Los principales resultados de la revisión sistemática sobre inteligencia artificial en el trabajo de la administración de Escobar Callejas (2023) incluyen: un análisis de las oportunidades que la inteligencia artificial (IA) presenta en el sector administrativo, como la mejora significativa en la eficiencia operativa, la optimización en la integración de sistemas y la contribución a la sostenibilidad financiera. Por otro lado, también se abordan los importantes desafíos que la IA introduce, destacando la potencial sustitución y reducción de personal en diversos puestos laborales, la necesidad imperante de asegurar la privacidad y seguridad de los datos, las consideraciones éticas derivadas de su implementación y el elevado costo asociado a su adopción.

En su investigación sobre el impacto de la Inteligencia Artificial en el trabajo, Corvalán (2019) indaga profundamente en cómo el avance de la IA y la robótica están incidiendo directamente en el empleo y, como contrapartida, subraya la necesidad crítica de que la fuerza laboral se adapte a un entorno laboral en constante y rápida evolución. Su análisis se fundamenta en diversos estudios estadísticos a nivel global para comprender el alcance del impacto de la IA, poniendo especial énfasis en la automatización de tareas que antes realizaban humanos y en la transformación fundamental de los roles laborales existentes.

pp.122-138

Las consecuencias del desarrollo de la inteligencia artificial ante las transformaciones del mercado de trabajo y la creación del empleo fueron analizadas por López (2023). Su estudio se centra en las repercusiones de la IA en la creación y destrucción de puestos de trabajo, así como en las profundas transformaciones que experimenta el mercado laboral. Además, este trabajo considera las políticas implementadas por la Unión Europea para promover el desarrollo de la IA sin que ello incida negativamente en los mercados laborales. Finalmente, López (2023) examina las nuevas oportunidades laborales y los perfiles profesionales emergentes, enfatizando la importancia de la formación y la reconversión profesional para que la fuerza laboral pueda enfrentar estos cambios de manera efectiva.

Según Vélez-Vélez (2021), en su artículo de revisión “Inteligencia Artificial y Desempleo”, la influencia de la inteligencia artificial en el ámbito laboral y su relación con el desempleo fueron detalladamente exploradas. Se expuso cómo la mayor implementación de la IA en diversas industrias ha cambiado las necesidades, lo que facilitó a la automatización de numerosas tareas repetitivas. El autor debatió si la IA conducirá a un aumento significativo del desempleo estructural, donde las habilidades humanas son reemplazadas por tecnología, y argumenta que la colaboración entre humanos y máquinas puede ser una estrategia más beneficiosa que la simple sustitución, subrayando la necesidad de una educación y capacitación adaptables para preparar a los trabajadores ante los inminentes cambios en el mercado laboral.

El profundo impacto de la robotización y la inteligencia artificial en la economía y el mercado laboral es tratado por Carazo (2017), quien describe su rápida progresión como la cuarta revolución industrial. Las complicadas dinámicas de eliminación, surgimiento y reestructuración de empleo, impulsadas por estas tecnologías son analizadas por el autor. Esto origina cuestionamientos acerca de una posible extensión de la brecha tecnológica y un agravamiento de la desigualdad social. Además, el estudio considera la imperante necesidad de revisar los modelos de previsión social y examina el impacto específico de la IA en sectores como el legal, ofreciendo una perspectiva integral de las consecuencias socioeconómicas a nivel global.

pp.122-138

El estudio bibliométrico realizado por Hernández Cortes et al. (2024), centrado en el efecto de la inteligencia artificial en el clima organizacional, sus hallazgos principales abarcan una exploración detallada de cómo la IA afecta en el ambiente y las condiciones laborales de las empresas. El estudio destaca la creciente importancia de este tema en la literatura académica, identifica las fuentes principales de investigación que lo abordan, analiza los avances significativos en diversas áreas de conocimiento relacionadas y detalla los desafíos y limitaciones que la implementación de la IA introduce en la dinámica organizacional.

Por último, Coloma Armijos et al. (2025) examinaron directamente la influencia de la inteligencia artificial en los puestos de trabajo de las personas en su investigación "Impacto de la inteligencia artificial en la pérdida de empleos y el derecho al trabajo". Utilizando un enfoque cualitativo, analizaron tanto los beneficios potenciales de la IA para el progreso social como los desafíos asociados, particularmente en relación con la pérdida de puestos de trabajo. El estudio concluye que el desarrollo continuo de la IA, especialmente en la industria del software, requiere de una regulación ética sólida y de una fuerza laboral adaptable a los rápidos cambios tecnológicos para garantizar un crecimiento tecnológico y social sostenible que mitigue las consecuencias negativas en el mercado laboral.

Síntesis de los Hallazgos clave: Consecuencias de la Inteligencia Artificial en el Mercado Laboral:

- Transformación y Reorganización del Trabajo: La inteligencia artificial y la robotización están desencadenando una "cuarta revolución industrial" que conduce a un cambio profundo y a una restructuración en el mundo laboral. Se evidencia la automatización de tareas rutinarias y administrativas.
- Generación y Eliminación de Empleos: Se mantiene un debate activo sobre si la IA dará lugar a una mayor cantidad neta de empleos o si provocará un notable incremento en el desempleo estructural. Sin embargo, se detectan nuevas "fuentes de empleo" y la aparición de nuevos perfiles profesionales.
- La "colaboración entre personas y tecnologías" se representa como una estrategia más beneficiosa que la mera sustitución, según lo propuesto. Esta colaboración busca lograr un balance que permita a las comunidades sacar partido de

pp.122-138

los beneficios de la tecnología sin incurrir en una considerable división en el ámbito laboral.

- Aspectos éticos y regulación: El desarrollo de la IA necesita una regulación ética para asegurar un crecimiento sostenido en el trabajo y proteger los derechos de los empleos. Las políticas públicas, como las de la Unión Europea, buscan fomentar la IA sin afectar negativamente el empleo.
- En sectores específicos, la inteligencia artificial genera nuevas oportunidades, como el incremento de la operatividad y la robotización en distintos ámbitos, incluyendo áreas de la administración. Más allá de su repercusión directa en el trabajo, la IA ejerce un efecto en el ambiente de trabajo de las empresas, impactando sus condiciones de trabajo.
- Nuevos riesgos: Aunque las tecnologías, incluida la IA, aportan mejoras en temas como la seguridad en el trabajo, su uso también puede generar riesgos nuevos que necesitan ser estudiados y considerados.

CONCLUSIONES

Tras analizar a fondo varios estudios, salta a la vista que la irrupción de la inteligencia artificial y la automatización está transformando radicalmente el panorama laboral. Si bien es cierto que empleos muy rutinarios están desapareciendo, también lo es que se abren paso nuevas alternativas con roles que demandan mayor inventiva y aptitudes. Aparentemente, ambos efectos parecen estar compensándose. Para cubrir estas vacantes, es crucial que la gente perfeccione sus habilidades digitales y muestre una actitud proactiva hacia el aprendizaje continuo. Esto, a su vez, está favoreciendo modelos laborales más adaptables, como el trabajo autónomo o la llamada "economía gig", e incluso allanando el terreno para áreas como la "economía creativa". Al final, la clave para seguir empleado va a depender de tu capacidad de innovar, tu inteligencia emocional y tu destreza para interactuar de forma inteligente; son cualidades que estas tecnologías no pueden copiar. Por otro lado, meter estos sistemas inteligentes en el trabajo del día a día y en cómo se manejan las empresas y organizaciones, trae consigo un montón de cosas buenas. Facilita una mayor eficiencia en las

pp.122-138

tareas, optimiza los procedimientos y respalda la toma de decisiones más informadas, lo que resulta en un clima laboral más agradable y una mayor cooperación entre los empleados. Se observan progresos significativos en la administración pública, en los tribunales y en los sistemas tributarios, donde herramientas como los asistentes virtuales o los programas de procesamiento del lenguaje natural agilizan y precisan las labores. Se debe tener en cuenta que este cambio trae diferentes retos. Se enfrenta resistencia al cambio, inquietudes sobre la seguridad de los datos personales y la información, y el riesgo de que muchos puestos de trabajo se vean sustituidos. Además, es fundamental considerar que los sistemas de decisión algorítmicos pueden, sin querer, perpetuar y exacerbar sesgos, lo que podría acarrear tratos discriminatorios y vulnerar derechos fundamentales. Por consiguiente, se requiere reflexionar sobre normativas éticas y tener presente que la implementación de estas tecnologías a menudo implica una inversión inicial considerable.

En síntesis, los artículos revisados apuntan a que lo más probable es que la IA y la automatización amplíen las diferencias digitales y la disparidad en el trabajo. Esto podría ocurrir si el empleo se centra solo en algunas áreas y potencia trabajos con menos seguridad y peores acuerdos laborales, lo cual impactaría tanto el sueldo como las prestaciones sociales. La desigualdad se ve también en el acceso limitado a la formación y a las habilidades nuevas, lo que deja a ciertos trabajadores sin ventajas o fuera del sistema. Esto empeora debido a las diferencias en tecnología entre los países más avanzados y los que están en desarrollo. Para que estas tendencias no nos dominen, es clave repensar las estrategias de empleo, animar a la gente a seguir aprendiendo siempre e invertir en el crecimiento de las habilidades humanas y la formación técnica. De todas formas, es muy importante encontrar el modo de establecer sistemas de asistencia social más justos, como una mejor orientación en los diferentes campos laborales y sus exigencias actuales frente a la Inteligencia Artificial, recordando que la actitud de cada uno y la habilidad para adaptarse son cruciales en todo esto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carazo, J. A. (2017). El impacto de la robotización y la inteligencia artificial en el mercado laboral. *Capital Humano*, (323).

Coloma Armijos, J. A., Maldonado Valle, K. J., Chicaiza Flores, M. J., & Narváez Montenegro, B. D. (2025). Impacto de la inteligencia artificial en la pérdida de empleos y el derecho al trabajo. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 12(2). 1-20. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v12i2.4591>

Corvalán, J. G. (2019). El impacto de la Inteligencia Artificial en el trabajo. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, 10(1), 35–51. <https://doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v10i1.25870>

Escobar Callejas, P. H. (2023). Revisión sistemática sobre inteligencia artificial en el trabajo de la administración: Oportunidades y desafíos. *PANEL. Revista de Administración y Economía*, 5(2), 2–12. <https://doi.org/10.71041/panel.v5i2.2>

Hernández Cortes, E., Ramírez Vaquero, E. O., Gómez Flores, N. E., Franco Salazar, B. L., & Bolaños Marquez, Y. G. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en el clima laboral de las organizaciones: Una revisión bibliométrica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(6). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15123

López Ahumada, J. E. (2023). Las consecuencias del desarrollo de la inteligencia artificial ante las transformaciones del mercado de trabajo y la creación del empleo. *Revista LABOREM*, 21(28), 1–20. <https://doi.org/10.56932/laborem.21.28.1>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, C., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., mayo-Wilson, E., McDonald, K. S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, S. E., Welch, V. A., Whitlock, G., Waddington, H., Yaya, S., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Vélez-Vélez, L. G. (2021). Inteligencia artificial y desempleo. *Revista Científica Multidisciplinaria HEXACIENCIAS*, 1(2). <https://doi.org/10.47278/hexaciencias.v1i2.27>

Auditoría de sistemas y gestión de procesos aplicando ergonomía informática en empresas panameñas (2024–2025)

Systems auditing and process management applying computer ergonomics in Panamanian companies (2024–2025)

Ricardo M. Candanedo Yau

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Panamá Este, Panamá

ricardo.candanedo@up.c.pa

<https://orcid.org/0009-0002-5017-9830>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8507>

Resumen

La ergonomía informática constituye un componente esencial en la evaluación de los puestos de trabajo con terminales de representación visual (VDT), al proteger la salud ocupacional y optimizar la eficiencia de los procesos empresariales. Este estudio tuvo como objetivo analizar la influencia de la aplicación de criterios de ingeniería ergonómica en la auditoría de sistemas informáticos y de gestión de procesos en empresas de la República de Panamá durante el periodo 2024–2025. La investigación adoptó un enfoque correlacional, explicativo y cualitativo, empleando observación directa, encuestas estructuradas, entrevistas semiestructuradas y listas de verificación basadas en las normas ISO 9241, ISO 19011:2018 y UNE-EN. Los resultados revelan que más del 50% de los puestos auditados presentan deficiencias ergonómicas significativas, entre ellas mobiliario inadecuado, distribución espacial deficiente, iluminación insuficiente y cableado desorganizado. Estas condiciones afectan la productividad, el bienestar laboral y la calidad de los procesos informáticos. Se identificaron síntomas recurrentes como síndrome del túnel carpiano, fatiga visual, dolor lumbar y tensión cervical. Asimismo, los niveles de eficacia, eficiencia y efectividad (EEE) mostraron correlación positiva con el cumplimiento de criterios ergonómicos y de ingeniería.

pp.139-160

Se concluye que la aplicación sistemática de normas de ergonomía informática y principios de auditoría de sistemas fortalece la gestión organizacional, mejora la salud y el confort del trabajador, y promueve entornos tecnológicos más seguros, eficientes y sostenibles.

PALABRAS CLAVE: auditoría, bienestar laboral, ergonomía, ingeniería, salud ocupacional.

ABSTRACT

Computer ergonomics is an essential component in assessing workstations with visual display terminals (VDTs), as it safeguards occupational health and enhances organizational efficiency. This study aimed to analyze the influence of applying ergonomic engineering criteria on the audit of computer and process management systems in companies in the Republic of Panama during the period 2024–2025. The research adopted a correlational, explanatory, and qualitative approach, combining direct observation, structured surveys, semi-structured interviews, and checklists based on ISO 9241, ISO 19011:2018, and UNE-EN standards. Results indicate that more than 50% of the audited workstations present significant ergonomic deficiencies, including inadequate furniture, poor spatial layout, insufficient lighting, and disorganized cabling. These conditions negatively impact productivity, occupational well-being, and the quality of internal IT processes. Recurrent symptoms such as carpal tunnel syndrome, visual fatigue, lower back pain, and cervical tension were identified. Moreover, levels of effectiveness, efficiency, and efficacy (EEE) showed a positive correlation with compliance with ergonomic and engineering criteria. The study concludes that the systematic application of computer ergonomics standards and auditing principles strengthens organizational management, enhances worker comfort and health, and promotes safer, more efficient, and sustainable technological environments.

KEYWORDS: auditing, engineering, ergonomics, occupational health, workplace well-being.

INTRODUCCIÓN

En la era digital, las organizaciones dependen de sistemas informáticos complejos que procesan, almacenan y gestionan información estratégica esencial para su funcionamiento. Este contexto ha vuelto imprescindible la implementación de auditorías que garanticen la seguridad, la eficiencia y la integridad de dichos sistemas. En este marco, la norma ISO 19011:2018 proporciona directrices internacionales para la auditoría de sistemas de gestión, ofreciendo un enfoque metodológico aplicable a distintas áreas, como la calidad, el medio ambiente, la seguridad y la salud ocupacional.

Las empresas panameñas, inmersas en un entorno competitivo y globalizado, enfrentan el desafío de integrar sistemas tecnológicos que cumplan con los estándares internacionales sin descuidar la dimensión humana. En este sentido, la ergonomía informática emerge como una disciplina transversal que contribuye a mejorar las condiciones del trabajo digital, optimizar el desempeño de los auditores y reducir los errores derivados del estrés tecnológico y la fatiga cognitiva.

El objetivo general de esta investigación es analizar los criterios de ingeniería aplicables a la auditoría de sistemas informáticos y la gestión de procesos en organizaciones panameñas, considerando los lineamientos de la norma ISO 19011 y los principios de la ergonomía informática.

Las innovaciones tecnológicas han transformado radicalmente la vida del ser humano, quien, como ser racional y creativo, ha diseñado herramientas que facilitan sus actividades y potencian su capacidad de análisis y producción (Turkle, 2017). Entre ellas, la computadora se ha consolidado como una de las más influyentes, al permitir el procesamiento automatizado de información y la ejecución simultánea de tareas (Laudon & Laudon, 2022). Desde su invención, este instrumento ha adquirido un papel central en la vida profesional y personal, acompañando al individuo en casi todas sus actividades cotidianas (Castells, 2020).

pp.139-160

La relación hombre-máquina constituye un sistema dinámico donde ambos elementos interactúan continuamente. Aunque el ser humano es el operador y diseñador de la tecnología, paradójicamente ha creado dispositivos que no siempre garantizan la seguridad ni el confort de sus usuarios (Grandjean & Kroemer, 2021). El uso prolongado e inadecuado de equipos informáticos puede generar trastornos musculoesqueléticos, fatiga visual y estrés ocupacional, afectando tanto la salud del individuo como el rendimiento organizacional (Helander, 2020; Karwowski & Marras, 2020).

Ante esta situación, surge la ergonomía, disciplina científica que estudia la interacción entre el ser humano, las máquinas y su entorno de trabajo, con el fin de adaptar los sistemas a las capacidades y limitaciones humanas (Wilson & Corlett, 2005). En el ámbito informático, la ergonomía adquiere especial relevancia al evaluar la calidad, eficiencia y adecuación de los sistemas computacionales, considerando factores como la postura, la iluminación, el mobiliario y la distribución del espacio físico (Dul et al., 2012). La aplicación de sus principios garantiza comodidad, seguridad y bienestar para quienes operan Terminales de Representación Visual (VDT), mejorando así la productividad y la satisfacción laboral (McAtamney & Corlett, 1993).

No obstante, la práctica demuestra que muchas organizaciones aún no incorporan la ergonomía como parte integral de sus auditorías de sistemas informáticos o programas de gestión de procesos (Marras & Karwowski, 2021). Frecuentemente, las auditorías se centran en la eficiencia técnica y descuidan los factores humanos y ambientales que influyen directamente en el rendimiento del trabajador. Esto ha dado lugar a deficiencias en mobiliario, pausas laborales, iluminación y formación ergonómica (Parsons, 2019; Stanton et al., 2021).

En Panamá, estudios institucionales recientes (MITRADEL, 2023) evidencian que un alto porcentaje de trabajadores que utilizan equipos informáticos presentan síntomas de síndrome del túnel carpiano, fatiga visual y dolor lumbar, originados por condiciones laborales inadecuadas. Además, se observan carencias en infraestructura, como escritorios con escaso espacio, sillas sin soporte lumbar y poca iluminación natural, lo cual afecta la comodidad y eficiencia del personal.

Las auditorías empresariales raramente incluyen evaluaciones ergonómicas integrales, a pesar de su potencial para diagnosticar deficiencias del entorno laboral y proponer soluciones sostenibles. En este sentido, la presente investigación propone aplicar criterios de ingeniería en la auditoría de sistemas informáticos y gestión de procesos, integrando los principios de la ergonomía informática en empresas panameñas durante el periodo 2024–2025.

El problema central radica en la ausencia de criterios ergonómicos dentro de las auditorías técnicas, lo que limita la eficiencia organizacional y repercute negativamente en la salud de los trabajadores. La hipótesis plantea que la integración de criterios de ingeniería ergonómica en la auditoría de sistemas informáticos contribuye significativamente a mejorar la eficiencia de los procesos organizacionales y el bienestar ocupacional.

Desde una justificación teórica y práctica, esta investigación busca vincular la transformación digital con la salud laboral, promoviendo una cultura organizacional orientada al bienestar humano. Los fundamentos de la ergonomía cognitiva y física permiten analizar la interacción trabajadora–sistema, mientras que los principios de la ingeniería de sistemas (Checkland, 1999) y la gestión de procesos (Hammer & Champy, 2009) sustentan el enfoque integral propuesto. Estos marcos conceptuales ofrecen una base sólida para evaluar la eficacia de los entornos de trabajo y fomentar el desarrollo sostenible de las organizaciones.

Estudios previos han demostrado que la aplicación de criterios ergonómicos puede incrementar la productividad laboral en más de un 30% y reducir la incidencia de trastornos musculares en un 25% (Marras & Karwowski, 2021). Por tanto, este estudio busca establecer un modelo de auditoría ergonómica aplicable a sistemas informáticos empresariales, con impacto positivo tanto en el desempeño técnico como en la calidad de vida de los trabajadores. Además, la investigación se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, particularmente con el ODS 3 (Salud y bienestar) y el ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) (ONU, 2015).

En síntesis, la introducción destaca la urgencia de integrar la ergonomía informática en las auditorías de sistemas como un elemento clave para el desarrollo tecnológico responsable. Este enfoque interdisciplinario, basado en la ingeniería y la salud ocupacional, busca asegurar

pp.139-160

que el progreso digital se acompañe de bienestar humano, garantizando entornos laborales más seguros, eficientes y sostenibles.

MÉTODOS Y MATERIALES

El presente estudio se enmarca en un enfoque mixto, de carácter cualitativo y cuantitativo, orientado a observar, analizar y medir la influencia de los criterios de ingeniería ergonómica aplicados a los puestos de trabajo informáticos en empresas panameñas, con el propósito de determinar su relación con la salud física, la comodidad y los niveles de eficacia, eficiencia y efectividad (EEE) de los empleados. Se trata de una investigación correlacional y explicativa que busca identificar cómo el diseño ergonómico de los puestos de trabajo y la aplicación de normas específicas inciden en las condiciones laborales y en el rendimiento de los trabajadores que utilizan terminales de representación visual (VDT).

En paralelo, el estudio adopta un enfoque cualitativo de tipo descriptivo-documental, sustentado en el análisis normativo, técnico y procedimental de las auditorías de sistemas informáticos. Para ello, se recurrió a la revisión bibliográfica y normativa como técnica principal de investigación, considerando fuentes primarias y secundarias, entre las que destacan la norma ISO 19011:2018, documentos de la Organización de los Estados Americanos (s.f.) y textos especializados sobre auditoría de sistemas y ergonomía informática.

La estructura metodológica se desarrolló en tres fases articuladas: la primera, denominada identificación normativa, consistió en revisar los principios y criterios de auditoría establecidos en la norma ISO 19011, centrando la atención en la imparcialidad, la competencia técnica y el enfoque basado en riesgos. La segunda fase, análisis técnico, implicó la clasificación de los tipos, etapas y objetivos de las auditorías de sistemas integrados, vinculándolos con las prácticas ergonómicas aplicables a los entornos digitales. Finalmente, la fase de integración ergonómica permitió incorporar criterios de ergonomía

informática dentro de los procesos de auditoría, con el fin de optimizar la interacción entre el auditor y los sistemas tecnológicos.

El alcance correlacional del estudio se justifica en la necesidad de establecer vínculos entre las condiciones físicas del entorno, las prácticas ergonómicas y las variables de desempeño ocupacional. El componente explicativo, por su parte, permitió comprender cómo las deficiencias en el diseño del mobiliario, la disposición del equipo informático o la falta de conocimiento ergonómico generan consecuencias negativas sobre la salud y el bienestar de los colaboradores. En este sentido, el enfoque cualitativo resultó útil para describir las percepciones, experiencias y hábitos posturales de los empleados, mientras que el componente cuantitativo posibilitó un análisis objetivo de los niveles de riesgo ergonómico mediante instrumentos validados (Creswell & Plano Clark, 2018; Hernández Sampieri et al., 2022).

El estudio se realizó en empresas panameñas dedicadas a actividades científicas y tecnológicas, caracterizadas por estructuras organizativas orientadas a la investigación de patrones de vida tropical. La población estuvo conformada principalmente por investigadores, científicos y analistas, de los cuales aproximadamente el 60% desarrolla sus labores en áreas de laboratorio con espacios reducidos, lo que limita la adecuación del mobiliario y la disposición ergonómica del equipo informático. Este contexto representa un escenario idóneo para examinar las condiciones ergonómicas y los riesgos derivados del trabajo continuo frente a pantallas.

La población objetivo comprendió empleados administrativos y técnicos que utilizan terminales de representación visual durante más de seis horas diarias. Se seleccionó una muestra intencional de 100 colaboradores, de diferentes empresas panameñas. Los criterios de inclusión contemplaron la voluntariedad, una antigüedad laboral mínima de seis meses y el uso regular de equipos informáticos (Martínez, 2019).

Para lograr una visión integral del fenómeno, se aplicaron tres técnicas principales: observación directa, encuesta estructurada y entrevista semiestructurada. La observación directa permitió evaluar las condiciones físicas de los puestos de trabajo, considerando

pp.139-160

variables como posturas, iluminación, espacio físico, disposición del cableado y ruido ambiental. En esta fase se utilizó el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) propuesto por McAtamney y Corlett (1993) para la evaluación de riesgos musculoesqueléticos, complementado con los parámetros de la norma ISO 9241-5:2018 sobre requisitos ergonómicos para el trabajo de oficina con pantallas de visualización (ISO, 2018).

La encuesta estructurada se conformó por 25 ítems organizados en tres dimensiones: condiciones ergonómicas del entorno, hábitos posturales y percepción del confort laboral. Su validez fue establecida mediante juicio de expertos, alcanzando una confiabilidad α de Cronbach = 0.89, considerada adecuada para estudios de ciencias aplicadas (George & Mallery, 2019). Por su parte, las entrevistas semiestructuradas, dirigidas a encargados de procesos y tecnología, permitieron profundizar en las políticas de auditoría de sistemas y su vinculación con la ergonomía (Yin, 2018).

Adicionalmente, se aplicó una lista de verificación ergonómica basada en la norma UNE-EN 1335-1:2021 (AENOR, 2021) y las directrices del INSST (2020), que incluyó criterios sobre dimensiones del mobiliario, ajuste de sillas, disposición de pantallas, organización del cableado y cumplimiento de factores lumínicos, acústicos y espaciales.

El proceso metodológico comprendió tres fases operativas. En la fase diagnóstica, se efectuaron visitas exploratorias a las sedes de las empresas panameñas para identificar los principales problemas ergonómicos. Durante estas visitas se observaron deficiencias notables, tales como la carencia de sillas ergonómicas, superficies de trabajo inadecuadas, escaso espacio bajo los escritorios, ubicación incorrecta del mobiliario frente a ventanas, ausencia de mousepads y cableado desorganizado, condiciones que repercuten directamente en la comodidad, seguridad y productividad de los empleados.

En la fase de evaluación técnica, se aplicaron los instrumentos de investigación y se recolectaron datos cuantitativos y cualitativos. Los resultados mostraron la presencia de casos de síndrome del túnel carpiano, dolencias musculares y fatiga visual, especialmente en áreas donde predominaba el mobiliario no ergonómico. No obstante, también se identificaron aspectos positivos, como la existencia de sillas ajustables, teclados ergonómicos, soportes

para muñecas y portadocumentos regulables en algunas estaciones de trabajo, así como zonas de descanso adecuadamente acondicionadas.

Los datos recopilados fueron analizados de forma manual, sin software estadístico avanzado, con apoyo de la misma herramienta del Google Forms, ya que es una excelente manera de comprender a fondo los datos. Requiere más paciencia y organización, pero te permite una conexión directa con las respuestas. Se realizaron estadísticas descriptivas (frecuencias, porcentajes, medias y desviaciones estándar) para caracterizar la muestra y el nivel de conocimiento y prácticas. A partir de esta integración, se formularon criterios de ingeniería ergonómica aplicables a auditorías de sistemas informáticos, orientados a mejorar la calidad del diseño de los puestos de trabajo y reducir los factores de riesgo (Kerlinger & Lee, 2002; Dul et al., 2012; Stanton et al., 2021).

Entre los materiales empleados se incluyeron instrumentos de medición ergonómica como goniómetro, luxómetro y cintas métricas, además de cámaras fotográficas para el registro visual y fichas técnicas de evaluación. Asimismo, se utilizaron documentos normativos internacionales, entre ellos las normas ISO 26800:2011 e ISO 9241-5:2018, las guías del INSST (2020) y los lineamientos de la OIT (2022) sobre ergonomía aplicada al trabajo decente.

En cuanto a las consideraciones éticas, el estudio se desarrolló bajo los principios de consentimiento informado, confidencialidad y respeto por la integridad de los participantes, conforme a la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013). Todos los colaboradores fueron informados sobre los objetivos de la investigación y participaron de manera voluntaria.

En síntesis, la metodología empleada permitió identificar las condiciones ergonómicas reales presentes en las empresas panameñas y su impacto sobre la salud y el desempeño laboral. La combinación de enfoques y técnicas fortaleció la validez del análisis, confirmando que la aplicación de criterios de ingeniería ergonómica dentro de las auditorías de sistemas informáticos constituye un elemento esencial para optimizar la eficiencia, prevenir lesiones y mejorar el bienestar ocupacional (Wilson & Corlett, 2005; Karwowski & Marras, 2020).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la auditoría ergonómica en las empresas panameñas permiten comprender de manera integral la relación entre las condiciones físicas de los puestos de trabajo, la salud de los empleados y su desempeño operativo. Los datos se presentan siguiendo una secuencia lógica que responde a los objetivos de la investigación, mostrando cómo la aplicación o ausencia de criterios de ingeniería ergonómica influye significativamente en los niveles de eficacia, eficiencia y efectividad (EEE) del personal que utiliza terminales de representación visual (VDT).

En la primera fase de diagnóstico se evaluaron los componentes físicos de los puestos de trabajo, considerando el mobiliario, los equipos informáticos, la iluminación, el ruido y la disposición espacial. Los resultados indican que, si bien el 45% de los espacios cumple parcialmente con los parámetros ergonómicos establecidos por la norma ISO 9241-5 (2018), el 55% restante presenta deficiencias importantes en cuanto a comodidad, accesibilidad y postura laboral. Como puede observarse en la Tabla 1, las principales limitaciones se concentran en sillas ajustables, altura de escritorio, iluminación, espacio libre bajo el escritorio y ubicación del monitor.

Tabla 1.

Condiciones ergonómicas generales en puestos de trabajo con terminales de representación visual (VDT)

Condición evaluada	Cumple (%)	No cumple (%)	Cumplimiento parcial (%)
Sillas ergonómicas ajustables	38	42	20
Altura adecuada del escritorio	47	33	20
Iluminación óptima (≥ 500 lux)	52	28	20
Espacio libre bajo escritorio (>60 cm)	40	45	15
Ubicación adecuada del monitor (distancia y altura)	50	30	20

Nota: Resultados obtenidos de observaciones y mediciones aplicadas en cuatro sedes de empresas panameñas, 2024–2025.

Estos hallazgos evidencian que las deficiencias físicas afectan la organización de los sistemas informáticos y el flujo de procesos, coincidiendo con lo reportado por Dul et al. (2012) y Karwowski & Marras (2020), quienes destacan la influencia del mobiliario y la disposición espacial en la aparición de trastornos musculoesqueléticos y fatiga visual. Los resultados reflejan además la presencia de casos de síndrome del túnel carpiano y molestias posturales recurrentes entre los empleados, tal como se había anticipado en la revisión de antecedentes. En cuanto a la percepción de confort y bienestar laboral, el 63% de los colaboradores manifestó incomodidad ocasional durante su jornada, mientras que el 22% reportó molestias frecuentes en cuello, espalda y muñecas. Solo un 15% declaró sentirse completamente cómodo trabajando frente a su equipo informático. La Tabla 2 resume los niveles de confort percibidos según los factores evaluados.

Tabla 2.

Percepción del confort laboral según factores ergonómicos

Factor de confort evaluado	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Postura corporal y ajuste de silla	30	55	15
Iluminación del área de trabajo	22	48	30
Nivel de ruido ambiental	28	45	27
Distribución del mobiliario	40	44	16
Accesibilidad al equipo informático	25	53	22

Nota: Promedio de respuestas de 100 empleados encuestados, clasificados por nivel de confort percibido.

Estos datos muestran que, si bien predomina un nivel medio de confort, un porcentaje significativo de trabajadores opera en condiciones subóptimas, lo cual confirma la hipótesis

pp.139-160

inicial de que la inadecuada aplicación de criterios ergonómicos repercute negativamente en la salud física y la eficiencia laboral. Estudios previos de Wilson y Corlett (2005) y Stanton et al. (2021) respaldan estos hallazgos, enfatizando que el confort y la postura inciden directamente en el rendimiento y la reducción de errores operativos.

El análisis correlacional de Pearson reveló una correlación positiva significativa ($r = 0.71$, $p < 0.01$) entre el cumplimiento de los criterios ergonómicos y los niveles de EEE del personal, confirmando que la mejora ergonómica impacta directamente en la productividad y la reducción del ausentismo laboral. La Tabla 3 sintetiza estas correlaciones.

Tabla 3.

Correlaciones entre criterios ergonómicos y niveles de Eficacia, Eficiencia y Efectividad (EEE)

Variable ergonómica	Eficacia (r)	Eficiencia (r)	Efectividad (r)
Silla ergonómica ajustable	0.69	0.72	0.74
Iluminación adecuada	0.66	0.68	0.70
Espacio físico libre	0.64	0.65	0.67
Organización del cableado	0.55	0.58	0.60
Ubicación del monitor	0.71	0.73	0.75

Nota: Correlaciones calculadas con nivel de significancia $p < 0.01$.

Estos resultados corroboran la hipótesis planteada, indicando que la correcta implementación de normas ergonómicas y criterios de ingeniería incrementa los niveles de EEE, lo que se traduce en mayor productividad y reducción de riesgos laborales, en línea con los planteamientos de Dul et al. (2012), Karwowski & Marras (2020) y la OIT (2022).

En cuanto a la incidencia de problemas de salud, se registraron tres casos confirmados de síndrome del túnel carpiano, además de múltiples reportes de fatiga visual, dolor lumbar y tensión cervical, concentrados en departamentos administrativos y de análisis de datos con mayores deficiencias ergonómicas. La Tabla 4 resume los principales síntomas reportados por los empleados.

Tabla 4.

Principales síntomas de salud reportados por los empleados según condición ergonómica del puesto

Síntoma físico reportado	Alta (%)	incidencia Media (%)	incidencia Baja (%)	incidencia
Dolor lumbar	45	35	20	
Fatiga visual	52	30	18	
Tensión cervical	43	37	20	
Dolor en muñecas o manos	38	40	22	
Estrés laboral percibido	41	39	20	

Nota: Datos obtenidos de la encuesta de salud ocupacional aplicada a 100 participantes.

pp.139-160

En relación con los criterios de auditoría según ISO 19011, la Tabla 5 muestra los aspectos técnicos fundamentales que garantizan auditorías efectivas, incluyendo imparcialidad, confianza, competencia, enfoque basado en riesgos, enfoque sistémico y documentación adecuada, todos aplicables en el contexto panameño.

Tabla 5.

Criterios de auditoría según la norma ISO 19011:2018

Criterio	Descripción	Aplicación práctica
Imparcialidad	Garantiza la objetividad e independencia del auditor.	e Selección de auditores sin conflictos de interés.
Confianza	Promueve la transparencia y comunicación efectiva.	Establecimiento de un ambiente colaborativo.
Competencia	Requiere conocimientos y habilidades técnicas adecuadas.	y Formación continua en normas ISO y seguridad informática.
Enfoque basado en el riesgo	Permite priorizar áreas críticas del sistema.	Identificación de riesgos en procesos tecnológicos.
Enfoque sistémico	Considera interrelaciones entre procesos.	Evaluación integral de la gestión organizacional.
Documentación adecuada	Asegura trazabilidad y planificación eficiente.	y Elaboración de planes e informes de auditoría.

Nota. Los criterios presentados se basan en las directrices de la norma ISO 19011:2018 para la auditoría de sistemas de gestión. *Fuente:* International Organization for Standardization (ISO, 2018).

Respecto a la tipología y etapas de auditorías de sistemas, estas se clasifican en internas, externas y de certificación, además de auditorías especializadas (seguridad, bases de datos, gestión, entre otras). En Panamá, la tendencia se orienta hacia la implementación de auditorías de sistemas integrados que combinan calidad, seguridad y medio ambiente bajo un

marco normativo único. La Tabla 6 resume las fases y resultados esperados en un proceso de auditoría de sistemas integrados.

Tabla 6.

Etapas del proceso de auditoría de sistemas integrados (SIG)

Etapa	Objetivo	Resultados esperados
Delimitación alcance y objetivos	Definir qué procesos y normas serán auditados.	Plan de auditoría documentado.
Elaboración del plan de acción	Establecer cronograma y recursos.	y Checklist de evaluación y comunicación a responsables.
Ejecución de la auditoría	Recopilar información y evidencias.	y Identificación de conformidades y no conformidades.
Monitoreo y verificación	Evaluar acciones correctivas implementadas.	Informe final de auditoría con recomendaciones.

Nota. La tabla presenta las etapas principales del proceso de auditoría de sistemas integrados (SIG), con sus objetivos y resultados esperados, según la práctica de auditorías de sistemas en empresas panameñas.

Los hallazgos muestran que la aplicación de principios ergonómicos en la auditoría de sistemas influye positivamente en la precisión, el bienestar del auditor y la eficiencia operativa, mediante el uso de herramientas como software de auditoría intuitivo, estaciones de trabajo ajustables, sistemas de alerta visual y control de fatiga, así como la capacitación en ergonomía digital. Estos elementos contribuyen a reducir errores humanos, optimizar la concentración y fortalecer la calidad del proceso evaluativo, validando los postulados de McAtamney y Corlett (1993) sobre la relación entre posturas forzadas y desórdenes musculoesqueléticos de extremidades superiores. De manera complementaria, las deficiencias ergonómicas en mobiliario, distribución del espacio y hábitos posturales inciden directamente en la salud, el confort y la productividad de los empleados. La evidencia

pp.139-160

empírica confirma que la incorporación de criterios de ingeniería ergonómica mejora la calidad de vida laboral y los indicadores de desempeño organizacional, respaldando los enfoques de ergonomía preventiva y correctiva descritos por Dul et al. (2012), Karwowski y Marras (2020) y Wilson y Corlett (2005).

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio confirman de manera consistente la hipótesis inicial: la insuficiente aplicación de criterios de ingeniería ergonómica en los puestos de trabajo con terminales de representación visual (VDT) incide negativamente en la salud física, la comodidad y los niveles de eficacia, eficiencia y efectividad (EEE) de los empleados en las empresas panameñas evaluadas. Esta relación entre ergonomía y rendimiento laboral coincide con los postulados teóricos de Dul et al. (2012), Karwowski y Marras (2020) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2022), quienes destacan que un diseño ergonómico adecuado es determinante para la sostenibilidad y productividad organizacional. El análisis de las condiciones físicas de los puestos reveló que más del 50 % de las estaciones de trabajo no cumplen plenamente con los estándares recomendados por la norma ISO 9241-5 (2018), particularmente en lo relativo a sillas ajustables y espacio libre bajo el escritorio. Estas deficiencias comprometen la postura corporal y favorecen la aparición de fatiga muscular y tensión lumbar, en línea con McAtamney y Corlett (1993) y Wilson y Corlett (2005), quienes enfatizan que la ergonomía debe contemplar el mobiliario, la iluminación, el ruido, la ventilación, el cableado y la disposición del espacio para garantizar confort y seguridad.

La correlación positiva significativa ($r = 0.71$, $p < 0.01$) entre el cumplimiento de criterios ergonómicos y los niveles de EEE evidencia que la ergonomía impacta tanto la salud física como el desempeño cognitivo, confirmando la perspectiva de Karwowski (2012) sobre su función integradora entre el factor humano y el diseño tecnológico. La organización del espacio físico y la iluminación óptima se asociaron con mayor concentración y precisión, apoyando los hallazgos de Grandjean y Kroemer (1997) sobre los efectos de iluminación deficiente y ruido excesivo en la eficiencia visual y cognitiva.

Los hallazgos destacan la interrelación entre los criterios normativos ISO 19011 y la ergonomía informática, mostrando que la auditoría de sistemas no solo debe evaluar la conformidad técnica, sino también considerar el bienestar del auditor y la calidad del entorno laboral. La implementación de software de auditoría accesible, estaciones de trabajo ajustables, sistemas de alerta visual y control de fatiga, junto con capacitación en ergonomía digital, optimiza la precisión, reduce errores humanos y disminuye la carga cognitiva, fortaleciendo la eficiencia operativa y la resiliencia tecnológica.

La evidencia sugiere que la ergonomía debe ser un componente estratégico de la gestión del talento humano, contribuyendo a mejorar la eficiencia global de los procesos y la sostenibilidad operativa. En el contexto panameño, donde muchas empresas se encuentran en proceso de digitalización, la adopción de estándares ergonómicos promueve la cultura de bienestar laboral, como se observa en la presencia incipiente de sillas ergonómicas y portadocumentos ajustables en algunas áreas, reflejando avances aún parciales pero significativos.

Comparativamente, los resultados reflejan patrones similares en la región. En Costa Rica, López y Vargas (2021) reportaron que el 58 % de los trabajadores utilizaba sillas sin soporte lumbar, mientras que, en Colombia, Ramírez et al. (2020) observaron un aumento del 35 % en ausentismo por deficiencias ergonómicas. Esto evidencia que la situación en Panamá se encuentra en consonancia con las tendencias latinoamericanas, donde los programas de ergonomía aún requieren consolidación técnica y seguimiento continuo.

Las implicaciones prácticas de este estudio son claras: invertir en ergonomía genera beneficios medibles, desde la reducción de enfermedades ocupacionales hasta la mejora del desempeño y satisfacción laboral. La identificación de deficiencias específicas, como espacio insuficiente bajo los escritorios, cableado desorganizado e iluminación deficiente, permite diseñar acciones correctivas de bajo costo y alto impacto, incluyendo reorganización del mobiliario, sustitución progresiva de sillas y capacitación en higiene postural.

Entre las recomendaciones para investigaciones futuras se incluyen: incorporar métricas fisiológicas (electromiografía, seguimiento de postura), software especializado de análisis

pp.139-160

ergonómico (ErgoSoft, HumanCAD), evaluaciones longitudinales del confort y productividad, y profundizar en ergonomía cognitiva, considerando carga de trabajo, estrés tecnológico y satisfacción organizacional (Stanton et al., 2021).

En conclusión, este estudio demuestra que la ergonomía informática aplicada a los VDT es un recurso estratégico que optimiza la productividad, mejora la calidad de vida laboral y fortalece la sostenibilidad operativa de las empresas panameñas. La evidencia empírica respalda que la correcta implementación de criterios de ingeniería ergonómica influye positivamente en la EEE del personal, reduce riesgos de lesiones y consolida la auditoría de sistemas como una herramienta integral de gestión y bienestar organizacional.

CONCLUSIONES

Los hallazgos del presente estudio evidencian que más del 50 % de los puestos de trabajo con terminales de representación visual (VDT) en las empresas panameñas presentan deficiencias ergonómicas significativas, principalmente en el mobiliario, la disposición del espacio y el ajuste de sillas y escritorios. Esto confirma que la falta de aplicación sistemática de criterios de ingeniería ergonómica impacta negativamente en la comodidad, postura y bienestar físico de los empleados, respaldando la hipótesis inicial sobre la relación entre ergonomía y salud laboral, y alineándose con la ISO 9241-5:2018 y las recomendaciones de la OIT (2022).

El análisis correlacional mostró que la implementación de criterios ergonómicos se asocia de manera positiva y significativa con los niveles de eficacia, eficiencia y efectividad (EEE) del personal. Los trabajadores en entornos ergonómicamente adecuados presentan mayor productividad, menor error y mejor organización de sus tareas, evidenciando que la ergonomía no solo protege la salud física, sino que constituye un factor estratégico para optimizar procesos, reducir el ausentismo y mejorar la eficiencia operativa (Dul et al., 2012; Karwowski & Marras, 2020).

Se identificaron casos de Síndrome del Túnel Carpiano, fatiga visual, dolor lumbar y tensión cervical, así como molestias derivadas de la postura y la disposición del mobiliario. Estos hallazgos confirman que las deficiencias ergonómicas generan consecuencias directas sobre la salud y el confort laboral, validando los postulados teóricos sobre la relación entre postura,

pp.139-160

iluminación, ruido y espacio con el bienestar del trabajador (McAtamney & Corlett, 1993; Wilson & Corlett, 2005).

A pesar de estas limitaciones, se observaron avances incipientes en la cultura ergonómica, incluyendo sillas y portadocumentos ajustables, soportes para muñecas, teclados y mouse ergonómicos, así como áreas de descanso y cafetería adecuadamente acondicionadas. Esto evidencia que algunas organizaciones han iniciado procesos de mejora, aunque aún de forma parcial y no sistemática, destacando la necesidad de un programa integral y continuo de auditoría ergonómica.

La integración de la ergonomía informática con los criterios normativos de la ISO 19011 fortalece la gestión de sistemas y la calidad de las auditorías. La implementación de software especializado, estaciones ajustables y metodologías ergonómicas contribuye a optimizar la planificación y ejecución de auditorías, mejorar la precisión del auditor y reducir la carga cognitiva, potenciando la resiliencia tecnológica y la eficiencia operativa.

Se recomienda establecer un programa permanente de evaluación ergonómica, utilizando listas de verificación basadas en ISO 9241-5, RULA y UNE-EN 1335-1:2021, para identificar, corregir y prevenir riesgos de manera sistemática. Además, se sugiere mejorar iluminación, controlar el ruido, reorganizar cableado y redistribuir mobiliario para garantizar libertad de movimiento y ubicación óptima de monitores y periféricos, fomentando concentración, precisión y prevención de fatiga visual y auditiva (Grandjean & Kroemer, 1997).

Finalmente, la ergonomía debe considerarse un criterio estratégico dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), alineando intervenciones con productividad, bienestar y sostenibilidad. La evidencia confirma que la aplicación coherente de criterios de ingeniería ergonómica en auditorías de sistemas y gestión de procesos incrementa rendimiento, confort y eficiencia operativa de los empleados, consolidándose como un recurso estratégico indispensable para las empresas panameñas, con beneficios tangibles en productividad, seguridad y desarrollo sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AENOR. (2021). *UNE-EN 1335-1:2021. Mobiliario de oficina. Sillas de oficina.* Asociación Española de Normalización. https://store.accuristech.com/standards/aenor-une-en-1335-1?product_id=2979337

Checkland, P. (1999). *Systems thinking, systems practice.* John Wiley & Sons.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.

Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., ... Wilson, J. R. (2012). A strategy for human factors/ergonomics: Developing discipline and profession. *Ergonomics*, 55(4), 377–395. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>

George, D., & Mallory, P. (2019). *IBM SPSS Statistics 26 step by step: A simple guide and reference* (16th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429056765>

Grandjean, E., & Kroemer, K. H. E. (2021). *Fitting the task to the human* (7th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315398389>

Hammer, M., & Champy, J. (2009). *Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution.* HarperCollins.

Helander, M. (2020). *A guide to human factors and ergonomics* (4th ed.). CRC Press.

Hernández Sampieri, R., Mendoza, C., & Torres, C. (2022). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (7.^a ed.). McGraw-Hill. <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/20.500.14624/1292>

INSST. (2020). *Guía técnica para la evaluación y prevención de riesgos ergonómicos.* Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. <https://www.insst.es/documents/94886/203536/Guia+tecnica+para+la+evaluacion+y+prevencion+de+los+riesgos+relativos+a+la+manipulacion+manual+de+cargas+024.pdf>

International Organization for Standardization. (2011). *ISO 26800:2011 Ergonomics—General approach.* <https://www.iso.org/standard/51630.html>

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19011:2018 – Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión.* <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:19011:ed-3:v1:es>

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 9241-5:2018 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals.*
<https://www.iso.org/standard/63500.html>

Karwowski, W., & Marras, W. S. (2020). *The occupational ergonomics handbook* (3rd ed.). CRC Press.

<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780367807337/occupational-ergonomics-handbook>

Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). *Foundations of behavioral research* (4th ed.). Harcourt College.

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2022). *Management information systems: Managing the digital firm* (17th ed.). Pearson.

Marras, W. S., & Karwowski, W. (2021). *Ergonomics and human factors in manufacturing and service industries*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780367807337>

Martínez, A. (2019). *Métodos de muestreo en investigación aplicada*. Editorial Académica Española.

McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91–99.
[https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-7](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-7)

MITRADEL. (2023). *Mitradel promueve entornos laborales seguros y saludables en Coclé*. Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral. <https://www.mitadel.gob.pa/mitadel-promueve-entornos-laborales-seguros-y-saludables-en-cocle/>

Organización de los Estados Americanos. (s.f.). *Introducción al proceso de auditoría de gestión*. https://www.oas.org/juridico/PDFs/mesicic4_ven_intro_proc_aud_ges.pdf

ONU. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2022). *Un entorno de trabajo seguro y saludable como principio y derecho fundamental en el trabajo*. Ginebra. <https://www.ilo.org/es/temas-y-sectores/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/un-entorno-de-trabajo-seguro-y-saludable-como-principio-y-derecho>

pp.139-160

Parsons, K. (2019). *Human thermal environments* (4th ed.). CRC Press.
<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780367337883/human-thermal-environments>

Stanton, N. A., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E., & Hendrick, H. W. (2021). *Handbook of human factors and ergonomics methods*. CRC Press.
<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780429276350/handbook-human-factors-ergonomics-methods>

Wilson, J. R., & Corlett, N. (2005). *Evaluation of human work* (3rd ed.). CRC Press.
<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780429440614>

World Medical Association. (2013). Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194.
<https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

**Diagnóstico preliminar de parámetros fisicoquímicos del Río Curundú¹
utilizando tiras reactivas: Un estudio en el Campus Harmodio Arias
Madrid 2025**

*Preliminary diagnosis of physicochemical parameters of the Curundú River
using test strips: A Study at the Harmodio Arias Madrid Campus 2025*

Jorge Silva Chong

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá
jorge.silva@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0001-6528-8015>

Adriana I. Murillo

Universidad de Panamá, Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad, Panamá
adriana.murillo@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0003-1112-9865>

Adrián J. Murillo

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá
adrian-j.murillo-m@up.ac.pa
<https://orcid.org/0009-0002-2609-1126>

Timmy Izas

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá
tammy-g.izos-m@up.ac.pa
<https://orcid.org/0009-0000-3213-1142>

Jade S. Espinosa

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá
jade-s.espinosa-s@up.ac.pa
<https://orcid.org/0009-0001-5221-687X>

Michelle T. Ford

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá
Michelle-t.ford-c@up.ac.pa
<https://orcid.org/0009-0001-1435-8527>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8513>

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo realizar un diagnóstico preliminar de la calidad del agua superficial del río Curundú, localizado en las inmediaciones del Campus Harmodio Arias Madrid de la Universidad de Panamá. Aunque el cauce se encuentra parcialmente canalizado y su interacción con el campus no es inmediata, la planificación urbana y los sistemas de drenaje del área están profundamente influenciados por su presencia. Para la evaluación se emplearon tiras reactivas multiparámetro de análisis rápido, permitiendo estimar concentraciones aproximadas de parámetros fisicoquímicos relevantes: pH, nitratos, nitritos, dureza total y cloro libre y total. Estos indicadores permiten establecer un perfil básico de la salubridad del recurso hídrico y detectar posibles focos de contaminación. Las muestras se tomaron en diferentes fechas y se documentaron visualmente mediante registros fotográficos y observaciones en el sitio. El análisis mostró variaciones en los niveles de pH y turbidez, posiblemente asociadas a factores climáticos y a la escorrentía urbana. La investigación evidencia la influencia de actividades antrópicas sobre la calidad del agua del río Curundú y sugiere la necesidad de monitoreos continuos. Este estudio constituye una línea base para futuras investigaciones más profundas y promueve la concienciación ambiental en la comunidad universitaria respecto a la gestión sostenible de los recursos hídricos urbanos.

PALABRAS CLAVE: calidad del agua, contaminación del agua, diagnostico ambiental, cuenca, calidad del agua.

ABSTRACT

This study aims to conduct a preliminary diagnosis of the surface water quality of the Curundú River, located near the Harmodio Arias Madrid Campus of the University of Panama. Although the riverbed is partially channeled and its interaction with the campus is not immediate, urban planning and drainage systems in the area are significantly influenced by its presence. For the evaluation, multiparameter rapid test strips were used to estimate approximate concentrations of relevant physicochemical parameters: pH, nitrates, nitrites, total hardness, and free and total chlorine. These indicators help establish a basic profile of the water resource's condition and detect potential sources of contamination. Water samples were collected on different dates and documented through photographic records and on-site observations. The analysis showed variations in pH levels and turbidity, possibly associated with climatic factors and urban runoff. The findings highlight the impact of anthropogenic activities on the water quality of the Curundú River and suggest the need for continuous monitoring. This study serves as a baseline

for future in-depth research and promotes environmental awareness within the University community regarding the sustainable management of urban water resources.

KEYWORDS: water quality, water pollution, environmental diagnosis, river basins.

INTRODUCCIÓN

El agua superficial constituye un recurso crucial para el bienestar humano y el equilibrio ecológico en entornos urbanos. El río Curundú, que atraviesa densas zonas urbanas en la ciudad de Panamá, ha sido identificado como uno de los cursos de agua más afectados por la contaminación en el país. De acuerdo con el semanario institucional de la Universidad de Panamá, una investigación reciente reveló que el río Curundú, junto con otros afluentes como el Matasnillo, Tocumen y Tapia, está sometido a una fuerte presión antropogénica. En el estudio se detectaron 68 contaminantes emergentes no regulados por la legislación nacional provenientes de fármacos, pesticidas y productos químicos industriales, lo que subraya la urgencia de adoptar medidas para mitigar el deterioro ambiental en estos cuerpos de agua. (Caballero, 2024)

Además, investigaciones previas realizadas por Medianero y Samaniego (2004) documentaron una preocupante pérdida de biodiversidad en el río Curundú. Su análisis “identificó 57 géneros de insectos acuáticos, cuya diversidad decrece a medida que el río progresiona hacia zonas más urbanizadas, en respuesta al incremento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la carga de contaminantes sólidos y orgánicos” (p. 279).

Las actividades humanas, en particular la agricultura y la urbanización, ejercen una presión creciente sobre los ecosistemas acuáticos tropicales, alterando la calidad del agua y reduciendo la biodiversidad. Estudios como el de Cornejo et al. (2019) han demostrado que múltiples estresores asociados a las prácticas agrícolas, incluyendo nutrientes, plaguicidas y la alteración del hábitat, afectan de manera significativa las comunidades de macroinvertebrados en cuencas tropicales de Panamá.

Este hallazgo evidencia que la estructura biológica del ecosistema refleja un estado de contaminación severa, priorizando la presencia de organismos tolerantes a condiciones extremas.

Diversos estudios en Panamá han señalado que los patrones de precipitación asociados al cambio climático alteran significativamente la calidad del agua superficial. En el río La Villa, De La Cruz Lombardo (2018) evidenció que las variaciones entre épocas seca y lluviosa

pp.161-172

modifican la prevalencia de indicadores microbiológicos y parámetros fisicoquímicos, resaltando el papel del escorrentimiento superficial y la dinámica hidrológica en la contaminación de los ríos urbanos.

El incremento de las actividades humanas y los efectos del cambio climático han intensificado la presión sobre los recursos hídricos, generando un aumento en la presencia de contaminantes químicos y microbiológicos. Estudios realizados en Latinoamérica evidencian que la contaminación de las aguas superficiales se asocia con riesgos sanitarios directos para las poblaciones que dependen de ellas, tanto para consumo como para actividades productivas (Cornejo, López-López & Ruiz-Picos, 2017).

Frente a esta problemática, se hace indispensable desarrollar métodos accesibles y eficientes para evaluar la calidad del agua en entornos urbanos. En este sentido, el presente estudio plantea un diagnóstico preliminar de la calidad del agua superficial del río Curundú mediante el uso de tiras reactivas multiparámetro, que permiten estimar parámetros clave como pH, niveles de nitratos y nitritos, dureza total y cloro libre y total.

El enfoque se centra en el tramo del río adyacente al Campus Harmodio Arias Madrid de la Universidad de Panamá, con los objetivos de establecer una línea base para futuros estudios más detallados y fomentar una mayor conciencia ambiental en la comunidad universitaria respecto al manejo sostenible de los recursos hídricos urbanos.

Por ende, el recurso hídrico constituye un elemento esencial para el sostenimiento de la vida, el desarrollo agrícola, la producción energética, el crecimiento industrial y la preservación de los ecosistemas junto con los servicios que estos proporcionan (Cubilla-Montilla et al., 2025, p. 1; citado en Salinas, 2015). No obstante, la gestión y conservación de la calidad del agua potable representa un reto significativo para muchos países, especialmente aquellos que buscan mejorar sus niveles de desarrollo económico (Cubilla-Montilla et al., 2025, p. 1; citado en Salinas, 2015). Entre los principales factores que amenazan dicha calidad se encuentran los

pp.161-172

contaminantes de fuente puntual, como los vertidos de aguas residuales y la contaminación difusa proveniente de áreas agrícolas, lo que agrava la situación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos (Cubilla-Montilla et al., 2025, p. 1; citado en Fonseca-Sánchez & Madrigal-Solís, 2019). Es por eso por lo que, el monitoreo de la calidad del agua se posiciona como una herramienta clave para comprender el estado ambiental de los ecosistemas acuáticos, facilitar su conservación y prevenir fenómenos como la eutrofización (Cubilla-Montilla et al., 2025, p. 2; citado en Bucheli-Rosero, Rojas Bastidas & Maffla Chamorro, 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se realizó en un tramo del río Curundú, ubicado en las inmediaciones del Campus Harmodio Arias Madrid de la Universidad de Panamá, en el corregimiento de Curundú, ciudad de Panamá. Esta zona representa una llanura aluvial influenciada históricamente por el cauce del río, que, aunque parcialmente canalizado y soterrado en su recorrido urbano, continúa siendo un elemento hidrológico y paisajístico de relevancia para el sector.

El río Curundú nace en el Parque Nacional Camino de Cruces y fluye hacia zonas densamente urbanizadas, atravesando áreas como la Universidad Tecnológica de Panamá y, posteriormente, el corregimiento de Curundú. A lo largo de su trayecto, recibe descargas pluviales y

potencialmente contaminantes desde diferentes fuentes urbanas, lo que lo convierte en un punto clave para estudios de calidad de agua superficial en entornos urbanos.

Materiales utilizados

Para la ejecución del muestreo y análisis se emplearon los siguientes materiales:

1. Tiras reactivas multiparámetro Varify 16 en 1, capaces de medir pH, nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-), dureza total (ppm de Ca^{2+} y Mg^{2+}), cloro libre y cloro total.
2. Frascos de vidrio limpios, previamente lavados con agua y jabón, desinfectados con alcohol al 70 % y enjuagados con agua del río antes de la toma final.
3. Bolsas herméticas (Ziploc®) para transporte seguro de las muestras.
4. Alcohol al 70 % como desinfectante para los recipientes.
5. Equipos de protección personal: guantes y cascos.
6. Teléfono celular con cámara (Samsung Galaxy S21) para registro visual y georreferenciación.

Procedimiento

El muestreo se realizó en una sección accesible del río ubicada detrás del campus, junto a la cancha deportiva, seleccionada por su accesibilidad, visibilidad del cauce y representatividad de posibles impactos antrópicos, registrándose coordenadas y condiciones climáticas. Se recolectaron cinco muestras superficiales con frascos de vidrio previamente enjuagados, evitando remover sedimentos y anotando observaciones como color, residuos, olor y presencia de flora o fauna. Posteriormente, se aplicaron tiras reactivas sumergiéndolas durante tres segundos y, tras esperar entre 30 y 60 segundos, se compararon los resultados con la escala cromática, tomando fotografías como respaldo. Finalmente, los valores obtenidos se registraron en una tabla con parámetros, valores estimados, rangos de referencia (OMS, 2017; EPA, 2023), interpretación preliminar y posibles causas como residuos, escorrentía urbana, detergentes o fertilizantes.

Resultados

Durante el periodo de análisis, se realizaron muestreos diarios, durante 5 días, en una quebrada que desemboca del río Curundú, con el objetivo de evaluar la calidad del agua mediante la medición del pH, detección de parámetros fisicoquímicos. Se utilizaron tiras reactivas multi análisis; también se tomó en cuenta la condición climática del día de recolección, ya que la lluvia puede alterar la composición del agua.

Tabla 1.

Resultado diario del análisis de agua del día 1

Día	1	Manganeso (ppm)	0
Fecha	03/06/2025	Cloro total (ppm)	ND
Hora	1:38 PM	Mercurio (ppm)	ND
Clima	No llovió	Nitrato (ppm)	ND
pH (ppm)	7.0	Nitrito (ppm)	ND
Dureza (ppm)	ND	Sulfato (ppm)	ND
Sulfuro de Hidrógeno (ppm)	0.5 y 1	Zinc (ppm)	<0
Hierro (ppm)	>0.3	Fluoruro (ppm)	>0
Cobre (ppm)	>0	Cloruro de sodio (ppm)	>0
Plomo (ppm)	0.03	Alcalinidad total (ppm)	80

Nota. En el día 1 se observa que el agua presenta una serie de indicios de contaminación.

En la Tabla 1 se observa que el pH se mantiene en rango neutro, indicando equilibrio químico sin acidificación relevante; no obstante, otros parámetros evidencian problemas ambientales: la presencia de sulfuro de hidrógeno refleja descomposición orgánica que reduce el oxígeno disuelto y afecta la vida acuática; el hierro excede los límites para consumo humano, generando posible coloración y sabor metálico; el plomo representa un serio riesgo para la salud por su efecto en el sistema nervioso; y el cobre confirma contaminación metálica adicional. La ausencia de cloro revela falta de desinfección, mientras que la detección de sales como fluoruro y cloruro de sodio sugiere influencia de descargas urbanas o infiltraciones cercanas.

Tabla 2.*Resultado diario del análisis de agua del día 2*

Día	2	Plomo (ppm)	0.03
Fecha	10/07/2025	Manganeso (ppm)	0
Hora	1:00 PM	Cloro total (ppm)	ND
Clima	No llovió	Mercurio (ppm)	ND
pH (ppm)	7.0	Nitrato (ppm)	ND
Dureza (ppm)	ND	Nitrito (ppm)	ND
Sulfuro de Hidrógeno (ppm)	0	Sulfato (ppm)	ND
Hierro (ppm)	0.3<	Zinc (ppm)	0.5<
Cobre (ppm)	>0	Fluoruro (ppm)	>0
		Cloruro de sodio (ppm)	>0
		Alcalinidad total (ppm)	80<

Nota. En el día 2 se observa que el agua presenta un pH dentro del rango neutro.

En la Tabla 2 se evidencia que el agua mantiene un pH equilibrado sin acidificación significativa, con baja dureza por la escasa presencia de calcio y magnesio, y sin sulfuro de hidrógeno, lo que sugiere mejores condiciones de oxígeno. Sin embargo, el hierro se aproxima a los límites de consumo humano, mientras que la presencia de cobre, plomo y zinc confirma contaminación metálica con riesgos para la salud y el ecosistema. La detección de fluoruro y cloruro de sodio refleja influencia de descargas urbanas o infiltraciones, y la ausencia de cloro indica que el agua no ha sido desinfectada, representando un consumo riesgoso. Finalmente, la alcalinidad detectada señala cierta capacidad de neutralizar ácidos y mantener la estabilidad del pH.

Tabla 3.*Resultado diario del análisis de agua del día 3*

Día	3	Cloro total (ppm)	ND
Fecha	17/07/2025	Mercurio (ppm)	ND
Hora	12:56 PM	Nitrato (ppm)	ND
Clima	Llovió	Nitrito (ppm)	ND
pH (ppm)	75<	Sulfato (ppm)	ND
Dureza (ppm)	ND	Zinc (ppm)	0<
Sulfuro de Hidrógeno (ppm)	0.5	Fluoruro (ppm)	4<
Hierro (ppm)	0.3<	Cloruro de sodio (ppm)	1000<
Cobre (ppm)	0<	Alcalinidad total (ppm)	0
Plomo (ppm)	0.015		
Manganoso (ppm)	>0		

Nota: En el día 3 se observa que el agua mantiene un pH dentro de un rango relativamente estable.

En la Tabla 3 se observa que el agua mantiene un equilibrio químico sin acidificación significativa y con baja dureza por la escasa presencia de calcio y magnesio; no obstante, el sulfuro de hidrógeno revela descomposición orgánica que podría reducir el oxígeno disuelto y afectar la fauna acuática. El hierro se mantiene cercano al límite de consumo humano, el plomo, aunque en baja concentración, sigue siendo riesgoso, y el manganoso refleja aporte metálico que impacta el ecosistema, mientras que la ausencia de cobre y el bajo nivel de zinc muestran variaciones en la contaminación metálica. La detección de fluoruro y cloruro de sodio evidencia descargas urbanas o infiltraciones, y la falta de cloro confirma que el agua no está desinfectada, resultando no apta para consumo. Finalmente, la alcalinidad nula indica baja capacidad para neutralizar ácidos, lo que la hace más vulnerable a cambios químicos.

En los días 4 y 5 el agua presentó condiciones climáticas de lluvia, manteniendo un pH entre

pp.161-172

ligeramente ácido (6.5) y levemente alcalino (7.5), con baja dureza por la ausencia de calcio y magnesio. En ambos casos se detectó sulfuro de hidrógeno, señal de descomposición orgánica que puede reducir el oxígeno disuelto y afectar la fauna acuática. El hierro superó los límites recomendados en el día 4 y se mantuvo cercano a ellos en el día 5, lo que podría influir en el color y sabor del agua. La presencia constante de cobre y plomo confirma contaminación metálica con riesgos para la salud y el ecosistema, mientras que el zinc apareció en el día 4 y el manganeso en el día 5, evidenciando variaciones en la composición de metales. El cloruro de sodio se detectó en ambas fechas, con mayor concentración el día 5 (>250 ppm), lo que refleja descargas urbanas o infiltraciones. En ambas mediciones no hubo fluoruro ni cloro, confirmando la ausencia de desinfección y el riesgo de consumo directo. Finalmente, la alcalinidad fue positiva en el día 4, lo que otorgó cierta capacidad de neutralizar ácidos, pero nula en el día 5, aumentando la vulnerabilidad del agua a cambios químicos.

Discusión

Los resultados del monitoreo en la quebrada que desemboca en el río Curundú evidencian una calidad de agua comprometida por factores antropogénicos y naturales. El pH se mantuvo neutro o ligeramente alcalino, pero la alcalinidad nula en varios días indica baja capacidad de amortiguación frente a contaminantes, aumentando la vulnerabilidad del ecosistema. La presencia de sulfuro de hidrógeno refleja descomposición orgánica que reduce el oxígeno disuelto, especialmente en días lluviosos por el arrastre de residuos urbanos. Se detectaron metales pesados como hierro, plomo, cobre, manganeso y zinc en concentraciones preocupantes, con riesgos tóxicos y efectos sobre la salud y el ecosistema; el plomo, en particular, representa un riesgo neurotóxico incluso a bajas concentraciones.

Asimismo, la detección de sales como fluoruro y cloruro de sodio confirma aportes urbanos y domésticos, alcanzando niveles que pueden afectar organismos acuáticos sensibles. La ausencia total de cloro señala que el agua no fue desinfectada, volviéndola no apta para consumo

humano. Además, las lluvias intensificaron la carga contaminante por escorrentimiento superficial, aumentando la turbidez y modificando parámetros fisicoquímicos, en concordancia con estudios previos en Panamá. En conjunto, la presencia de contaminantes metálicos, compuestos sulfurosos, sales y la falta de desinfección reflejan un fuerte impacto de la actividad humana sobre la calidad del agua y la estabilidad del ecosistema acuático.

CONCLUSIONES

El pH se mantuvo dentro de rangos aceptables, pero la alcalinidad nula en varios días indica baja capacidad de amortiguación, aumentando la vulnerabilidad del ecosistema a cambios químicos.

La presencia de sulfuro de hidrógeno refleja descomposición de materia orgánica que reduce el oxígeno disuelto y afecta negativamente la biodiversidad acuática.

Se detectaron metales pesados (hierro, plomo, cobre, manganeso y zinc) que representan riesgos significativos para la salud humana y el ecosistema, siendo el plomo el contaminante más crítico por su toxicidad y bioacumulación.

La presencia de sales, en especial cloruro de sodio en niveles elevados, confirma aportes urbanos que alteran las condiciones del agua y afectan organismos sensibles.

La ausencia de cloro en todas las muestras demuestra que el agua no fue desinfectada, lo que la hace no apta para consumo humano.

Las lluvias intensificaron la contaminación por escorrentía y arrastre de residuos, evidenciando el fuerte impacto de las actividades humanas sobre la calidad del agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caballero, C. I. (2024, 12 de julio). Investigación de la Universidad de Panamá revela baja calidad del agua. *La Universidad*. Universidad de Panamá. Recuperado de <https://launiversidad.up.ac.pa/index.php/node/4047>
- Cornejo, A., López-López, E., & Ruiz-Picos, R. A. (2017). Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá. Ministerio de Ambiente, Gobierno de la República de Panamá. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Aydee_Cornejo/publication/322448088_Diagnos tico_de_la_Condicion_Ambiental_de_los_Afluentes_Superficiales_de_Panama/links/5a594917a6fdcc3bfb5ab6c4/Diagnostico-de-la-Condicion-Ambiental-de-los- Afluentes-Superficiales-de- Panama.pdf? cf_chl_tk=wvUDt644CximvHT2qB.75ETpKF7.QGkO2.SeQZ7wSo_1755597323-1.0.1.1-RcAacUj6Alxv1G5HmP6OoFbLncRf1PMCoC2T1UxVdA
- Cornejo, A., Tonin, A. M., Checa, B., Tuñon, A. R., Pérez, D., & Coronado, E. (2019). Effects of multiple stressors associated with agriculture on stream macroinvertebrate communities in a tropical catchment. PLoS One, 14(8), e0220528. Recuperado de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0220528>
- Cubilla-Montilla, M., Carrasco, G., & Castillo, M. (2025). *Multivariate analysis of physicochemical and biological parameters to evaluate the water quality in the Gatún Reservoir (Panama Canal Watershed)*. Water, 17(4), 979. <https://www.mdpi.com/2073-4441/17/7/979>
- De La Cruz Lombardo, A. (2018). Impacto del cambio climático sobre la prevalencia de indicadores microbiológicos, patógenos y parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales del Río La Villa usadas para consumo humano. Universidad de Panamá. Recuperado de <https://up-rid.up.ac.pa/1574/>
- Marin Machuca, O. (2023). Contenido de mercurio, plomo y cadmio en el atún y su efecto en la salud pública en el Perú: Revisión sistemática. Salud, Ciencia y Tecnología, 502. Recuperado de <https://repositorio.escuelamilitar.edu.pe/items/9d5ce438-39f4-4f85-a635-fc51869e2d52>
- Medianero, E., & Samaniego, M. (2004). *Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá*. Folia Entomológica Mexicana, 43(3), 279–294. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42443304>
- Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O., & Lagos, M. D. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Ingeniería Investigación y Desarrollo, 16(2), 66–77. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>

pp.173-189

Revisión Sistemática sobre Publicaciones Relacionadas al uso de la Realidad Virtual Inmersiva en la Educación Superior

Systematic Review of Publications Related to the use of Immersive Virtual Reality in Higher Education.

Yussari Daryelín Lorenzo Santana

Universidad de Panamá, Centro Regional de Coclé, Panamá

yussari-d.lorenzo-s@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0007-0171-4215>

Alexandra Julieth Rodríguez Gutiérrez

Universidad de Panamá, Centro Regional de Coclé, Panamá

Alexandra-j.rodriguez-g@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0002-1438-5645>

Dayalis Del Carmen Vargas

Universidad de Panamá, Centro Regional de Coclé, Panamá

dayalis.vargas@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0009-8640-2660>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8586>

RESUMEN

La educación profesional en el nivel universitario enfrenta diversos retos para proporcionar experiencias de aprendizaje que reproduzcan con precisión los entornos laborales auténticos. De igual manera, los métodos convencionales de enseñanza a menudo no disponen de recursos efectivos para simular escenarios profesionales complicados sin poner en riesgo la seguridad del alumno, lo cual limita la formación de habilidades prácticas en entornos regulados.

En esta circunstancia, la realidad virtual inmersiva (RVI) se muestra como una herramienta educativa con gran capacidad para mejorar el aprendizaje práctico a través de entornos simulados. Aunque muchos estudios destacan sus ventajas educativas, también es

pp.173-189

fundamental analizar las limitaciones técnicas que obstaculizan su integración eficaz en la educación superior.

El propósito de este estudio es llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura científica actual acerca de la utilización de la RVI en contextos universitarios, enfocando el análisis en sus principales beneficios y en las limitaciones técnicas que afectan su implementación. Se utilizó una metodología cualitativa de tipo no experimental, siguiendo las pautas del modelo PRISMA.

Se revisaron bases de datos académicas como Google Escolar y EBSCO, restringiendo la búsqueda a publicaciones desde 2020 hasta 2025. Se emplearon términos como: "inmersión en realidad virtual", "educación universitaria", "simulación en la enseñanza" y "restricciones técnicas". De un total inicial de 39 artículos, se eligieron 7 que satisfacían los criterios de inclusión definidos.

Los resultados demuestran que la RVI es un recurso efectivo para potenciar el aprendizaje práctico y contextualizado en la educación universitaria. Sin embargo, su implementación está limitada por varios factores técnicos, tales como: la ausencia de infraestructura apropiada, los altos costos de compra y mantenimiento del equipo, la poca formación de los docentes y los inconvenientes de compatibilidad entre las plataformas.

PALABRAS CLAVE: realidad virtual inmersiva, formación profesional, educación superior, beneficios educativos, limitaciones técnicas.

ABSTRACT

Professional education in the university context faces various challenges in providing learning experiences that accurately replicate authentic work environments. Similarly, conventional teaching methods often lack effective resources to simulate complicated professional scenarios without compromising student safety, which limits the development of practical skills in regulated environments.

In this context, immersive virtual reality (IVR) emerges as an educational tool with great potential to enhance practical learning through simulated environments. Although many studies highlight its educational advantages, it is also essential to analyze the technical limitations that hinder its effective integration into higher education.

The purpose of this study is to conduct a systematic review of the current scientific literature on the use of IVR in university contexts, focusing the analysis on its main benefits and the technical limitations that affect its implementation. A non-experimental qualitative methodology was used, following the guidelines of the PRISMA model. Academic databases such as Google Scholar and EBSCO were reviewed, restricting the search to publications from 2020 to 2025. Terms such as "virtual reality immersion," "university education,"

pp.173-189

"simulation in teaching," and "technical constraints" were used. From an initial total of 39 articles, 7 were selected that met the defined inclusion criteria.

The results demonstrate that IVR is an effective resource for enhancing practical and contextualized learning in university education. However, its implementation is limited by several technical factors, such as the lack of appropriate infrastructure, high equipment purchases and maintenance costs, limited teacher training, and compatibility issues between platforms.

KEYWORDS: immersive virtual reality, vocational training, higher education, educational benefits, technical limitations.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de realidad virtual inmersiva representan la tecnología más avanzada en soluciones de realidad virtual y, por lo general, requieren una mayor inversión económica. A cambio, ofrecen experiencias con gran capacidad de inmersión, que permiten a los usuarios tener una visión muy real del entorno virtual. En otras palabras, crean presencia, término que se refiere a la percepción sicológica de estar realmente en ese espacio digital (Peixoto et al., 2021). Los sistemas inmersivos pueden categorizarse según sus propiedades operativas y aplicaciones particulares: los sistemas CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) constituyen ambientes donde diversas superficies actúan como pantallas de proyección, brindando inmersión total a través de gafas tridimensionales y dispositivos de seguimiento, mientras que los dispositivos de visualización montados en cabeza (HMD) funcionan vinculados a computadoras de alto rendimiento, permitiendo la elaboración de simulaciones ambientales complejas que se distinguen por su interactividad yrealismo visual (Freina & Ott, 2015, como se citó en, Checa, 2021) ."La visualización se adapta continuamente a los movimientos de la cabeza, incluyendo la rotación y la traslación de la cabeza. La entrada se realiza mediante gestos a mano alzada o interfaces 3D especiales, como controladores o guantes hápticos" (Stracke et al., 2025, p.4).

La adopción de tecnologías de RVI en el contexto de educación superior ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, abarcando disciplinas diversas que van

pp.173-189

desde las ciencias de la salud hasta la ingeniería, arquitectura y ciencias sociales. Las investigaciones recientes han demostrado que los métodos de enseñanza y formación a través de RVI aportan significativamente al desarrollo de habilidades procedimentales y competencias prácticas, además de potenciar la dimensión experiencial y afectiva del aprendizaje. En el campo de la educación médica, por ejemplo, diversos estudios han evidenciado que la interacción directa con simulaciones de RVI, a diferencia de la observación convencional de imágenes bidimensionales, mejora las destrezas procedimentales de los profesionales, especialmente en elementos como la planificación estratégica de técnicas quirúrgicas (Parkhomenko et al., 2019, como se citó en, Pande & Research, 2025). Similarmente, en disciplinas como la ingeniería y la arquitectura, la RVI ha demostrado facilitar la comprensión de conceptos espaciales complejos y la visualización de diseños tridimensionales (Liu et al., 2023).

Diversos estudios han demostrado que este tipo de entornos de simulación no solo elevan el nivel de realismo, sino que también incrementan la confianza y competencia de los estudiantes al ofrecer oportunidades de aprendizaje seguras, accesibles y repetibles (Liu et al., 2023). En este sentido, Craig & Kay (2023) destacan que el uso de RVI permite mejoras evidentes en la adquisición de habilidades, experiencias y resultados de aprendizaje, especialmente en disciplinas que requieren aplicaciones prácticas.

Sin embargo, a pesar del potencial prometedor de las tecnologías de RVI en el ámbito educativo, existen desafíos significativos que dificultan su implementación eficaz. Como señalan Sunardi et al., (2025), "el elevado precio del desarrollo de hardware y software de RVI continúa siendo un impedimento principal, especialmente para las instituciones con recursos escasos. Numerosas universidades enfrentan problemas para destinar fondos para la adquisición, el mantenimiento y la renovación de equipos de RVI, lo que complica su implementación a gran escala" (p. 10). Además de las limitaciones económicas, las instituciones enfrentan desafíos relacionados con la capacitación docente, la resistencia al

pp.173-189

cambio, la falta de contenidos educativos específicamente diseñados para RVI y las limitaciones técnicas asociadas con la infraestructura tecnológica existente.

La necesidad de sintetizar la evidencia existente sobre la utilización de la RVI en la educación superior proviene de diversos factores fundamentales. El rápido avance de las investigaciones en este ámbito ha generado un conjunto de conocimientos que necesita ser consolidado para descubrir patrones coherentes y conclusiones sólidas. En segundo lugar, las instituciones de educación superior requieren pruebas empíricas sólidas para hacer elecciones informadas sobre la inversión en tecnologías de RVI, sus ventajas potenciales y los gastos relacionados.

En tercer lugar, reconocer las mejores prácticas y las limitaciones técnicas comunes puede promover implementaciones más efectivas y sostenibles en varios entornos universitarios.

El objetivo principal del presente artículo es analizar de manera sistemática la aplicación de la Realidad Virtual Inmersiva en la educación universitaria, reconociendo sus ventajas y restricciones técnicas basadas en la evidencia empírica divulgada entre 2020 y 2025. Se pretende crear un marco integral que facilite la comprensión de las tendencias actuales, los retos de implementación y los elementos que influyen en el éxito de estas tecnologías en el contexto universitario, lo que ayudará a fortalecer un enfoque educativo basado en prácticas innovadoras y sostenibles tecnológicamente.

A través de este artículo de revisión sistemática se busca responder a las siguientes preguntas fundamentales. En primer lugar, ¿qué revelan las investigaciones académicas actuales sobre la efectividad de la realidad virtual inmersiva en los procesos de enseñanza-aprendizaje en educación superior? Además, ¿cuáles son los principales hallazgos y conclusiones de los estudios recientes sobre las ventajas y las limitaciones técnicas de la RVI en el contexto universitario? Y finalmente, ¿cuáles son los desafíos actuales que enfrentan las instituciones de educación superior al implementar estas tecnologías inmersivas, según la literatura científica publicada entre 2020 y 2025?

MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla 1.

Materiales y recursos utilizados

Material
Computadora
Bases de datos académicas
Software de procesador de texto Microsoft Word
Software gestor de base de datos Mendeley
Método de selección PRISMA
Descriptores, palabras clave y operadores booleanos

Se ajustaron los parámetros de PRISMA (Page et al., 2021) para elegir la literatura que ayudó a entender el estado actual del uso de la realidad virtual en la educación superior, con un enfoque en sus ventajas y desventajas. La revisión de la literatura se hizo en junio de 2025, usando principalmente Google Escolar y EBSCO como fuentes de búsqueda. Durante la investigación, se usaron palabras clave junto con los operadores booleanos AND, OR y NOT para crear una estrategia de búsqueda clara y ordenada. También se aprovecharon las herramientas de exportación de resultados que ofrecen ambas plataformas para organizar y analizar las publicaciones según los criterios que habíamos establecido.

Tabla 2.

Estrategia de búsqueda

Cadena de búsqueda utilizada en Google Scholar	Cadena de búsqueda utilizada en EBSCO
("immersive virtual reality" OR "VR immersion" OR "virtual reality immersion") AND ("higher education" OR "university education" OR "tertiary education" OR "post-secondary education" OR "undergraduate" OR "graduate studies" OR "college education") AND -"primary	("immersive virtual reality" OR "virtual reality immersion") AND ("higher education" OR university OR "tertiary education") AND ("higher education" OR university OR "tertiary education")

pp.173-189

school" -"elementary school" -"secondary school" -"high school" -"K-12" -"middle school"	
--	--

En la tabla 3 se aprecian las diferentes bases de datos académicas consultadas, su dirección URL y la cantidad de artículos obtenidos de cada una.

El proceso de búsqueda arrojó un total de 39 artículos, 24 de Google Escolar (incluyendo 1 tesis) y 15 de EBSCO.

Tabla 3*Lista de bases consultadas*

Nombre	Dirección	Cantidad de artículos encontrados
Google Escolar	https://scholar.google.com/	24
EBSCO	https://www.ebsco.com/es	15

Adicionalmente, se definieron los criterios de inclusión y exclusión que se aplicarán a la literatura hallada, con el objetivo de reconocer las publicaciones académicas que contengan datos significativos vinculados al asunto principal.

La tabla 4 especifica los estándares utilizados durante el proceso de revisión.

Tabla 4.*Criterios de inclusión y exclusión*

Criterios de inclusión	
Criterio	Criterio de inclusión
Tema	La literatura debe abordar temas relacionados con el uso de realidad virtual inmersiva en contextos de educación superior, incluyendo ventajas y limitaciones técnicas, implementación, efectividad educativa o experiencias de aprendizaje inmersivo.
Longitud	Los documentos deben tener 6 o más páginas.
Fecha de publicación	La literatura debe haber sido publicada entre 2020 y 2025.
Idioma	Los documentos deben estar escritos en español o en inglés.
Disponibilidad	Los documentos deben ser de acceso abierto.

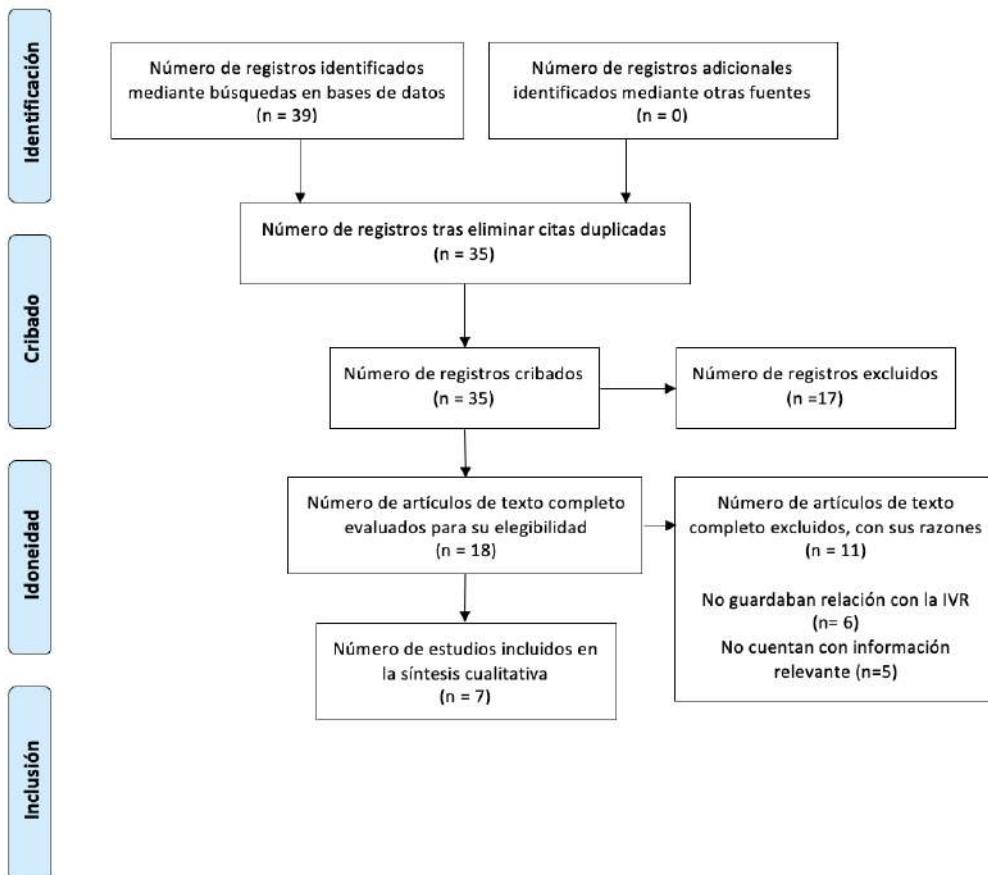
pp.173-189

Nivel educativo	Los estudios deben estar enfocados específicamente en educación superior (universidades, institutos técnicos superiores, educación terciaria).
Criterios de exclusión	
Artículos duplicados.	
Documentos cuyo contenido completo no sea accesible.	
Investigaciones centradas exclusivamente en el entretenimiento o uso comercial de la realidad virtual sin aplicación educativa.	
Literatura que haga referencia a realidad virtual en educación primaria o secundaria.	

El diagrama de flujo del proceso de elección de la literatura utilizando los parámetros modificados de PRISMA se presenta en la figura 2.

Figura 1.

Diagrama de flujo del proceso de selección de la literatura para la revisión aplicando las recomendaciones de PRISMA 2020.



Se comenzó contrastando los registros adquiridos con la finalidad de suprimir aquellos que se encontraban duplicados. De los 39 registros hallados, se eliminaron 4, lo que resultó en un total de 35 registros para la revisión. A continuación, se examinaron el título, metas, resumen, descubrimientos y conclusiones de los documentos restantes. De estos, 17 fueron descartados ya que 4 se centraban únicamente en el aspecto técnico y general de la realidad virtual, 6 cubrían de forma mixta la teoría de la realidad virtual, 6 no mantenían vínculos con la realidad virtual sino únicamente con la tecnología inmersiva, y 1 contaba con menos de 6 páginas.

Luego se llevó a cabo la revisión de los 18 artículos, utilizando los criterios de inclusión y exclusión previamente fijados. Por no satisfacer los criterios específicos de la investigación, 11 fueron descartados. Tomando en total 7 documentos, que se emplearon para la elaboración del artículo sugerido.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este artículo, se revisaron siete estudios. La figura 2 muestra el diagrama de flujo del proceso de selección de la literatura, basado en criterios adaptados de PRISMA. Un resumen de los estudios se encuentra en la tabla 5. Estos artículos fueron publicados entre 2020 y 2025.

Tabla 5.

Hallazgos principales de las publicaciones seleccionadas:

Autor/Año	Título	País/idioma	Principales Resultados
Craig & Kay, 2023	Una descripción general sistemática de las revisiones del uso de la realidad virtual inmersiva en la educación superior	Estados Unidos/ inglés	La VRI presenta una alternativa educativa atractiva y económica. Su progreso, sin embargo, está sujeto a la disponibilidad de

pp.173-189

programas viables y al desarrollo de habilidades operativas necesarias.

Sunardi et al., 2025	Explorando la realidad virtual inmersiva en la educación superior: Brecha de investigación y futuro: Revisión de alcance de la dirección A	Indonesia/inglés	La VRI proporcionó beneficios como la provisión de entornos seguros y aplicables en diversos campos como ingeniería, medicina y ciencias sociales. Mas aún, el alto costo de los equipos contrarresta su adopción académica.
Peixoto et al., 2021	Realidad virtual inmersiva para la educación en lenguas extranjeras: Una revisión sistemática de PRISMA	Portugal/inglés	Proporcionó ambientes virtuales de gran interactividad, libertad en el proceso de enseñanza. Además, Unity fue reconocido como el motor de desarrollo más empleado de VRI estudiadas.
Checa, 2021	Ventajas y limitaciones de las aplicaciones educativas de realidad virtual inmersiva en el aprendizaje	España/español	La VRI tiene potencial educativo, aunque tiene restricciones como costos elevados, efectos físicos negativos (mareos), problemas para incorporar al currículo y resultados variados en comparación con técnicas convencionales.

Stracke et al., 2025	Realidad virtual inmersiva en la educación superior: una revisión sistemática de la literatura científica	Alemania/ inglés	La investigación sobre la utilización de esta herramienta en la educación universitaria no posee marcos teóricos estables, evidencias empíricas verificadas y métodos de colaboración.
Pande & Research, 2025	La seguridad en el laboratorio de ciencias se vuelve inmersiva: Un estudio de comparación de medios ecológicos con análisis de género que evalúa la eficacia del aprendizaje de la respuesta de voz interactiva (VRI)	Estados Unidos/ inglés	La simulación ofrece la integración de VRI y escritorio, proporcionando una navegación integral y controles exactos. El texto y el audio orientan el proceso de aprendizaje. A pesar de que la experiencia completamente inmersiva requiere de un equipo específico, la versión de escritorio está al alcance de todos.
Liu et al., 2023	Los efectos de las aplicaciones de realidad virtual inmersiva en la mejora de los resultados de aprendizaje de los estudiantes universitarios de atención médica: revisión sistemática con metasíntesis	China/inglés	La VRI puede recrear situaciones críticas sin peligro, potencia capacidades de comunicación y toma de decisiones en el ámbito clínico, y brinda experiencias envolventes que inspiran más a los alumnos que los procedimientos tradicionales.

pp.173-189

A continuación, se expone un resumen conciso de cada artículo, enfocándose en sus aportes clave al presente estudio.

Los descubrimientos más relevantes de la investigación sobre el uso de la realidad virtual inmersiva en la educación superior de Craig & Kay (2023); revelan que, la realidad virtual inmersiva (RVI) posee la capacidad de convertirse en una inversión a largo plazo rentable. a pesar de las restricciones técnicas iniciales como el cableado, escasa resolución gráfica, altos costos iniciales y limitaciones de privacidad. El avance en auriculares inalámbricos y controles táctiles avanzados está reduciendo los gastos y potenciando el acceso a experiencias educativas, lo cual promueve su adopción institucional.

Por otra parte, la investigación Sunardi et al.(2025) resalta que hay diversas dificultades técnicas que afectan el uso de la Realidad Virtual Inmersiva (RVI) en la educación universitaria. Estos incluyen el uso de dispositivos y programas de baja calidad, lo que disminuye la experiencia del usuario. Asimismo, existen dificultades como la ausencia de gráficos realistas, fallos en la identificación de movimientos y el peso desmedido de los equipos. El elevado costo de fabricar, adquirir y conservar dispositivos como los visores HMD representa otro desafío, especialmente si no existe una sólida infraestructura técnica ni un respaldo institucional continuo. Estos desafíos técnicos y financieros obstaculizan la incorporación de la RVI en las instituciones universitarias, pese a su habilidad para proporcionar experiencias de aprendizaje positivas.

En el artículo de Peixoto et al. (2021), que trata sobre el uso de la Realidad Virtual Inmersiva (RVI) para la enseñanza de idiomas, se señalan mejoras y problemas importantes. El uso de programas que reconocen la voz y los ejercicios de conversación han mostrado buenos resultados para mejorar la pronunciación, el interés y el rendimiento en los estudios.

Equipos como Oculus Rift y HTC VIVE son los más empleados en las investigaciones estudiadas. No obstante, se nota una escasez de estudios empíricos enfocados

pp.173-189

específicamente en la utilización de RVI en este ámbito, predominando investigaciones de carácter teórico o aquellas que no tratan una definición precisa de RVI. Adicionalmente, se destacan retos técnicos y financieros significativos, tales como el elevado precio de los sistemas de RVI de alta gama como HMD para PC-VR y tecnologías como CAVE, la restringida exploración multisensorial en los ambientes virtuales y la exigencia de investigaciones comparativas más exhaustivas.

En el artículo de Stracke et al. (2025) presenta hallazgos relevantes sobre las ventajas y limitaciones técnicas del uso de la Realidad Virtual Inmersiva (RVI) en la educación superior. Indican que la Realidad Virtual Inmersiva (RVI) en la educación universitaria potencia la retención del saber, la motivación y el compromiso, promoviendo el aprendizaje activo en diferentes campos como la medicina, las ciencias naturales, la ingeniería, la programación y las lenguas. Se observan ventajas en habilidades cognitivas y comunicativas, además de la reducción de gastos para prácticas de campo y la repetibilidad de simulaciones. Por otro lado, las investigaciones a cerca de el uso de esta herramienta en la educación superior carecen de marcos teóricos sólidos, pruebas empíricas corroboradas y métodos de colaboración, a causa de la complejidad técnica del desarrollo de aplicaciones para multijugadores.

Entre otras de las publicaciones seleccionadas para esta investigación, se encuentra el artículo de Pande & Research, (2025), cuya rigurosa investigación enfatiza que la RVI proporciona soluciones eficaces para enfrentar retos prácticos en la instrucción de las ciencias, tales como la seguridad en el laboratorio y la ejecución de experimentos en ambientes simulados. La tecnología facilita la conversión de representaciones científicas abstractas en vivencias envolventes, interactivas y físicas, lo cual potencia la motivación, la confianza y el entendimiento de los alumnos. Además, las simulaciones permiten la repetición sin restricciones de experimentos con escasos recursos, promoviendo la observación y el estudio.

No obstante, la investigación indica que el uso restringido de las habilidades inmersivas (como en las simulaciones de punto y clic con únicamente tres grados de libertad) puede

pp.173-189

limitar el efecto en el aprendizaje, y que aún subsiste el desafío técnico para crear ambientes de colaboración, en particular en aplicaciones de múltiples jugadores.

En una revisión sistemática con metasíntesis, Liu et al. (2023) examinaron la aplicación de aplicaciones de RVI en la educación de estudiantes universitarios del campo de la salud. Sus descubrimientos señalan que la RVI ofrece ambientes envolventes y auténticos que reproducen fielmente áreas clínicas complejas, como quirófanos y salas de urgencias, brindando una experiencia en primera persona en 3D. No obstante, a pesar de las experiencias favorables, los impactos en los resultados académicos fueron similares a los alcanzados a través de otras modalidades de realidad virtual o técnicas pedagógicas convencionales.

Las publicaciones académicas recientes seleccionadas en relación con la implementación de la Realidad virtual inmersiva en el ámbito de la educación superior detallan lo siguiente:

- La RVI demuestra capacidad para mejorar la retención del conocimiento, la motivación estudiantil y el compromiso académico, promoviendo el aprendizaje activo en disciplinas diversas como medicina, ciencias naturales, ingeniería y lenguas extranjeras.
- Los principales obstáculos incluyen la calidad limitada de hardware y software, problemas de resolución gráfica, fallos en el reconocimiento de movimientos, peso excesivo de equipos y limitaciones en la exploración multisensorial.
- Los altos costos iniciales de adquisición, mantenimiento y desarrollo de contenido representan barreras significativas, especialmente cuando las instituciones carecen de infraestructura técnica sólida y respaldo institucional continuo.
- Existe una carencia de marcos teóricos sólidos, estudios empíricos comparativos exhaustivos e investigaciones que definen precisamente qué constituye la RVI, predominando enfoques teóricos sobre evidencia empírica robusta.

CONCLUSIONES

Las publicaciones seleccionadas resaltan la necesidad de adaptar estrategias educativas innovadoras en el contexto de la educación superior, incorporando tecnologías inmersivas cuyo potencial transformador se manifiesta de manera significativa en cuanto a experiencias de aprendizaje práctico y contextualizado.

Los hallazgos subrayan la influencia de factores tecnológicos en la implementación efectiva de la realidad virtual inmersiva, evidenciando disparidades en la disponibilidad de infraestructura adecuada, recursos económicos y capacitación docente, lo que sugiere considerar el entorno institucional y las capacidades tecnológicas de cada universidad.

La complejidad de las interacciones entre la tecnología educativa y los procesos de enseñanza-aprendizaje se pone de manifiesto, lo que subraya la importancia de comprender cómo las tecnologías inmersivas afectan la motivación estudiantil, la retención del conocimiento y el desarrollo de competencias prácticas, especialmente en lo que respecta a la creación de entornos simulados seguros y la repetibilidad de experiencias de aprendizaje.

Con relación a los desafíos que presentan las publicaciones seleccionadas, destaca:

- Necesidad de fortalecer la infraestructura tecnológica y la implementación de programas de capacitación docente para contrarrestar la falta de preparación del personal académico para enfrentar desafíos de integración curricular, lo que resalta la consideración de la formación y sensibilización en tecnologías inmersivas.
- Desarrollar estrategias financieras sostenibles para mejorar la capacidad de las instituciones educativas para invertir en equipos de alta calidad y su mantenimiento continuo.
- Establecer marcos teóricos sólidos y metodologías de investigación que permitan evaluar de manera rigurosa la efectividad de la realidad virtual inmersiva en diferentes disciplinas académicas.

pp.173-189

- El nivel de desarrollo tecnológico y la disponibilidad de contenido educativo especializado repercuten en las decisiones institucionales y en la adopción de estas tecnologías, afectando el desarrollo superior, ya que hacen énfasis en la importancia de enfoques de implementación integrales, el contexto institucional y la comprensión de cómo la tecnología inmersiva afecta los procesos educativos. Los hallazgos resaltan la importancia de crear estrategias efectivas para enfrentar los desafíos tecnológicos, económicos y pedagógicos en constante evolución en el ámbito de la educación universitaria.

En base a lo anterior, las publicaciones seleccionadas permiten revelar las tendencias y desafíos relacionados con la implementación de la realidad virtual inmersiva en la educación superior, proporcionando un marco de referencia para futuras investigaciones y decisiones institucionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Checa. (2021). *Programa de Doctorado «Humanidades y Comunicación» Advantages and Limitations of Immersive Virtual Reality Educational Applications in Learning.*

Craig, C. D., & Kay, R. (2023). A Systematic Overview of Reviews of the Use of Immersive Virtual Reality in Higher Education. *Higher Learning Research Communications*, 13(2), 42–60. <https://doi.org/10.18870/hlrc.v13i2.1430>

Liu, J. Y. W., Yin, Y. H., Kor, P. P. K., Cheung, D. S. K., Zhao, I. Y., Wang, S., Su, J. J., Christensen, M., Tyrovolas, S., & Leung, A. Y. M. (2023). The Effects of Immersive Virtual Reality Applications on Enhancing the Learning Outcomes of Undergraduate Health Care Students: Systematic Review With Meta-synthesis. In *Journal of Medical Internet Research* (Vol. 25). JMIR Publications Inc. <https://doi.org/10.2196/39989>

Pande, J., & Research, P. (2025). *Science lab safety goes immersive: An ecological media-comparison study with gender analyses assessing iVR's learning effectiveness* (Vol. 20).

Peixoto, B., Pinto, R., Melo, M., Cabral, L., & Bessa, M. (2021). Immersive virtual reality for foreign language education: A PRISMA systematic review. *IEEE Access*, 9, 48952–48962. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3068858>

pp.173-189

Stracke, C. M., Bothe, P., Adler, S., Heller, E. S., Deuchler, J., Pomino, J., & Wölfel, M. (2025). Immersive virtual reality in higher education: a systematic review of the scientific literature. *Virtual Reality*, 29(2).
<https://doi.org/10.1007/s10055-025-01136-x>

Sunardi, Meyliana, Hendric, S. W. L. H., & Rosmansyah, Y. (2025). Exploring Immersive Virtual Reality in Higher Education: Research Gap and Future Direction -A Scoping Review. In *IEEE Access*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3565385>

pp.190-218

Historia del Agua Potable y Alcantarillado en la Ciudad de Santiago de Veraguas, Panamá

History of Drinking Water and Sewage in the City of Santiago de Veraguas, Panama

Sebastián Ariel Aguilar Medina

Universidad de Panamá, Facultad de Arquitectura y Diseño, Panamá

sebastian.aguilar@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-6293-7059>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8583>

RESUMEN

Este artículo se desprende de la investigación denominada Evolución y Desarrollo del Urbanismo y la Arquitectura en Santiago de Veraguas, dando como resultado una documentación histórica y gráfica, se utilizó una metodología de investigación urbana y la documentación historiográfica existente sobre infraestructuras en la ciudad de Santiago desde la época colonial hasta la actualidad. Se describe la evolución de los lugares e infraestructuras de agua potable, alcantarillado y sistemas pluviales, materiales con los que fueron confeccionados, etapa cronológica y capacidad de cada una desde su creación. La propuesta cronología se ha establecido quedando en 5 grupos: La primera, Agua Potable y sistema Sanitario en la ciudad de Santiago en la Época colonial (Siglo XVI a Siglo XVIII), la segunda, denominada Alcantarillado y agua potable en Santiago en el Siglo XIX, la tercera, la denominamos Acueductos y alcantarillados (1900-1949), la cuarta etapa le denominamos Acueductos y alcantarillados (1950-1999) y la quinta etapa le denominamos Acueductos y alcantarillados en Santiago Siglo XXI. De esta manera cronológica se pretende apreciar la evolución y crecimiento de la infraestructura de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Santiago de Veraguas desde su fundación. También se describe las carencias en el tema de capacidad, producto del crecimiento demográfico acelerado que se da en nuestra ciudad, lo cual en muchos lugares ha causado caos y falta de servicios básicos vitales.

pp.190-218

PALABRAS CLAVE. Santiago; Veraguas; urbanismo; infraestructura; agua potable; alcantarillado, desagües, pluviales.

ABSTRACT

This article is based on the research titled "Evolution and Development of Urban Planning and Architecture in Santiago de Veraguas." It produced historical and graphic documentation. It used an urban research methodology and existing historiographical documentation on infrastructure in the city of Santiago from the colonial era to the present. It describes the evolution of the sites and infrastructures for drinking water, sewage, and stormwater systems, the materials used to construct them, the chronological stage, and the capacity of each since their creation. The proposed chronology has been established into 5 groups: The first, Drinking Water and Sanitation System in the city of Santiago in the Colonial Era (16th to 18th Century), the second, called Sewerage and Drinking Water in Santiago in the 19th Century, the third, we call it Aqueducts and Sewers (1900-1949), the fourth stage we call it Aqueducts and Sewers (1950-1999) and the fifth stage we call it Aqueducts and Sewers in Santiago in the 21st Century. In this chronological way, it is intended to appreciate the evolution and growth of the drinking water and sewerage infrastructure in the city of Santiago de Veraguas since its foundation. It also describes the deficiencies in the issue of capacity, a product of the accelerated demographic growth that occurs in our city, which in many places has caused chaos and lack of vital basic services.

KEYWORDS: Santiago; Veraguas; urban planning; infrastructure; drinking water; sewage, stormwater drainage.

INTRODUCCIÓN

Para poder desarrollar este artículo, se realiza de antemano la investigación Evolución y Desarrollo del Urbanismo y la Arquitectura en Santiago de Veraguas, Panamá, tomando en cuenta diferentes fuentes bibliográficas y trabajo de campo, para analizar la evolución histórica, desde sus inicios hasta la actualidad y organizándola de manera coherente y científica.

En este artículo, surgen análisis específicos como períodos detallados de las infraestructuras en la historia, desarrollo, capacidades, materiales y evolución. Todo acompañado de una división cronológica, característica de cada períodos, problemáticas, limitaciones y proyecciones futuras con un análisis integral desde la línea del urbanismo.

La documentación gráfica y teórica de la historia en la infraestructura de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Santiago de Veraguas, tiene como resultado un banco de datos

pp.190-218

para futuros investigadores, instituciones, estudiantes y sociedad en general; y refuerza la cultura e identidad histórica de la ciudad.

Como impulso a esta iniciativa, fue las escasas investigaciones especializadas sobre el tema de infraestructuras en la ciudad de Santiago de Veraguas y debido a esta necesidad fue realizado el actual artículo, donde se amplía y ordena este tan importante tema.

La metodología utilizada en esta investigación, con el fin de llegar a los resultados, discusiones y conclusiones en la misma, y aportando una recopilación gráfica y teórica de las infraestructuras estudiadas, las cuales serán de mucho apoyo para futuras investigaciones.

MATERIALES Y METODOS

Se ha utilizado metodología científica como análisis de fuentes bibliográficas y documentos obtenidos de archivos de diferentes épocas, a la vez un intenso trabajo en campo.

Las variables de estudio, han sido verificadas específicamente al tema de infraestructuras para la distribución de agua potable en la ciudad de Santiago de Veraguas, lugar principal para determinarse como objetivo primordial en dicha investigación. El análisis del artículo se relaciona directamente con un marco histórico donde se desarrolla la red de agua potable en la ciudad, guiado cronológicamente con datos historiográficos.

Varios métodos fueron implementados como los teóricos, desde el punto de vista histórico y el método empírico que abarca la observación de la realidad, y para su análisis métodos tradicionales y de vanguardia como:

- El uso de tecnología informática y en línea para facilitar el análisis y búsqueda de bibliografía,
- Revisión de datos fotográficos de diferentes épocas.
- También de revistas, artículos, publicaciones, periódicos, informes técnicos y de investigación de instituciones públicas y normas técnicas y libros existentes. De estas

pp.190-218

fuentes se extraen la información sobre evolución histórica de la distribución de agua potable en la ciudad de Santiago de Veraguas.

Dentro de los materiales y métodos utilizaremos también los utilizados en el artículo científico “Evolución y desarrollo de la arquitectura en Santiago de Veraguas, desde el siglo XVI hasta el siglo XXI”, publicado en la Revista Invest. Pens. Crit. en abril de 2020, de nuestra autoría.

1. RESULTADOS:

Uno de los elementos más importantes para mantener la vida en la tierra es el agua, no sólo es vital para el ser humano, también lo es para los animales y plantas. En la historia se ha conocido que el establecimiento de los poblados siempre se ha dado de la mano de su cercanía a fuentes del preciado líquido. Tal es el caso de la ciudad de Santiago de Veraguas, la cual, desde sus inicios, 1621 es mencionada en las crónicas españolas que fue establecido en las cercanías del Río Martín Grande. Durante toda su historia ha evolucionado acompañada de fuentes de agua y sistemas de captación y distribución que han permitido el crecimiento de dicha ciudad.

A continuación, describiremos esta evolución de manera cronológica:

3.1 Agua Potable y sistema Sanitario en la ciudad de Santiago en la Época colonial.

En la época colonial, a partir de 1636, cuando se realiza el traslado de la primera ciudad de Santiago de Veraguas a la actual posición el agua potable se tomaba de fuentes naturales como las de “Los pocitos de la Tronosa”, “los pocitos del Chorrillo”, “los pocitos de Palo Atravesao” y “Paritilla” (Macías, R (1995)). y por medios de pozos de 9 a 10 varas de profundidad (7.50 metros) hechos en ladrillos y cerrados con tapas de madera. Este sistema fue utilizado hasta la primera mitad del siglo XX.

Algunos de estos pozos los encontrábamos en:

pp.190-218

- La Plaza San Juan De Dios,
- La Plaza Mayor.
- La Plazoleta San Antonio

Para fines del siglo XVIII Las residencias empiezan a tener hornos, pozos brocales y cercas para delimitar las propiedades. (Molina, M. 2013)

Durante todo el siglo XIX, todavía no se cuentan con alcantarillado ni con letrinas, ni excusados en nuestras ciudades las excretas se depositaban en latas y eran arrojadas por personas que desempeñaban este trabajo en lugares alejados de la ciudad. Las casas cuentan en la parte de la cocina un pequeño tinajero mueble de madera de 4 patas rustico o barnizado, con tablillas para los vasos.

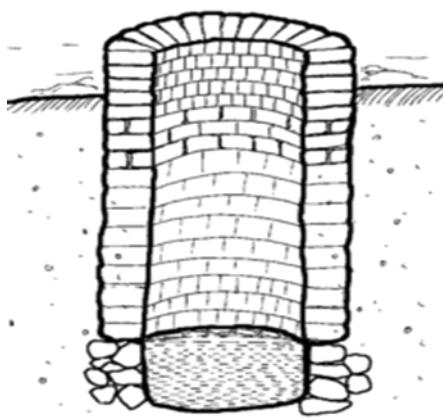
Figura 1.

Ejemplo de pozos naturales



Figura 2.

Sistema constructivo de Pozos artesanales o Pozos brocales.



3.2. Acueductos y alcantarillados (1900-1949)

3.2.1. Agua Potable

Se siguen utilizando las mismas captaciones de agua desde la época colonial y unión a Colombia, es con la construcción de la Escuela a Normal Juan Demóstenes Arosemena cuando se empiezan a modernizar los sistemas de acueducto y alcantarillados de la ciudad. En 1937 se construye el Sistema de Acueducto para la Ciudad de Santiago el cual ha sido modificado muchas veces. Antes de esta época el agua se tomaba de los pozos naturales como “El Chorrillo” y “Paritilla” y pozos brocales de las casas más pudientes. En inicio se instalaron 57.4 kilómetros de tuberías. Luego se realizó una extensión de 56.5 nuevos kilómetros sirviendo a 5 nuevas barriadas construidas lo que al final sumaba 113.9 kilómetros de tuberías instaladas. Presidido por el gobernador Ignacio de L. Valdez gobernador inaugurándose en 1938 construcción dirigida por el Ingeniero José Echevers. El servicio de agua potable llega a Santiago de Veraguas, aunque aún no a todas las áreas.

(Macías, R (1995)).

3.2.2. Alcantarillado Sanitario en la primera mitad del siglo XX.

Ya en 1920, se documentan los primeros excusados en la ciudad de Santiago, los que se solicitaba para el Mercado Público en Santiago, escrito en un artículo del periódico La Estrella de Panamá del 26 de agosto de 1920, se describe que en conversación con el señor Rómulo Roux Jefe del departamento de Uncinariasis, “*sobre las labores realizadas por esta institución en esta Cabecera, nos hemos impuesto de que ha sido terminado un magnífico excusado higiénico para el servicio del Mercado público de esta ciudad.*” También indica que, “*De imprescindible necesidad resulta la construcción de un buen excusado para el Mercado Público de Santiago*”. Aun no se construía la estructura actual que data de 1932. Se agrega en el artículo que, “*el módulo adaptado es el tanque séptico “Kentucky “el costo de la obra ha sido sufragado así: una tercera parte por el Tesoro Municipal y el resto por el Gobierno.”*

Para esa misma fecha se construyó en el Hotel Santiago otro excusado del mismo tipo, bajo la vigilancia del departamento descrito.

Entre 1937 a 1939 se construyen el primer sistema de Alcantarillado Sanitario en Santiago a base de tanques sépticos.

Se crea por primera vez en Santiago de Veraguas el Sistema de recolección y tratamiento de aguas negras, presidido por el gobernador Ignacio de L. Valdez gobernador inaugurándose en 1938 construcción dirigida por el Ingeniero José Echevers.

A partir de esta época ya algunas residencias cambian los servicios a inodoros, aunque se siguen utilizando excusados de hueco hechos de una plataforma y cajón de concreto con techo y paredes de zinc ubicados en lugares aledaños a las casas.

Entre 1937 a 1939 se construyen el primer sistema de Alcantarillado Sanitario en Santiago a base de tanques sépticos.

Se crea por primera vez en Santiago de Veraguas el Sistema de recolección y tratamiento de aguas negras, presidido por el gobernador Ignacio de L. Valdez gobernador inaugurándose en 1938 construcción dirigida por el Ingeniero José Echevers. A partir de esta época ya algunas residencias cambian los servicios a inodoros. (Macías, R (1995))

3.2.3. Desagües Pluviales a principios de Siglo XX:

El primer sistema creado en Santiago, en 1938, para desagües pluviales, absorbía las aguas por los tragantes de cordón de parrilla, conduciendo el agua por ductos subterráneos que se encontraban localizados en el sector Norte de la ciudad de Santiago poco poblado para esta época. Este sistema de recolección de agua estaba ubicado en los siguientes lugares.

- Calle 8va. Norte.
- Calle 6b Norte
- Avenida Sur 1B Norte
- Avenida 3B Norte
- Avenida 2B Norte
- Calle 6ta. Norte
- Calle 4 C Norte
- Calle 3ra. Sur
- Calle 7ma. Norte
- Calle 5ta. Sur.
- Calle 3ra. Norte
- Calle 7 Sur
- Avenida 3C Norte.

Para esta época comprendía las áreas adyacentes a la Escuela Normal Juan Demóstenes Arosemena, al Hospital Regional de Santiago y el área de la Avenida Central.

Todavía este sistema sigue funcionando en estas áreas, y no se ha vuelto a utilizar en ninguna otra área de la ciudad, en el resto de la ciudad se trabaja a través de cunetas.

3.3. Acueductos y alcantarillados entre 1950-1999

3.3.1. Consumo de Agua.

Para esta época el agua era suministrada por medio de pozos brocales dentro de los cuales encontrábamos, uno en Calle 1ra. Y otro en el Centro de la Placita San Juan de Dios. Son pocas las residencias que cuentan con agua potable del sistema de acueducto. En las poblaciones alejadas se utiliza aun el sistema de pozos hechos con pico y pala de 3 o 4 metros de profundidad para la primera mitad del siglo XX. (Macías, R (1995)).

Se mejoran las redes de acueductos y alcantarillados en diferentes puntos de la ciudad. En los nuevos asentamientos improvisados no existen ni desagües, alcantarillados, ni agua, ni luz eléctrica, ni caminos. (Macías, R (1995))

En 1965 se construye la Planta Potabilizadora de la ciudad de Santiago de Veraguas, mediante el financiamiento del Banco Internacional de Desarrollo (BID). (Mérida, P. (1972)).

Constaba de dos fases:

- Cumplir con la red de distribución existente.
- Construir la Potabilizadora del Cerro La Pita.

A partir de 1968 se tiene por primera vez servicio de acueducto en los poblados de Santiago como La Peña, Ponuga, La Colorada, San Pedro del Espino, Martín Grande.

Para la década de los '70, se dan mejoras a los servicios de agua, luz, vías de comunicación, servicios de salud e higiene, muchas veces a solicitud de los pobladores que carecen de estos servicios.

En 1973 se construye el sistema actual de abastecimiento y tratamiento de aguas. Se construye la Toma de Agua del Río Santa María situado a 141 km del centro de la ciudad de Santiago al cual suministra *1.8 millones de galones diarios*. (Mérida, P. (1972)).

Figura 3.

Tuberías utilizadas para la extracción de agua desde el río Santa María. Tomado del Libro *Por los Predios de Urracá* de Pedro J. Mérida.



Desde los inicios el sistema fue poco para la demanda creciente existente en esta época, donde la población crecía a un ritmo acelerado, de esta manera se realizan ampliaciones a los servicios brindados y se agregan tanques de almacenamiento y turbinas en diferentes lugares de la ciudad. Algunos de estos primeros tanques son:

- Cerro La Pita, tanque de 500,000 galones.
- Barriada La Alameda, tanque de 200,000 galones.
- Barriada El Forestal, tanque de 150,000 galones.
- Barriada San Vicente tanque de 50,000 galones.
- Barriada La Cruz, tanque de 25,000 galones.

También se aumenta la capacidad de bombeo de agua cruda a 2.66 M.G.D. por medio de la instalación de bombas de refuerzo a la línea de presión de agua. Se instalan 2 bombas de agua cruda de turbina vertical capaces de bombear cada una 1,000 G.P.M. a una carga aproximada de 340 pies. La Planta de Filtración o tratamiento de agua está ubicada en la parte Norte de la ciudad de Santiago de Veraguas a 4.2 KM., cerca de la comunidad de La Pita. A esta planta llega el agua cruda del Río Santa María, a través de la línea de aducción (Toma a Planta) de 24" de diámetro, constituida por 1,525 metros lineales de tubería. (Mérida, P. (1972)).

pp.190-218

Una vez tratada es enviada a la línea de conducción (desde la Planta a la Red de Distribución), constituida para esta época de 17,727 metros lineales de tubería y divididas así:

- 8,460 metros lineales de tubería de 24 “de diámetro.
- 2,850 metros lineales de tubería de 16 “de diámetro.
- 6,427 metros lineales de tubería de 12 “de diámetro.

Esta línea de distribución beneficia a 31,900 personas de las cuales el 90.6 % están servidas con el sistema de abastecimiento de agua potable, conformado por 104,700 metros lineales de tubería de 3” de diámetro a 8” de diámetro. Para 1975 la capacidad de producción de la planta era de unos 1,500 galones por minuto máximos y el consumo era de 833 galones por minuto. (Mérida, P. (1972)).

Las instalaciones para 1990 han sido mejoradas. Entre 1994 a 1999 bajo la administración de Ernesto Pérez Balladares, se modernizan el país, se modernizan las telecomunicaciones, se crean nuevas empresas eléctricas, de telefonía, se rehabilitan centros de Salud, se crean puestos de Salud, se hacen nuevas viviendas, se realiza el ensanche de la Carretera Interamericana.

Para 1994 la planta posee una producción de 1.7 millones de galones de agua diarios y la población consumía 1.8 millones de galones diarios. La Capacidad del tanque solo tenía capacidad de 600,000 galones. Alrededor del 98 % de la población de Santiago del área urbana se abastece de agua potable para 1994, aunque era frecuentemente interrumpido el abastecimiento, debido a la disparidad existente en la producción y el consumo de agua, la cual está en su tope máximo. (Rodríguez G, M (1998)).

En 1995 se construye la Planta Potabilizadora del Río Santa María la que abastece de agua potable a toda la ciudad de Santiago de Veraguas y lugares cercanos. Ampliando la red de distribución existente en esta época. (Castrellón Villareal, R (1995))

Para el año 1996 la Planta de Filtración producía *4.7 millones de galones de agua diariamente*, pero su capacidad total era de *10 millones de galones diarios*. El consumo de la

pp.190-218

Ciudad de Santiago para 1996 era de *108,329 galones de agua potable diariamente*, sumando 7.388 *conexiones* en toda la ciudad. (Rodríguez G, M (1998)).

Para 1997 Santiago cuenta con un sistema de acueducto moderno dividido el consumo según áreas.

Tabla 1.

Tabla de consumo de agua según areas en la Ciudad de Santiago de Veraguas (1997). Fuente: Actualización del Plan Urbano Regulador de la Ciudad de Santiago. Tesis Universidad de Panamá CRUV. Rodríguez Graell, Miguel Ángel. (1998).

Sector de consumo	Con medidor	Sin medidor	Consumo de agua.
Sector Residencial	5,052	1,742	86,336
Sector Comercial	378	108	12,250
Sector Industrial	----- ---	1	24
Sector Institucional Autónomo			
Municipal	5	3	360
Ministerio de Obras Publicas	5,465	1,924	161
Ministerio de Gobierno y Justicia			2,408
Ministerio de Desarrollo Agropecuario			686
Ministerio de Educación			4,182
Otros Ministerios			998
Ministerio de Salud.			1,077

3.3.2. Alcantarillado Sanitario en la segunda mitad del siglo XX.

En la década de los '50, se mejoran las redes de acueductos y alcantarillados en diferentes puntos de la ciudad. En los nuevos asentamientos improvisados no existen ni desagües, alcantarillados, ni agua, ni luz eléctrica, ni caminos. En la Segunda mitad del Siglo XX se empiezan a utilizar los pozos artesianos más higiénicos.

Antes de 1970 existían muchos problemas de salubridad en la Provincia de Veraguas. Después de 1970 Se da un avance en la construcción de instalaciones de Salud por Distritos.

pp.190-218

1980-1989. Para 1980 se contaba dentro del servicio de alcantarillado sanitario a 113.9 hectáreas. Contando con un colector sanitario en Santiago de 1,635 metros de largo, el mismo cruzaba la ciudad hacia el Noroeste.

En 1986 se construyen *40 km* de línea sanitaria y 2 estaciones de bombeo para incorporar *381.5 hectáreas* nuevas al sistema de la ciudad, conformando *495.4 hectáreas* de un moderno y nuevo sistema de Saneamiento, con el cual se trabajar en los años 1990 y principios del Siglo XXI.

El Sistema lo conforma una red de tuberías que llevan las aguas negras y servidas hasta las lagunas de oxidación para dar tratamiento a las aguas. Esto se logra a través de un colector de 40 Km. De largo que cruza toda la ciudad hacia el noroeste terminando en una tubería de 24" de diámetro.

Las aguas servidas por el Sistema Sanitario descargan a 6 tanques sépticos comunales que recogen las aguas que no han podido conducirse a las lagunas de oxidación, en donde las aguas son tratadas, proceso que se da por algunas horas de sedimentación y luego son vertidas crudas a las corrientes del Rio Cubivora y Rio Los Chorros, ya que ninguno de los tanques sépticos tiene campos de infiltración para la disposición del afluente en el sub suelo.

Anexas a este sistema existen también 3 estaciones de bombeo de aguas negras ubicadas en las barriadas Paso Las Tablas, El Educador y Las Delicias. Anterior a la construcción de estas infraestructuras, las residencias anexas a este sistema, trabajaban con tanques sépticos individuales. Para esta época no se instala esta reda en la barriada El Forestal por no tener la infraestructura de plomería interna y por su condición difícil para servir.

En 1996 aun la red de alcantarillados está incompleta en la ciudad de Santiago de Veraguas, solo el 45.2 % de la población se beneficia de esta red, el 26.2 % utiliza tanques sépticos individuales y el 28.3 % utiliza letrinas.

En 1996 existen en la ciudad de Santiago *6,414 edificios* que producen aguas negras. Aún existen *1,816 residencias* que trabajan con el sistema de letrinas, así como *18 edificios* y unas *1,678* residencias cuyas aguas negras se desechan en tanques sépticos individuales. Para 1996, están conectados al sistema de alcantarillado 2,902 edificios con una población beneficiada de *18,300 personas*. (Rodríguez G, M (1998)).

3.3.3. Desagües Pluviales en la segunda mitad Siglo XX:

En década de los '50 en el Centro de la ciudad se sigue utilizando el sistema de tragantes de cordón de parrilla, conduciendo el agua por ductos subterráneos y al extenderse la ciudad en forma desordenada la captación de las aguas fue mayor a la que se diseñó por lo que se recurre a la utilización de quebradas y cauces naturales como desagües, causando un problema de contaminación.

En 1996 se cuenta con *1.8 km* de drenaje inducido en la ciudad de Santiago y *6.4 km* de canales abiertos (cunetas). En 1998 el 50 % del área urbanizada de Santiago drena las aguas pluviales hacia las quebradas, la mayoría en la parte Norte, la cual es relativamente plana lo que hace difícil el drenaje pluvial y sanitario. (Rodríguez G, M (1998)).

3.4. Acueductos y alcantarillados en Santiago Siglo XXI.

En el 2015 se realizan trabajos de ampliación de las redes de Agua Potable como, la construcción del nuevo tanque de almacenamiento de agua potable del acueducto de Santiago de Veraguas, que se localiza en el Cerro La Pita, corregimiento de Canto del Llano. Este cuenta con una capacidad de reserva de un millón de galones.

El nuevo tanque al sistema de acueducto mejora el suministro de agua en diferentes sectores, entre ellos el sector sur de la ciudad de Santiago en la vía a Montijo y La Colorada, la comunidad de La Soledad, Residencial Italita y sectores aledaños, así como parte de los acueductos de Atalaya y Los Algarrobos.

Figura 1.

Nuevo tanque de almacenamiento de agua potable del acueducto de Santiago de Veraguas, que se localiza en el Cerro La Pita, corregimiento de Canto del Llano.

**Figura 2.**

Planta Potabilizadora Santiago



A un costo de 95 millones de balboas, el Gobierno de la República de Panamá adjudicó el contrato para el “estudio, diseño, construcción, operación y mantenimiento del sistema de recolección y tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Santiago en la provincia de Veraguas”. La obra establece la renovación de las redes de alcantarillado existente, la

pp.190-218

construcción de nuevas redes y sistemas colectores, redes secundarias, conexiones domiciliarias e intradomiciliarias, estaciones de bombeo y una planta completa y moderna de tratamientos de aguas residuales. También se edificará un laboratorio regional con la dotación de equipos para control de calidad de aguas residuales y el saneamiento de la zanja madre.

El proyecto que beneficiará a más de *130 mil habitantes*.

También en esta época se realiza unas intensas construcciones de pozos brocales en comunidades de difícil acceso.

En el 2015 se realizan trabajos del proyecto de Mejoras al Acueducto de Santiago de Veraguas y sus alrededores, la empresa contratista COPISA en varios sectores donde se instalaron tuberías de conducción y se reemplazaron líneas de asbesto cemento. Luego de varios meses de actividades como la instalación de nuevas líneas de hierro y PVC, válvulas de control, hidrantes, cruces e interconexiones en Santiago, La Peña, Atalaya, Canto del Llano y San Martín de Porres. (IDAAN)

También se realizaron trabajos de Ampliación de líneas de conducción hacia la vía Montijo.

Tabla 2.

Abastecimiento de agua distrito de Santiago Fuente Censo 2010.

ABASTECIMIENTO DE AGUA DISTRITO DE SANTIAGO													
CORREGIMIENTO	Acueducto público del IDAAN	Acueducto público de la comunidad	Acueducto particular	Pozo sanitario	Pozo brocal no protegido	Agua lluvia	Pozo superficial	Río, quebrada o lago	Carro cisterna	Aqua embotellada	Otra	Total	
SANTIAGO (CABECERA)	8 289	148	2	0	5	0	4	0	0	0	3	8 451	
LA COLORADA	383	236	3	0	0	0	11	14	0	0	1	648	
LA PEÑA	600	378	44	9	6	1	16	17	1	0	2	1 074	
LA RAYA DE SANTA MARÍA	16	877	19	4	0	0	4	6	0	0	1	927	
PONUGA	10	635	17	9	19	1	166	11	0	1	0	869	
SAN PEDRO DEL ESPINO	12	429	14	1	0	0	2	0	0	0	0	458	
CANTO DEL LLANO	3 026	441	44	4	2	0	4	0	0	1	2	3 524	
LOS ALGARROBOS	646	796	23	4	9	4	10	8	0	0	1	1 501	
CARLOS SANTANA AVILA	374	713	2	5	1	1	0	1	0	0	2	1 099	
EDWIN FABREGA	378	511	29	2	0	0	6	0	0	0	9	935	
SAN MARTIN DE PORRES	4 177	86	3	0	0	0	0	0	0	0	7	4 273	
URRACA	0	400	8	3	1	0	0	3	0	0	0	415	
TOTAL	17 911	5 650	208	41	43	7	223	60	1	2	28	24 174	

Figura 3.

Ampliación de líneas de conducción hacia la vía Montijo. Foto IDAAN.



En el 2015 se realizan trabajos de ampliación de las redes de Agua Potable, como, la construcción del nuevo tanque de almacenamiento de agua potable del acueducto de Santiago de Veraguas, que se localiza en el Cerro La Pita, corregimiento de Canto del Llano. Este cuenta con una capacidad de reserva de un millón de galones.

Figura 4.

Nuevo tanque de almacenamiento de agua potable del acueducto de Santiago de Veraguas, que se localiza en el Cerro La Pita, corregimiento de Canto del Llano.



pp.190-218

El nuevo tanque al sistema de acueducto mejora el suministro de agua en diferentes sectores, entre ellos el sector sur de la ciudad de Santiago en la vía a Montijo y La Colorada, la comunidad de La Soledad, Residencial Italita y sectores aledaños, así como parte de los acueductos de Atalaya y Los Algarrobos.

Figura 5.*Planta Potabilizadora Santiago.*

Proyecto de Ampliación y Rehabilitación de la Planta Potabilizadora de Santiago. Este proyecto, permite generar 5 millones de galones de agua potable adicionales a la producción existente de 10 millones por día que beneficiarán a más de 90 mil habitantes del distrito Santiago y alrededores. Finalizados los trabajos de ampliación se contará con una planta moderna, eficiente y con equipos renovados para seguir brindando un servicio continuo y de calidad. En la planta actual, el tratamiento de agua potable de la población se lleva a cabo en la Potabilizadora de Santiago. Es una planta de filtración rápida, en donde se realizan los procesos unitarios de mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. La filtración rápida es el tipo de tratamiento en el cual intervienen procesos de remoción químicos y físicos. (IDAAN).

Figura 6.

Vista actual de la planta potabilizadora y de los filtros de arena Fuente IDAAN.



Fuente: Informe POT Santiago, Sosa Consultores.

Dicha instalación, no tiene la capacidad necesaria para tratar el caudal demandado en el horizonte de diseño. Además, las instalaciones presentan un estado de desgaste elevado, siendo necesario su rehabilitación; así como también la reparación y sustitución de la mayor parte de sus equipos electromecánicos.

La planta carece de un sistema de deshidratación de lodos, por lo que la pérdida de agua es elevada. El sistema de control y automatización debe ser igualmente mejorado, ya que la mayoría de los procesos funcionan de forma manual (ejemplo de ello es el sistema de lavado de filtros de arena).

El actual sistema tiene una demanda de unos 12 MGD aproximadamente. Se estima que la demanda aumentará a medida que se vaya dando el desarrollo del Área. La PTAP que se está ejecutando por el IDAAN tendrá capacidad para producir 15 MGD.

- La tubería de salida de la PTAP impulsa el agua tratada al tanque de la PITA a través de un diámetro de 24 pulgadas. Dado el caudal de producción, el diámetro resulta insuficiente dado que la velocidad del agua con las tres (3) bombas operativas de agua tratada es de 2.81 m/seg lo cual genera una pérdida de carga excesiva.
- En relación a la capacidad de Almacenamiento de agua tratada, las determinaciones del volumen de almacenamiento se calculan según establece la normativa del IDAAN, es decir

pp.190-218

el volumen mínimo de almacenamiento debe ser 1/3 del consumo medio diario. Dado que el volumen de producción de la PTAP es de 15 MGD, esto quiere decir que el volumen de almacenamiento necesario en el Municipio de Santiago debería ser de unos 5 MG. (IDAAN)

En la actualidad, en el municipio de Santiago se dispone de los siguientes tanques de regulación:

- Tanque de la PITA 0.90 MG

- Tanque en Forestal 0.15 MG

Tanque Alameda 0.20 MG

Total, almacenamiento disponible= 1.25 MG

Total, almacenamiento necesario = 5.0 MG

Carencia de volumen de almacenamiento = 3.75 MG

Por lo tanto, el objetivo de este informe y esta propuesta es solucionar la carencia de volumen de almacenamiento mediante el diseño e instalación de tanque de almacenamiento de agua potable. Se proyectan tanques de acero vitrificado de forma que las obras necesarias se realicen en el menor plazo posible.

Mediante la instalación de nuevos tanques de almacenamiento, se daría solución a la carencia de almacenamiento existente. Además de ello, y a pesar de la limitación existente en la conducción de salida de la PTAP, con la posibilidad de mayor almacenamiento los tanques, podrían llenarse en horas de menos consumo (por las noches) de forma que, durante las horas de más demanda de agua, habría más tiempo de regulación y por tanto mejoraría la disponibilidad de agua para la población. (IDAAN)

Los objetivos específicos de este anteproyecto serán los siguientes:

- Aumentar la capacidad de almacenamiento de agua tratada.

pp.190-218

- Mejorar las condiciones de suministro de agua a la población y de cumplir la normativa del IDAAN
- Diseño y construcción de tanques de almacenamiento de Vidrio Fusionado al Acero.
- Presentación de información del Tanque de Almacenamiento de Agua Potable propuesto.
- Diseño y construcción de líneas de conducción de 24” para interconexiones de llegada al tanque de almacenamiento.
- Puesta en marcha del sistema completo. Implementación de manuales operativos y plan de control del sistema. La capacitación y entrenamientos del personal asignado.

En la actualidad, en el municipio de Santiago se dispone de los siguientes tanques de regulación:

3.4.1. TANQUE DE LA PITA; Este es el tanque de almacenamiento principal al que llega la impulsión de agua desde la PTAP. Su capacidad es de 0.9 MG. (IDAAN)

Figura 7.

Tanque de la Pita



Fuente IDAAN INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS NACIONALES, PERFIL DE PROYECTOS
Fecha: 02 de septiembre de 2020. Foto Informe POT Santiago, Sosa Consultores.

Figura 8.*Tanque Forestal*

Fuente IDAAN INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS NACIONALES, PERFIL DE PROYECTOS
Fecha: 02 de septiembre de 2020. Foto Informe POT Santiago, Sosa Consultores.

3.4.2. Tanque en Forestal: Este es el tanque de almacenamiento abastece al barrio de Tanque Forestal su capacidad es de 0.15 MG y se llena desde la línea principal a una distancia de unos 900 m. La parcela tiene unas dimensiones aproximadas de 50 m x 20 m, y el tanque con dimensiones aproximadas de 8 m x 15 m. (IDAAN)

Figura 9.

Tanque Alameda

*Fuente IDAAN INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS NACIONALES, PERFIL DE PROYECTOS
Fecha: 02 de septiembre de 2020. Foto Informe POT Santiago, Sosa Consultores.*

3.4.3. Tanque en Alameda: Este es el tanque de almacenamiento abastece a Santiago centro con capacidad para 0.2 MG. Se realiza unas intensas construcciones de pozos brocales en comunidades de difícil acceso. (IDAAN)

Figura 10.

Sistema de acueducto del corregimiento Santiago cabecera. Fuente Plataforma SIG IDAAN.



Foto Informe POT Santiago, Sosa Consultores

3.5. Proyecto de Alcantarillado en Santiago.

Sólo la ciudad de Santiago cuenta con servicios de alcantarillado sanitario, aunque alcanza a una mínima parte de las viviendas, 25%. La solución para eliminación aguas residuales de más frecuente es la letrina, 62%. Cerca del 13% de las viviendas en la Ciudad de Santiago no cuentan con ningún sistema sanitario. No existe ninguna infraestructura de depuración de aguas residuales y es preocupante su eliminación por las industrias, ya que pueden estar contaminando directamente los acuíferos de la provincia. La ciudad de Santiago cuenta con un alcantarillado sanitario construido en los años 80; En el año 2003 se realiza un proyecto de construcción de colectoras en el sector Norte de Santiago; proyecto que fue realizado por la empresa S.E.R.M.A.C.O. (Sosa consultores. (2021))

Figura 11.

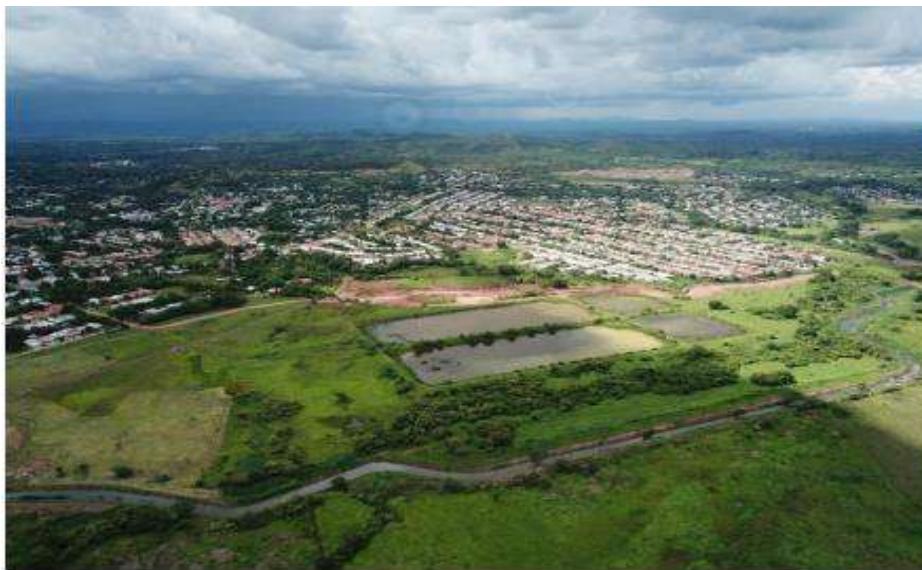
Reparación de Alcantarillado barriada La Hilda, 2016.



Fuente. Foto Arq. Sebastián Aguilar M.

Figura 12.

Lagunas de aguas residuales de Santiago y Río Cuvibora Canalizado. Foto Informe del POT Santiago, Sosa Consultores.

**Tabla 3.**

Tipo de servicio sanitario Distrito de Santiago. Informe POT Santiago, Sosa Consultores.

Tipo de servicio sanitario distrito de Santiago					
CORREGIMIENTO	De hueco o letrina	Conectado a alcantarillado	Conectado a tanque séptico	No tiene	Total
SANTIAGO (CABECERA)	781	3 727	3 899	44	8 451
LA COLORADA	301	0	331	16	648
LA PEÑA	536	0	512	26	1 074
LA RAYA DE SANTA MARÍA	500	0	377	50	927
PONUGA	724	0	66	79	869
SAN PEDRO DEL ESPINO	267	0	178	13	458
CANTO DEL LLANO	763	1 024	1 698	39	3 524
LOS ALGARROBOS	880	0	554	67	1 501
CARLOS SANTANA AVILA	574	0	493	32	1 099
EDWIN FABREGA	450	81	379	25	935
SAN MARTIN DE PORRES	814	2 078	1 344	37	4 273
URRACA	251	0	144	20	415
TOTAL	841	6 910	9 975	448	24 174

pp.190-218

En estos momentos se realiza el proyecto de “Construcción del sistema recolección y Tratamiento de las Aguas residuales de la ciudad de Santiago- provincia de Veraguas”. Se beneficiarán alrededor del 95 % de 75,645 habitantes al año 2016, proyectado a beneficiar el 95 % de las 126,585 habitantes al año 2040. Construyendo un sistema de colectora y redes que permitan recoger las aguas residuales generadas en las barriadas a igual que recolectar el resto de las aguas residuales generadas por tanque séptico individuales, letrinas y conectar a aquellos que no poseen sistema adecuados de disposición, y conducirlas a un sistema de tratamiento eficiente, y agua que mejoras los sistemas de tratamiento por laguna. Con esta obra se busca que las aguas residuales no lleguen ni a ríos ni quebradas de la región y cuenta con 4 estaciones de bombeo actualmente en construcción ubicadas en Cañaza, Cuvíbora, Santa Clara y Estación Norte. (Sosa consultores. (2021))

Esta planta de tratamiento estará compuesta de sistemas de pretratamiento en el que se separan los sólidos, tratamiento primario y secundario y posteriormente un proceso de desinfección y tratamiento anaeróbico de lodos.

La obra que beneficia a más de 130 mil habitantes contempla la renovación de las redes del alcantarillado existentes, construcción de sistemas colectores, redes secundarias, conexiones domiciliarias e intradomiciliarias, estaciones de bombeo y una planta de tratamiento de aguas residuales y saneamiento de la zanja madre.

Además, contará con un laboratorio dotado de equipos para control de calidad de aguas residuales, calles internas y oficinas.

Ilustración 13. Avance en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santiago. Foto Informe del POT Santiago, Sosa Consultores.

Ilustración 14. Avance en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santiago. Foto Informe del POT Santiago, Sosa Consultores.

Figura 15.

Avance en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santiago. Foto Informe del POT Santiago, Sosa Consultores.



DISCUSIÓN

Se ha brindado información especializada sobre la infraestructura de agua potable, alcantarillado y desagües pluviales de la ciudad de Veraguas, de manera cronológica para el análisis histórico y evolutivo.

Con este artículo se incentiva al estudio de los elementos importantes en una ciudad como lo es sus redes de servicios públicos y el aporte al crecimiento de las ciudades, dando paso para mas investigaciones sobre el tema y que sea tomado por estudiosos en el tema para futuros trabajos, como base de datos y fuente de consulta.

Quedan pendiente crear documentos escritos como libros, documentos informativos y exponer ponencias y talleres para ilustrar a las comunidades, estudiantes e investigadores para ampliar el tema. También que sirva de referencia para las ciudades y distritos más pequeños que aún no llegan a recorrer la historia y aportes que se han brindado en la ciudad de Santiago de Veraguas.

CONCLUSIONES

Este artículo se plasmó de manera científica, debido a la poca información y estudio sobre el análisis de la infraestructura de servicios básicos en Santiago de Veraguas, específicamente en el tema de distribución de agua potable, aguas servidas y desagües pluviales, realizado de manera cronológica desde sus inicios hasta nuestros días. Toda esta investigación fue detallada de manera descriptiva, dando datos sobre medidas, volúmenes, materiales, fechas, lugares, gráficos y otros.

En los cinco períodos detallados, hemos descrito una base de datos informativa que puede ser utilizada para posteriores investigaciones científicas y para uso de estudiantes y la sociedad en general. Toda esta información llenará el vacío histórico de la región de Santiago de Veraguas y puede ser, también ejemplo para el desarrollo de poblados cercanos los cuales, en estos momentos aun no cuentan con plantas potabilizadoras y otros sistemas descritos en este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Este estudio es basado en el proyecto de investigación denominado Evolución y desarrollo de la Arquitectura en Santiago de Veraguas desde el Siglo XVI, hasta el Siglo XXI, Universidad de Panamá Centro Regional Universitario de Veraguas, Código de proyecto VIP-16-10-02-2017-01. Año 2016.

Mi más agradecimiento al equipo de investigación de la Universidad de Panamá, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, por el apoyo brindado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar M. Sebastian, (2020). *"Evolución y desarrollo de la arquitectura en Santiago de Veraguas, desde el siglo XVI hasta el siglo XXI"*, publicado en la Revista Invest. Pens. Crit. en abril de 2020. Universidad Santamaría La Antigua, Panamá.
- Castrellón Villareal, Rubén (1995) Expansión de la actividad Comercial en la ciudad de Santiago.1970-1995. Tesis Universidad de Panamá CRUV.
- Macías, Reginaldo L (1995). Recuerdos de antaño de mi pueblo Natal, Santiago de Veraguas. Editorial Mariano Arosemena.
- Mérida, Pedro J. (1972). Por los Predios de Urracá, Editorial de la Nación, Panamá.
- Molina Castillo, M. J. (2013). *Veragua: Tierra de Colón y de Urraca*. Panamá: Arte Gráfico Impresores. Panamá.
- Rodríguez Graell, Miguel Ángel. (1998). Actualización del Plan Urbano Regulador de la Ciudad de Santiago. Tesis Universidad de Panamá CRUV.
- Sosa consultores. (2021) Informe del Plan de Ordenamiento Territorial de Santiago.

www.sertv.gob.pa
www.presidencia.gob.pa
www.idaan.gob.pa

Entrevista al Señor Inocente Soto. Exfuncionario del IDAAN.

Gestión de Viviendas Interés Social Sustentable en Panamá, 2025

Management of Sustainable Social Housing in Panama, 2025

Maria Isabel Guerra Navarro

Universidad de Panamá, Facultad de Arquitectura y Diseño, Panamá

Correo: maria.iguerra@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2377-6245>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8587>

RESUMEN

El estudio presenta una propuesta de gestión para el diseño de viviendas de interés social sustentables en Panamá, en respuesta a la necesidad de incorporar criterios sostenibles en el ámbito habitacional. La investigación analiza los antecedentes históricos de la vivienda social, las políticas públicas aplicables y los principios del diseño bioclimático adaptado al clima tropical húmedo del país. A partir de la revisión teórica y el análisis de modelos latinoamericanos, se plantean estrategias constructivas orientadas a la eficiencia energética, la captación de aguas pluviales, la ventilación cruzada y el uso de energía solar. El objetivo principal es demostrar que la implementación de principios de sostenibilidad en la vivienda social mejora la calidad de vida, reduce el impacto ambiental y contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 3 y 11. Los resultados promueven una visión integral de la arquitectura social panameña, capaz de articular aspectos ambientales, tecnológicos y culturales en beneficio de las comunidades vulnerables.

PALABRAS CLAVE: vivienda social, sostenibilidad, gestión habitacional, arquitectura bioclimática.

ABSTRACT

This study presents a management proposal for the design of sustainable social housing in Panama, addressing the urgent need to incorporate sustainability criteria into residential development. The research analyzes the historical background of social housing, relevant public policies, and bioclimatic design principles adapted to Panama's humid tropical climate. Based on a theoretical review and the analysis of Latin American models, the study proposes constructive strategies focused on energy efficiency, rainwater harvesting, cross ventilation, and solar energy use. The main objective is to demonstrate that implementing sustainability principles in social housing enhances quality of life, reduces environmental impact, and contributes to achieving Sustainable Development Goals (SDGs) 3 and 11. The results promote an integrated vision of Panamanian social architecture, capable of articulating environmental, technological, and cultural aspects for the benefit of vulnerable communities.

KEYWORDS: social housing, sustainability, housing management, bioclimatic architecture.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la vivienda social ha sido históricamente un tema de gran relevancia dentro de las políticas públicas y del urbanismo social. De acuerdo con Gordon (1993), la primera y más reconocida construcción de vivienda social fue realizada por Robert Owen a inicios del siglo XIX en New Lanark, Escocia, marcando un precedente en la relación entre arquitectura y bienestar social. En este contexto, López (2004) señala que los primeros proyectos habitacionales destinados a obreros en Iberoamérica, conformados por bloques de tres a cuatro pisos y escuelas complementarias, promovieron una nueva conciencia social entre arquitectos y empresarios, generando múltiples iniciativas similares a lo largo del siglo XIX.

En el caso de América Latina, Tapia (2005) indica que el desarrollo urbano se aceleró especialmente en las grandes metrópolis, transformando las estructuras tradicionales de vivienda social. Posteriormente, Culcay y Maldonado (2016) destacan que durante las décadas de 1920 y 1930 surgieron las primeras políticas gubernamentales orientadas a financiar de manera significativa la construcción de viviendas de interés social, institucionalizando así un modelo de atención habitacional para sectores vulnerables.

pp.219-227

En la actualidad, resulta imperativo ofrecer soluciones habitacionales que no solo respondan a las necesidades de espacio, sino también a criterios de confort, calidad y sostenibilidad. Godoy y Patiño (2018) sostienen que los diseños arquitectónicos deben inscribirse en el contexto sociocultural de las comunidades, considerando la interacción entre variables climáticas y los usuarios, con el propósito de mejorar la calidad de vida y atender la creciente demanda de vivienda. De acuerdo con Beltrán (2013), la vivienda de interés social constituye una unidad arquitectónica destinada a familias con bajos ingresos, cuyo objetivo principal es brindar confort integral a sus ocupantes. En Panamá, el Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MIVIOT) define la vivienda social como una solución habitacional promovida por programas públicos y privados, dirigidos a beneficiar a personas con recursos económicos limitados.

En el marco de la sostenibilidad, la Organización de las Naciones Unidas, a través de ONU-Hábitat México (2021), define la vivienda sostenible como aquella cuyo proceso de construcción emplea materiales de bajo impacto ambiental, promueve el cuidado de los recursos naturales y garantiza una adecuada disposición de residuos. De igual forma, Tomadoni y Díaz Varela (2021) destacan que la creación de un hábitat sustentable requiere considerar las condiciones climáticas, culturales y tecnológicas del entorno, con el fin de lograr una adecuada articulación con el medio construido y mitigar los impactos ambientales.

Sin embargo, el concepto de sostenibilidad aún se encuentra escasamente integrado en los programas de vivienda social panameños. La mayoría de las iniciativas sustentables en el país se han concentrado en proyectos de gran escala, como edificios corporativos y centros comerciales, dejando de lado la aplicación de estrategias ecológicas en el ámbito residencial popular. En este sentido, el propósito de la presente investigación es proponer un modelo de gestión para viviendas de interés social sustentables, orientado a mejorar las condiciones de vida de las familias de bajos recursos y a servir como referencia para proyectos desarrollados por el Estado o por empresas privadas.

1. JUSTIFICACIÓN

La situación actual que enfrenta el medio ambiente, tanto a nivel mundial como nacional, nos brinda la oportunidad de construir con criterios sostenibles. Por tal motivo, este estudio busca

pp.219-227

mejorar el diseño de las viviendas de interés social en Panamá mediante la implementación de dichos criterios. En este contexto, la Resolución No. 002 de 13 de enero de 2023 de la Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura, que aprueba el Reglamento de Edificación Sostenible para la República de Panamá (versión 2, 2022), marca un paso importante hacia la promoción de la construcción sostenible en el país.

Existen diversos criterios aplicables al diseño arquitectónico de viviendas y otros tipos de proyectos que pueden adaptarse eficazmente a las viviendas sociales. Corral (2011) advierte que el problema habitacional en Panamá ha sobrepasado la capacidad del Estado, dado que históricamente la vivienda ha sido tratada como un asunto individual o incluso como promesa electoral, lo que ha impulsado la informalidad constructiva como única alternativa para muchos ciudadanos. Frente a ello, es necesario replantear los mecanismos de gestión habitacional mediante estrategias sostenibles que reduzcan costos, mejoren la eficiencia energética y garanticen el confort ambiental.

El propósito de esta investigación es demostrar los beneficios de la construcción basada en sistemas sostenibles, promoviendo la conciencia social sobre su viabilidad y contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las familias. Además, busca fomentar la vivienda digna para las personas más vulnerables y apoyar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el Objetivo 3 (Salud y bienestar) y el Objetivo 11 (Ciudades y comunidades sostenibles).

3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo general:

Gestionar el diseño de un prototipo de vivienda de interés social que incorpore estrategias sustentables.

Objetivos específicos:

- Definir estrategias de sustentabilidad factibles para la vivienda de interés social.
- Identificar las políticas y normas que regulan la vivienda de interés social y su proceso de gestión.
- Analizar las normas que respaldan la construcción sustentable en Panamá.

pp.219-227

- Describir los beneficios obtenidos mediante la implementación de la construcción sostenible.
- Diseñar un prototipo de vivienda de interés social sustentable.

4. Hipótesis de trabajo:

El diseño de un prototipo de vivienda sustentable para proyectos de interés social garantiza una mejor calidad de vida para sus habitantes.

METODOLOGÍA

La metodología empleada se fundamenta en la recolección teórica de información sobre proyectos de vivienda social y sustentable, sistemas constructivos sostenibles, cuidado ambiental y reutilización de recursos. Se analizarán proyectos nacionales y latinoamericanos con condiciones climáticas similares a las de Panamá. Este estudio se enmarca, además, en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 3 y 11.

Las fases metodológicas son las siguientes:

I Fase: Selección de textos, sitios web y revistas especializadas sobre vivienda social y arquitectura sustentable.

II Fase: Organización de la información teórica que sustentará la argumentación del estudio.

III Fase: Sistematización de la documentación seleccionada y análisis de teorías relacionadas con clima, lluvias, radiación solar, vientos y materiales adecuados para edificar con criterios sostenibles.

IV Fase: Redacción y conexión de los conceptos analizados, integrando la información pertinente para sustentar los objetivos propuestos.

V Fase: Elaboración del diseño del prototipo de vivienda en relación con las condiciones ambientales y los materiales constructivos.

VI Fase: Redacción del informe final, revisión integral y preparación de la versión definitiva para su entrega.

6. Parámetros para el diseño de la vivienda social sustentable

6.1 La arquitectura en el clima tropical húmedo

En zonas tropicales cálidas y húmedas, las viviendas deben protegerse de la radiación solar y la lluvia mediante amplios aleros y una adecuada ventilación que permita disipar el calor acumulado durante el día.

6.2 Ubicación, orientación y clima

La residencia debe orientarse conforme a la dirección predominante del viento. En Panamá, la fachada principal suele ubicarse hacia el norte. El clima tropical húmedo se caracteriza por temperaturas elevadas, alta humedad y dos estaciones marcadas: seca y lluviosa.

Durante la estación lluviosa, las precipitaciones promedio alcanzan los 2 000 mm anuales, con aproximadamente 60 mm por mes. En estas condiciones, el paisaje permanece verde, y las temperaturas se mantienen elevadas.

Según Guimarães (2008), el viento incide directamente en el microclima de los edificios, afectando la sensación térmica interior y favoreciendo la ventilación cruzada cuando se aprovecha adecuadamente. La orientación oeste debe evitarse, ya que recibe radiación intensa durante el verano; en esa fachada se recomienda ubicar espacios como baños o depósitos.

El diseño de la cubierta también es determinante: el aire caliente tiende a acumularse debajo del techo, por lo que deben incorporarse aberturas que faciliten su salida y permitan el intercambio térmico natural.

6.3 Colores

En climas tropicales es recomendable el uso de colores claros, especialmente el blanco y los tonos pastel (como celeste o amarillo), que reducen la absorción térmica y el deslumbramiento ocasionado por la radiación solar.

6.4 Cubiertas y aleros

Las cubiertas deben diseñarse con una inclinación pronunciada que permita evacuar el agua de lluvia rápidamente. Los aleros amplios protegen las fachadas de la radiación solar y las precipitaciones, las cuales suelen incidir con ángulos de hasta 45°. Su implementación en todas las orientaciones de la edificación mejora significativamente el confort térmico.

6.5 Viento y ventilación cruzada

La ventilación cruzada es esencial en climas tropicales. Debe permitirse un flujo continuo de aire hacia las zonas más altas de la edificación para generar refrigeración natural. Las ventanas con

pp.219-227

persianas o celosías ofrecen protección contra insectos y mejoran la ventilación interior.

6.6 Revestimiento vegetal

El uso de vegetación protege de la radiación directa, filtra la luz, reduce el ruido, produce oxígeno y retiene polvo ambiental. La vegetación debe seleccionarse según especies de hojas perennes que generen sombra en las fachadas expuestas al sol de la tarde.

Los jardines verticales contribuyen a mitigar el calor y mejorar la calidad del aire. Estos sistemas se componen de una estructura metálica o muro soporte, membrana impermeable, tanque de agua, geotextiles, sistema de riego y vegetación adaptada. El riego por goteo permite la reutilización del agua y el mantenimiento eficiente del sistema.

6.7 Energía solar

La energía solar, obtenida de la radiación del sol, puede transformarse en energía térmica o eléctrica mediante captadores solares y celdas fotovoltaicas. Este tipo de energía limpia es ideal para regiones tropicales como Panamá, donde la radiación es alta durante todo el año, especialmente entre enero y marzo.

6.8 Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos contienen celdas encapsuladas en polímeros termoplásticos que convierten la luz solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico, generando un campo eléctrico capaz de producir corriente continua. Su instalación reduce significativamente la dependencia de fuentes de energía convencionales.

6.9 Sistema de captación de aguas pluviales

La captación de agua lluvia es una estrategia eficiente en regiones con alta precipitación. Permite recolectar, almacenar y reutilizar el agua para actividades domésticas no potables, como riego, limpieza y uso sanitario, reduciendo el consumo de agua tratada.

Este sistema, además de ser económico y de fácil mantenimiento, promueve la conservación de los recursos hídricos, disminuye el gasto energético en el tratamiento del agua potable y resulta útil en emergencias o desastres naturales.

CONCLUSIONES

El diseño propuesto contribuye directamente a la mitigación de los efectos del cambio climático, fenómeno que afecta al planeta con el aumento de la temperatura, inundaciones y variaciones en las precipitaciones.

Es fundamental construir viviendas considerando la identidad tropical y las condiciones climáticas, sociales, económicas, culturales y geográficas del país. El estudio del clima local permite aplicar principios de la arquitectura vernácula mediante un diagnóstico bioclimático que optimiza la climatización natural de los espacios habitables.

La arquitectura sustentable aprovecha los recursos naturales disponibles lluvia, sol, viento y vegetación para lograr un equilibrio entre la edificación y su entorno, reduciendo el consumo energético mediante estrategias pasivas.

En conclusión, cada acción orientada a la conservación del medio ambiente genera un impacto positivo en las comunidades y contribuye a la preservación de los recursos naturales de Panamá y del planeta.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Beltrán, R. (2013). Conceptos básicos de vivienda de interés social*. Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Corral, J. (2011). La vivienda como derecho social en Panamá*. Instituto de Estudios Urbanos, Universidad de Panamá.
- Culcay, C., & Maldonado, E. (2016). Historia y evolución de la vivienda social en Latinoamérica*. Universidad Técnica de Ambato.
- Godoy, A., & Patiño, L. (2018). Diseño sustentable de vivienda social en contextos tropicales*. Universidad del Valle.
- Gordon, R. (1993). Social Housing in the Industrial Revolution: The New Lanark Model*. Cambridge University Press.

pp.219-227

López, P. (2004). Las políticas de vivienda en Iberoamérica: evolución y desafíos*. Fondo Editorial de Arquitectura.

ONU-Hábitat México. (2021). Vivienda sostenible y resiliente: guía para gobiernos locales*. Organización de las Naciones Unidas.

Técnicas Multivariadas para la Regionalización Climática de la Precipitación pluvial en Panamá: (1980-2010)

Multivariate Techniques for Climate Regionalization of Precipitation in Panama: (1980-2010)

Anabel Ramírez Bayard

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Estadística, Panamá

anabel.ramirez@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0001-8264-3055>

Clara E. Cruz G.

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Estadística, Panamá

clara.cruz@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-7572-3372>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8613>

RESUMEN

La lluvia constituye uno de los fenómenos naturales más relevantes en las regiones tropicales por su impacto ambiental, social y económico, especialmente en la gestión de los recursos hídricos. La topografía y la interacción de las masas oceánicas del Pacífico y el Caribe determinan en Panamá una marcada variabilidad espacial de la precipitación, evidenciada en los contrastes pluviométricos entre ambas vertientes. El presente estudio tuvo como objetivo identificar regiones climáticamente homogéneas en cuanto a la precipitación acumulada mensual en Panamá durante el periodo 1980–2010. Para ello, se emplearon registros de estaciones meteorológicas con datos continuos, sometidos a procesos de control estadístico de calidad, lo que permitió depurar la muestra a 78

pp.228-247

estaciones meteorológicas válidas. Posteriormente, se aplicaron técnicas estadísticas multivariadas, específicamente el Análisis de Componentes Principales y el Análisis de Conglomerados, utilizando la Distancia Euclíadiana y el método de Ward. Los resultados revelaron dos grandes regiones climáticas correspondientes a las vertientes Pacífica (62 estaciones meteorológicas) y Caribe (16 estaciones meteorológicas), subdivididas en 10 y 2 subregiones homogéneas, respectivamente. Estos hallazgos confirman la eficacia de las técnicas multivariadas para la regionalización climática en regiones tropicales y aportan una base científica sólida para la gestión y planificación sostenible del recurso hídrico en Panamá.

PALABRAS CLAVE: precipitación pluvial, regionalización climática, Técnicas Multivariadas, Análisis de Componentes Principales, Clúster.

ABSTRACT

Rainfall is one of the most significant natural phenomena in tropical regions due to its environmental, social, and economic impact particularly in the management of water resources. In Panama, the topography and the interaction between Pacific and Caribbean oceanic masses result in marked spatial variability in precipitation, as evidenced by the pluviometric contrasts between both slopes. This study aimed to identify climatically homogeneous regions based on monthly accumulated precipitation in Panama during the period 1980–2010. To achieve this, records from meteorological stations with continuous data were used. After undergoing statistical quality control processes, the sample was refined to 76 valid meteorological stations. Subsequently, multivariate statistical techniques were applied specifically Principal Component Analysis and Cluster Analysis using Euclidean Distance and Ward's method. The results revealed two major climatic regions corresponding to the Pacific (62 meteorological stations) and Caribbean (16 meteorological stations) slopes, further subdivided into 10 and 2 homogeneous subregions, respectively. These findings confirm the effectiveness of multivariate techniques for climate regionalization in tropical areas and provide a solid scientific foundation for the sustainable management and planning of water resources in Panama.

KEYWORDS: rainfall, climate regionalization, multivariate analysis, principal component analysis, cluster analysis.

INTRODUCCIÓN

En regiones tropicales la distribución de la precipitación pluvial determina la dinámica ambiental y la sostenibilidad de diversos sectores productivos (Luna Robles, Cantú Silva, & Bejar Pulido, 2022), esto constituye un componente esencial del ciclo hidrológico y un indicador fundamental del clima. En este sentido, una adecuada caracterización espacial de la precipitación resulta crucial para la planificación ambiental, la gestión integral del agua y la reducción del riesgo frente a eventos hidrometeorológicos extremos como inundaciones o sequías (MiAmbiente, 1999; Mora, 2010).

En Panamá, la precipitación pluvial presenta una marcada variabilidad espacial y temporal, influenciada por su posición geográfica entre los océanos Pacífico y Atlántico, así como por la interacción con la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Kessler, 2003; OMM, 2003). Esta interacción oceánico-atmosférica, sumada a la compleja topografía del país, genera contrastes regionales significativos en los regímenes de lluvia, los cuales inciden directamente en la disponibilidad de recursos hídricos, los ecosistemas y las actividades socioeconómicas.

En la literatura internacional, las técnicas estadísticas multivariadas han demostrado ser herramientas eficaces para analizar la estructura espacial de la precipitación y establecer regiones climáticamente homogéneas. Estudios como los de Muñoz y Rodríguez (2002) en la Península Ibérica, y Arroyo y Borja (2018) en contextos ambientales diversos, han resaltado la utilidad del Análisis de Componentes Principales y del Análisis de Conglomerados en la identificación de patrones espaciales de variabilidad climática.

En el contexto panameño, las investigaciones sobre precipitación han abordado la influencia de variables macroclimáticas como los fenómenos asociados al ENOS (El Niño Oscilación del Sur) o las oscilaciones intertropicales, pero son limitados los estudios que aplican metodologías multivariadas orientadas a una regionalización climática sistemática (Soley et al., 1999; Urrutia, 2010). Asimismo, diversos autores han subrayado la relevancia de la calidad, homogeneidad y

consistencia de las series de datos meteorológicos para garantizar la validez de los análisis climatológicos (Ochoa et al., 2017; Avellana, 2019).

Considerando la heterogeneidad climática del territorio nacional y la necesidad de disponer de una base científica sólida para la gestión del recurso hídrico, el presente estudio tiene como objetivo realizar una regionalización climática de la precipitación en Panamá mediante la aplicación de técnicas estadísticas multivariadas específicamente, Análisis de Componentes Principales y Análisis de Conglomerados, utilizando datos mensuales del periodo 1980 - 2010. La regionalización obtenida permitirá identificar áreas con comportamientos pluviométricos similares, optimizar el diseño de redes de monitoreo, mejorar la representación espacial en modelos climáticos y apoyar la toma de decisiones en sectores sensibles al clima (Toro Jaramillo et al., 2006; Urrutia, 2010).

MÉTODOS Y MATERIALES

La investigación fue de tipo no experimental y longitudinal, centrada en la observación y análisis de datos existentes (Toro Jaramillo & Parra Ramírez, 2006). Se incluyeron estaciones meteorológicas cuyos registros continuos mensuales de precipitación pluvial fueran más de 30 años y menos del 10% de datos mensuales faltantes, siendo consideradas para el estudio un total de 95 estaciones meteorológicas en la República de Panamá, las cuales son operadas por el Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA) y la Autoridad del Canal de Panamá (ACP). La periodicidad de los datos es a nivel mensual desde enero de 1980 y termina en el mes de diciembre de 2010.

Actualmente en Panamá se cuenta con una amplia red de estaciones meteorológicas instaladas a nivel nacional mismas que son operadas por el IMHPA y la ACP. Para el análisis se consideraron las estaciones meteorológicas activas al periodo establecido (1980-2010) que cumplieran con los requisitos de continuidad en sus observaciones mensuales, también que tuvieran 10% de data faltante mensual histórica de lluvia, además de ser representativas en la distribución geográfica del

pp.228-247

territorio panameño. Al contar con la selección de las estaciones meteorológicas y verificar sus registros se procede a aplicar control estadístico de calidad a los acumulados de lluvia mensual, de lo cual al realizar la depuración aplicaron para el estudio solamente 78 estaciones meteorológicas de todo el país operadas por el IMHPA y la ACP (Ver Anexo).

La aplicación de la técnica multivariada Análisis de Componentes Principales (PCA) se aplicó a la serie completa de los registros acumulados mensuales de lluvia desde 1980 hasta 2010, considerando los resultados obtenidos con la rotación Varimax que indica la reducción de las dimensionalidades del conjunto de estaciones meteorológicas y determinar factores predominantes que miden la proporción de la varianza explicada en cada variable; las cuales explican cada factor correspondiente, por lo que una variable con mas carga factorial será más representativa del factor (Triola, 2006; Avellana, 2019), los resultados se muestran en la Tabla 1.

El análisis factorial de las comunidades denominada en la técnica PCA como la “varianza común” que se apoya en el análisis de la matriz de correlaciones para medir la fuerza de la relación lineal de las variables (Badii & Castillo, 2007) en apoyo con la prueba de Esfericidad de Bartlett la cual es una prueba estadística que evalúa si las correlaciones entre las variables son significativas, al aplicar el análisis a un nivel de significancia propuesto del 95%, arrojo como resultado que la prueba es significativa al nivel de confianza propuesto para validar la aplicabilidad del PCA (Díaz, 2007; Avellana, 2019).

El agrupamiento de la precipitación mensual de estaciones meteorológicas en clústeres homogéneos se realizó con la técnica de clasificación jerárquica empleando el método de la Distancia Euclídea al cuadrado y el método de Ward para minimizar la variabilidad intragrupal, efectuando análisis por separado para cada factor resultante (Muñoz y Rodríguez, 2002; Arroyo y Borja, 2018).

Con el programa Microsoft Excel de Office se manejó la base de datos de la lluvia acumulada mensual de las estaciones meteorológicas, además de adecuar las salidas del programa estadístico

SPSS versión 21, el cual se utilizó para el manejo de la información y los análisis estadísticos multivariados.

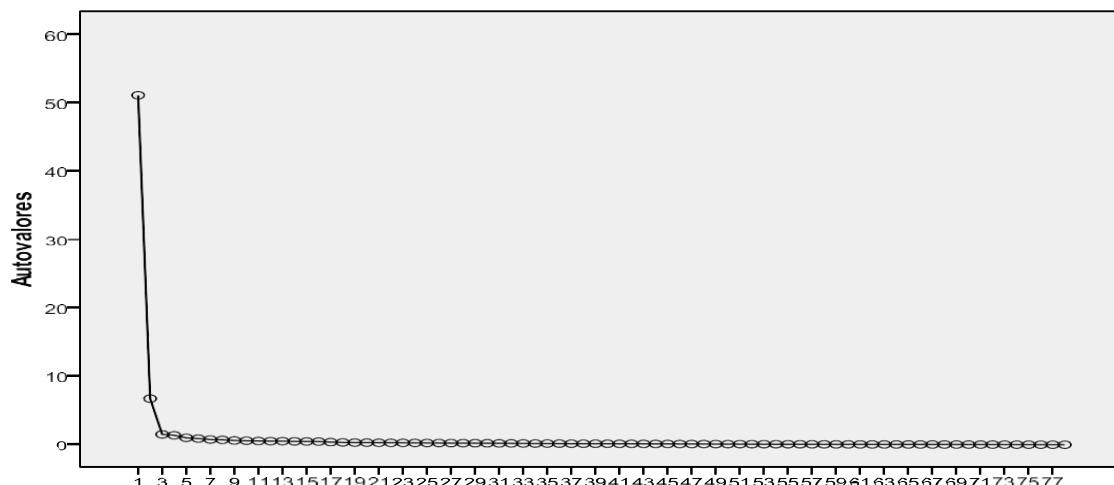
RESULTADOS Y ANÁLISIS

La selección de las estaciones meteorológicas cuyos valores de precipitación acumulada mensual desde 1980 hasta 2010 fuesen continuos y cumplieren con las condiciones iniciales para su selección, dio como resultado final un total de 76 estaciones meteorológicas representativas de todo el país (Ver Anexo).

El Análisis de Componentes Principales (PCA) se consideró para disminuir la dimensionalidad de los datos e identificar factores por medio de la rotación ortogonal del método Varimax considerando que la lluvia es una variable aleatoria se estandariza la serie de datos climática, dando como resultado la reducción de a dos factores que explican el 73.9% de la varianza explicada total: el Factor 1 agrupó 62 estaciones meteorológicas en la vertiente del Pacífico (65.3% de la varianza explicada), y el Factor 2 agrupó 16 estaciones meteorológicas en la región del Caribe (8.6% de la varianza explicada), se muestra en el Tabla N°1 los resultados por estación meteorológica.

Figura1.

Gráfico de sedimentación del análisis de componentes principales



pp.228-247

Tal cual se observa en el gráfico de sedimentación, el quiebre de la curva se realiza en el segundo factor que agrupa el 50% de los autovalores.

La adecuación del PCA se confirmó con la prueba KMO, el cual es un indicador de la relación lineal entre los coeficientes arrojados por la matriz de Correlación de Pearson y los Coeficientes de Correlación Parcial de las estaciones meteorológicas igual a esta prueba dio como resultado un valor de $KMO=0.982$. También se apoya en la decisión con la Prueba de Esfericidad de Bartlett, que comprueba si el valor determinante de la matriz de correlaciones es diferente de la matriz de identidad, el cual arroja un resultado significativo ($p_c < 0.001$), con el cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta que las variables iniciales no están correlacionadas, lo que es favorable para realizar el análisis de los factores.

El Factor 1 agrupa las estaciones meteorológicas cuyo régimen pluviométrico es lluvioso desde finales de abril o principios de mayo hasta finales de noviembre o principios de diciembre, y una estación seca o poco lluviosa que va desde mediados de diciembre hasta abril (IMHPA).

Tabla 1.

Estaciones meteorológicas agrupadas en el Factor 1.

Nº	Estación Meteorológica	Valor Factor 1	Nº	Estación Meteorológica	Valor Factor 1
1	Caldera (Pueblo Nuevo)	0.921	32	Finca Lérida	0.811
2	El Cobrizo	0.912	33	Parita	0.811
3	Angostura de Cochea	0.906	34	Santa Fe	0.811
4	Cermeño	0.905	35	Gómez Arriba	0.808
5	La Yeguada	0.905	36	Santiago	0.807
6	Los Palomos	0.904	37	Cative	0.806
7	Paja de Sombrero	0.899	38	Divisa	0.801
8	Potrillo Arriba	0.893	39	La Miel	0.791
9	Cañas Gordas	0.889	40	Las Sabanas	0.783
10	Los Valles	0.889	41	Las Martinas	0.782
11	Cañazas	0.887	42	El Cañafistulo	0.765

pp.228-247

12	Cuesta de Piedra	0.885	43	Valle Rico	0.758
13	Las Huacas de Quijé	0.879	44	El Marañón	0.754
14	Los Naranjos	0.870	45	Loma Bonita	0.748
15	Piedra Candela	0.865	46	Chepo	0.744
16	Veladero Gualaca	0.865	47	Toabré	0.744
17	Santa Cruz	0.860	48	Puerto Poso	0.743
18	Macano Arriba	0.856	49	Santa Rita	0.743
19	San Félix	0.854	50	Río Hondo	0.735
20	Breñon	0.852	51	Tonosí	0.734
21	Ojo de Agua	0.850	52	Tocumen	0.73
22	David	0.846	53	Río Majé	0.716
23	Olá	0.837	54	Chame	0.701
24	Pesé	0.835	55	Antón	0.696
25	Llano de la Cruz	0.832	56	Pocrí	0.694
26	La Llana	0.828	57	Taimatí	0.598
27	Sonadora	0.827	58	Caimito	0.579
28	Cerro Verde	0.826	59	Pedasí	0.574
29	Río Grande	0.821	60	Garachiné	0.567
30	Los Santos	0.819	61	Bajo Grande	0.527
31	Camarón Tabasará	0.812	62	Río Chico	0.450

El Factor 2 lo integran las estaciones meteorológicas localizadas en la región del mar Caribe, esta zona presenta un comportamiento lluvioso durante todo el año, siendo diciembre y febrero los meses con los mayores acumulados de lluvia mensual (IMHPA).

Tabla 2.

Estaciones meteorológicas agrupadas en el Factor 2.

Nº	Estación Meteorológica	Valor Factor 2	Nº	Estación Meteorológica	Valor Factor 2
1	San Miguel	0.879	9	Boca de Toabré	0.795
2	Escandalosa	0.858	10	Icacal	0.765
3	Peluca	0.831	11	Agua Clara	0.744

pp.228-247

4	Candelaria	0.827	12	Barro Colorado	0.742
5	Gatún Rain	0.812	13	Piriá	0.694
6	San Lucas	0.809	14	El Caño	0.681
7	Montelirio	0.803	15	Gamboa	0.634
8	Coclé del Norte	0.797	16	Mulatupo	0.616

En la aplicación del método de Clúster se clasificaron la serie de observaciones de acumulados de lluvia en meses y estaciones meteorológicas para agruparlos en grupos de similar comportamiento climático; con el enfoque de agrupar las estaciones meteorológicas resultantes del primer factor (Vertiente Pacífico) como un agrupamiento N°1. Posteriormente se le dio el mismo enfoque tomando en cuenta las estaciones meteorológicas resultantes del segundo factor (región Caribe) como el agrupamiento N°2.

La medida de similitud entre las variables que son las estaciones meteorológicas, se consideró el método de la Distancia Euclídea al cuadrado, ya que la lluvia acumulada mensual es cuantitativa; como técnica para la aglomeración se seleccionó el Agrupamiento Jerárquico por el método de Ward conocido como la “varianza mínima” (Corral & Espinel, 2015).

La clasificación del Clúster de las estaciones meteorológicas identificó 10 subregiones homogéneas en la vertiente del Pacífico con características climáticas específicas, como influencia orográfica, marítima y variabilidad en la temporada seca, que incluyen zonas geográficas desde Chiriquí hasta las provincias de Panamá Oeste y Panamá.

Figura 2.

Ubicación de las estaciones meteorológicas resultantes del análisis de componentes principales, agrupadas por Factor 1 y Factor 2.



1 Tabla 3.

2 *Regiones geográficas, sus características meteorológicas y geográficas y las estaciones meteorológicas pertenecientes a cada grupo homogéneo para la vertiente del Pacífico*

Grupo	Región	Característica	Estaciones Meteorológicas
1	Región central de las provincias de Veraguas y Coclé	La lluvia es de tipo orográfica, es decir, después del mediodía con altos contrastes térmicos	Cañazas, Cerro Verde, El Cobrizo, Las Huacas de Quije, Los Valles, Olá, Sonadora, Laguna la Yeguada
2	Litoral Pacífico de la provincia de Panamá	Muestran una marcada influencia marítima costera en el comportamiento de la lluvia	Chepo, Loma Bonita, Río Majé y Tocumen
3	Litoral Pacífico de la provincia de Darién	La lluvia es abundante en los meses de temporada lluviosa, mas por la cercanía a la serranía y cordillera	Garachiné y Taimatí
4	Litoral Pacífico de la provincia de Los Santos	Se caracteriza por mantener una marcada temporada seca entre diciembre a mayo	El Cañafistulo, La Llana, La Miel, Pedasí, Pocrí, Tonosí y Valle Rico
5	Litoral Pacífico de la provincia de Coclé y sur de la provincia de Panamá Oeste	Denota una marcada temporada seca en los meses de temporada seca y en los meses de temporada lluviosa	Antón, Chame, Gamboa, Santa Rita, Puerto Posada y Río Hondo
6	Litoral Pacífico de las provincias de Chiriquí y Veraguas	Tienen un marcado régimen de poca lluvia en los meses de temporada seca y abundante acumulados de precipitación en los meses de temporada lluviosa, esto asociado a eventos atmosféricos de macro escala (ondas tropicales, vaguadas, formación de ciclones tropicales)	Angostura de Cochea, Breñon, Camarón Tabasará, Cañas Gordas, Cative, Cermeño, Cuesta de Piedra, David, Gómez Arriba, Los Palomos, Macano Arriba, El Maraón, Las Martinas, Ojo de Agua, San Félix, Santa Cruz, Santiago y Veladero Gualaca

7	Región de Tierras Altas de la provincia de Chiriquí	Zona del Pacífico que alcanza altos acumulados de precipitación anual que ronda entre los 823 mm a 1,411 mm anuales	Caldera Pueblo Nuevo, Potrerillo Arriba, Paja de Sombrero, Piedra Candela, Finca Lérida, Los Naranjos
8	Región de Tierras altas con elevación de mas de 2,300 MSNMM	La precipitación es debida a la gran elevación, ya que la nubosidad que ingresa desde el Caribe logra sobrepasar el Volcán Barú e incide en el régimen pluviométrico de esta zona	Bajo Grande
9	Sur de la provincia de Panamá Oeste con elevación de mas de 180 MSNMM	Muestra un marcado régimen de lluvia propio del litoral Pacífico, pero con mas influencia por la elevación	Caimito
10	Región de la provincia de Herrera	Denota una marcada estación seca en la temporada seca, sin embargo es notorio el aporte de humedad proveniente del Pacífico por la dirección del viento SO.	Divisa, Llano de la Cruz, Los Santos, Parita, Pesé

4

5 También por el método de agrupación por Clúster, en la región del mar Caribe se definieron 2
 6 subregiones homogéneas, evidenciando diferencias notables en patrones pluviométricos. Para el
 7 grupo correspondiente a la zona del Caribe resultaron en la agrupación las estaciones
 8 meteorológicas del Pacifico de la provincia de Panamá (localizadas en la Cuenca del Canal de
 9 Panamá cercanas al lago Gatún, Colón y Comarca Gunayala.

10

11

12

13 **Tabla 4.**

14 *Regiones geográficas, sus características meteorológicas y geográficas y las estaciones*
 15 *meteorológicas pertenecientes a cada grupo homogéneo para la cuenca del caribe*

Grupo	Región	Característica	Estaciones Meteorológicas
11	Región Norte de la provincia de Coclé	Presencia de lluvia en todo el año, mas influenciado por la cercanía a la costa caribeña del país	Coclé del Norte, San Lucas, Boca de Toabré
12	Litoral Pacífico	Provincias de Panamá y Panamá Oeste	Barro Colorado, Candelaria, Montelirio, Peluca, San Miguel, El Caño, Piriá, Gamboa
	Litoral Caribe	Provincia de Colón y Comarca Gunayala	Icacal, Aguas Claras, Escandalosa, Gatun Rain, Mulatupo

16

17 Estos hallazgos coinciden con estudios previos que resaltan la heterogeneidad pluviométrica en
 18 Panamá y la importancia de reconocer subregiones climáticas para la gestión hídrica y manejo
 19 ambiental (Soley et al., 1999; Urrutia, 2010).

20 En la siguiente página el mapa N°2 muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas que se
 21 agrupan por el método de Clúster y las 12 subregiones resultantes en comportamiento similar de
 22 precipitación pluvial en la vertiente del Pacifico y el mar Caribe para Panamá.

Figura 3.

Estaciones meteorológicas agrupadas por las 12 subregiones de precipitación pluvial para la vertiente del Pacífico y el Mar Caribe



CONCLUSIONES

- ✓ Por medio del Análisis Factorial por Componentes Principales, se encontró que la precipitación acumulada mensual en 76 estaciones meteorológicas de Panamá, se pueden reducir en dos nuevas variables observables y correlacionadas por factores explicativos que corresponden a la Vertiente del Pacífico y al mar Caribe.
- ✓ La identificación de regiones homogéneas de precipitación acumulada mensual por medio de las técnicas estadísticas multivariantes, diferencia la vertiente Pacífica y caribeña con subregiones climáticas diferenciadas, lo cual refleja la dualidad climática del país (temporada seca y temporada lluviosa).
- ✓ Se identificaron 12 regiones homogéneas de precipitación en Panamá: 10 en el Pacífico y 2 para el Caribe, comprueba el agrupamiento espacial significativo para este tipo de datos meteorológicos.
- ✓ Las técnicas estadísticas multivariantes PCA y Clúster demostraron ser aplicables para la regionalización pluviométrica en climas tropicales no uniformes como Panamá.
- ✓ La regionalización de la lluvia es útil para la planificación sectorial, especialmente en la gestión hídrica y mitigación de riesgos climáticos.
- ✓ La incorporación de variables meteorológicas adicionales como temperatura, humedad y eventos atmosféricos extremos apoyarían a complementar un modelo de regionalización climática contribuyendo a un entendimiento integral del clima en Panamá. (Corral & Espinel, 2015)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E., & Peterson, T. (2020). Tendencias climáticas en América Central y el Caribe. *Revista Interamericana de Climatología*, 45(2), 87–102.
- Arroyo, P., & Borja, J. (2018). *Análisis Multivariante para la inteligencia de mercados*. Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey.
- Badii, M. H., & Castillo, J. (2007). *Revista Innovaciones*. Obtenido de <https://revistainnovaciones.uanl.mx/index.php/revin/article/view/194>: <https://doi.org/10.29105/rinn4.8-9>
- Castillo, M., & González, J. (2019). Aplicación del análisis de componentes principales para la regionalización climática en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 63, 15–32.

CIIIFEN – OMM. (2003). *Informe Final del seminario-taller Rescate y Gerencia, Monitoreo, Aplicación y Predicción de Datos Climáticos*. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño.

Cordero, A., & Pérez, J. (2021). Variabilidad climática y precipitación extrema en Panamá. *Revista Panameña de Meteorología*, 12(1), 45–59.

Corral, A., & Espinel, P. (2015). Sub-ontología para la medición del ritmo cardiaco como registro de una historia clínica electrónica . *Revista Científica INFOCIENCIA*, 14-15. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/120377162/infociencia-_2015_-libre.pdf?1734926927=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRevista_INFOCIENCIA_Vol_9_N_1.pdf&Expires=1761781328&Signature=H

Cuadras, C. (2020). *Nuevos Métodos de Análisis Multivariante*. Universidad de Barcelona: CMC Editions.

Díaz, L. (2007). *Estadística Multivariada: inferencia y métodos*. Universidad Nacional de Colombia. (pp. 284-342).

García, M., & López, A. (2018). Análisis multivariado aplicado a series de tiempo de precipitación en el norte de Colombia. *Revista Colombiana de Climatología*, 10(2), 33–51.

Hidalgo, H., & Alfaro, E. (2020). Cambios en los patrones de lluvia en América Central bajo escenarios de cambio climático. *Revista de Climatología Regional*, 56, 112–130.

IMHPA. ((s.f.)). *Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá*. Obtenido de Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá.: <https://www.imhpa.gob.pa/es/>

IMHPA. (2022). *Informe técnico sobre tendencias de precipitación 1980–2020*. Panamá: Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá.

Kessler, M. (2003). *Apuntes de Métodos Estadísticos de la Ingeniería*. Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena.

López, D., & Mora, E. (2023). Evaluación del impacto del ENSO en las lluvias de Panamá. *Revista Científica de Clima y Sociedad*, 5(1), 22–39.

Luna Robles, E., Cantú Silva, I., & Bejar Pulido, S. (2022). Efectos del cambio climático en la gestión sostenible del recurso suelo. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, <https://doi.org/10.54167/tch.v16i3.1097>.

Martínez, J., & Rojas, P. (2018). Homogeneización de series de precipitación en zonas tropicales. *Revista Latinoamericana de Ciencias Ambientales*, 14(3), 55–70.

- Mendoza, A., & Torres, C. (2022). Aplicaciones del análisis clúster en hidrometeorología tropical. *Revista Mexicana de Ciencias del Agua*, 18(4), 71–88.
- Mora, J. (2010). *Efectos del Cambio Climático sobre la Agricultura*. . México: (pp. 11-13).
- Morales, R., & Vega, F. (2020). Uso de métodos multivariantes para regionalizar la lluvia en zonas montañosas de Honduras. *Revista Centroamericana de Estadística Aplicada*, 7(2), 25–44.
- Muñoz, F., & Rodríguez, F. (2002). Aplicación del Análisis Clúster para el estudio de la relación NAO-precipitaciones de invierno en el sur de la Península Ibérica. *Universidad de Almería*, 283-292.
- Ochoa, C., Briceño, N., Zimmermann, E., & Vives, L. (2017). Relleno de series de precipitación diaria para largos períodos de tiempo en zonas de llanura. Caso de estudio cuenca superior del arroyo del Azul. *Geoacta*, 42, 38-62.
- OMM. (2003). *Guía de Prácticas Climatológicas*. Organización Meteorológica Mundial.
- Paredes, E., & Núñez, S. (2021). Caracterización de la precipitación en Panamá mediante análisis de conglomerados. *Revista Panameña de Ciencias Naturales*, 6(1), 17–36.
- Ramos, L., & Castro, J. (2019). Influencia de la topografía en la distribución espacial de la lluvia en América Central. *Revista de Geografía Tropical*, 41(2), 90–108.
- Sánchez, F., & Herrera, D. (2024). Técnicas multivariadas en estudios climáticos regionales en el trópico. *Revista Internacional de Modelos Climáticos*, 3(1), 11–28.
- Soley, F. (1999). Aplicación de Análisis Multivariado al campo de anomalías de la precipitación en Centroamérica. *Revista de Climatología, Costa Rica*, p17.
- Toro Jaramillo, I., & Parra Ramírez, L. (2006). *Método y Conocimiento: Metodología de la Investigación*. Universidad EAFIT: Fondo Editorial.
- Triola, M. (2006). *Elementary Statistics (9^a ed.)*. Pearson Education.
- Urrutia, J. (2010). *Aplicación de Análisis Multivariado en la Determinación de la incidencia de Variable Macroclimática en patrones de precipitación y temperatura*. Panamá: Tesis de maestría. Universidad de Panamá.
- Villarreal, C., & Espino, M. (2023). Análisis comparativo de modelos de regionalización de precipitación en Panamá. *Revista Panameña de Estadística Aplicada*, 2(1), 40–58.

ANEXO

Tabla 5.*Listado de las 76 estaciones meteorológicas*

ID	Nombre	Número	Provincia	Elevación (MSNMM)	Latitud (Grados)	Longitud (Grados)
1	Bajo Grande	102009	Chiriquí	2300	8,85	-82,25
2	Cañas Gordas	102014	Chiriquí	1140	8,751	-82,911
3	Breñón	102015	Chiriquí	700	8,469	-82,819
4	Gómez Arriba	102016	Chiriquí	380	8,567	-82,733
5	Santa Cruz	102017	Chiriquí	670	8,65	-82,767
6	Piedra Candela	102020	Chiriquí	1440	8,876	-82,776
7	Cuesta de Piedra	104001	Chiriquí	1000	8,677	-82,625
8	Boca de Toabré	105001	Coclé	170	8,916667	-80,549722
9	Coclé del Norte	105003	Colón	2	9,073056	-80,572778
10	San Lucas	105007	Colón	30	9,006667	-80,581667
11	Macano Arriba	106004	Chiriquí	520	8,612	-82,586
12	Las Martinas	106012	Chiriquí	17	8,3436	-82,560
13	Finca Lérida	108001	Chiriquí	1700	8,8	-82,483
14	Caldera Pueblo Nuevo	108004	Chiriquí	365	8,653	-82,382
15	Potrerillo Arriba	108006	Chiriquí	930	8,685	-82,49
16	Los Palomos	108009	Chiriquí	420	8,583	-82,467
17	Angostura de Cochea	108013	Chiriquí	210	8,567	-82,383
18	Veladero (Gualaca)	108014	Chiriquí	45	8,431	-82,287
19	Cermeño	108015	Chiriquí	170	8,52	-82,433
20	Los Naranjos	108017	Chiriquí	1200	8,779	-82,461
21	Paja de Sombrero	108018	Chiriquí	388	8,685	-82,321
22	David	108023	Chiriquí	27	8,397	-82,428
23	San Félix	112003	Chiriquí	110	8,287	-81,873
24	Icacal	113001	Colón	8	9,204444	-80,145833
25	Camarón Tabasará	114002	Chiriquí	20	8,065	-81,65
26	Ojo de Agua	114010	Veraguas	358	8,199	-81,522
27	Agua Clara	115001	Panamá	460	9,364.167	-79,705833
28	Barro Colorado	115002	Panamá	34	9,165278	-79,836389
29	Candelaria	115003	Panamá	98	9,382778	-79,516389
30	Chico	115004	Panamá	104	9,263517	79,509639
31	Escandalosa	115008	Colón	480	9,423333	-79,578056

pp.228-247

32	San Miguel	115009	Panamá	520	9,419722	-79,504167
33	Gatun Rain	115011	Colón	31	9,268056	-79,920556
34	Montelirio	115016	Panamá	34	9,240833	-79,853056
35	Peluca	115017	Panamá	107	9,38	-79,5164
36	El Caño (Lago Gatún)	115024	Colón	33	9,076389	-79,82278
37	El Cobrizo	118001	Veraguas	400	8,452	-81,388
38	Cañazas	118002	Veraguas	200	8,314	-81,209
39	Cativé	118009	Veraguas	160	7,918	-81,379
40	Santiago	120002	Veraguas	80	8,087	-80,944
41	El Marañón	120005	Veraguas	50	8,033	-81,217
42	Mulatupo	121006	Gunayala	2	8,943056	77,754722
43	La Llana	124002	Los Santos	60	7,502	-80,551
44	Tonosí	124004	Los Santos	25	7,4	-80,45
45	Pocrí	126002	Los Santos	70	7,662	-80,119
46	Pedasí	126005	Los Santos	47	7,527	-80,024
47	Valle Rico	126010	Los Santos	173	7,623	-80,353
48	La Miel	126012	Los Santos	220	7,55	-80,333
49	El Cañafistulo	126013	Los Santos	140	7,621	-80,232
50	Los Santos	128001	Los Santos	16	7,941	-80,418
51	Pesé	128010	Herrera	80	7,9	-80,617
52	Parita	130002	Herrera	43	8,001	-80,52
53	Llano de la Cruz	130004	Herrera	60	7,956	-80,64
54	Los Valles	132003	Veraguas	550	8,444	-81,195
55	Laguna la Yeguada	132006	Veraguas	640	8,456	-80,851
56	Cerro Verde	132008	Veraguas	800	8,507	-80,842
57	Divisa	132012	Herrera	12	8,14	-80,704
58	Santa Fe	132033	Veraguas	463	8,508	-81,073
59	Río Grande	134003	Coclé	20	8,417	-80,483
60	Sonadora	134008	Coclé	168	8,55	-80,333
61	Las Huacas de Quije	134019	Coclé	440	8,467	-80,75
62	Río Hondo	134020	Coclé	22	8,367	-80,367
63	Puerto Posada	134022	Coclé	15	8,367	-80,4
64	Las Sabanas	134023	Coclé	700	8,567	-80,683
65	Ola	134024	Coclé	100	8,417	-80,65
66	Antón	136002	Coclé	33	8,383	-80,267
67	Chame	138005	Panamá Oeste	30	8,593056	-79,878056
68	Santa Rita	138008	Coclé	180	8,499	-80,188
69	Caimito	140005	Panamá Oeste	180	8,813333	-79,939167

pp.228-247

70	Tocumen	144002	Panamá	14	9,05	-79,3667
71	Loma Bonita	146002	Panamá	100	91.713	-79,260
72	Chepo	148001	Panamá	30	9,167	-79,083
73	Piriá (poblado)	148004	Panamá	80	9,123889	-78,325278
74	Río Majé	148008	Panamá	70	9,221389	-78,733056
75	Taimatí	160001	Darién	5	8,1667	-78,25
76	Garachiné	162001	Darién	10	8,065278	-78,366389

pp.248-269

Proceso de Revisión Sistemática Bibliográfica para Fundamentar el Diseño de una Aplicación Móvil de Evaluación Física en Estudiantes de Educación Media en Panamá

Process of Systematic Literature Review to Support the Design of a Mobile Application for Physical Evaluation in Secondary School Students in Panamá

Miguel A. Sánchez C.

Universidad de Panamá, Facultad de Humanidades, Escuela de Educación Física, Panamá.

miguel-a.sanchezc@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-1126-723X>

Elzebir Tejedor De León

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Panamá.

elzebir.tejedor@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-7836-9287>

Vielka Cedeño de Sánchez

Universidad de Panamá, Facultad de Humanidades, Escuela de Educación Física, Panamá.

vielka.desanchez@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0006-4516-7674>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8616>

RESUMEN

La presente investigación expone el proceso de revisión sistemática bibliográfica realizado como base para fundamentar el diseño de una aplicación móvil destinada a la evaluación de la condición física en estudiantes de educación media en Panamá. El propósito central fue analizar el estado del arte sobre la condición física escolar y el uso de tecnologías móviles en la enseñanza de la Educación Física, con la intención de reconocer enfoques, instrumentos y limitaciones que permitan orientar el desarrollo de una herramienta innovadora y contextualizada a las necesidades actuales del sistema educativo. Para ello, se adoptó un enfoque cualitativo que aplicó metodologías reconocidas de revisión sistemática, siguiendo los lineamientos de autores como Linares-Espinós

pp.248-269

y Gómez-Luna, a partir de búsquedas en bases de datos académicas de alcance internacional tales como PubMed, Scopus, Dialnet, Redalyc, Scielo, ResearchGate y Google Scholar. Se definieron criterios de inclusión que abarcaron publicaciones comprendidas entre 2015 y 2025, en español e inglés, con acceso completo y pertinencia en contextos escolares, lo que permitió filtrar un total inicial de 81 documentos y seleccionar finalmente 45 que ofrecieron la mayor relevancia y calidad para el análisis. Los resultados obtenidos muestran que, aunque existe un interés creciente por el uso de aplicaciones móviles en la Educación Física escolar, todavía son limitados los desarrollos validados específicamente para estudiantes de este nivel. Se destaca el predominio de pruebas de campo tradicionales, como el test de Course Navette, la necesidad de adaptar instrumentos de evaluación a factores de edad, género y competencias digitales, así como la relevancia de incorporar elementos pedagógicos como la gamificación y la retroalimentación inmediata para incrementar la motivación y la participación estudiantil. En conclusión, la revisión realizada proporciona un sustento sólido para el diseño de una aplicación móvil que integre pruebas estandarizadas contextualizadas al ámbito escolar panameño, con accesibilidad tecnológica, generación de informes automatizados y estrategias pedagógicas que fortalezcan el rol docente y promuevan hábitos de vida saludables en los estudiantes, contribuyendo así a reducir la brecha entre innovación tecnológica y práctica educativa.

PALABRAS CLAVE: Condición física escolar, Evaluación física, Aplicaciones móviles educativas, Educación Física, Innovación tecnológica.

ABSTRACT

This research presents the systematic literature review process carried out as a basis for designing a mobile application for assessing the physical condition of secondary school students in Panama. The main purpose was to analyze the state of the art in school physical fitness and the use of mobile technologies in physical education teaching, with the aim of identifying approaches, instruments, and limitations that would guide the development of an innovative tool tailored to the current needs of the education system. To this end, a qualitative approach was adopted that applied recognized systematic review methodologies, following the guidelines of authors such as Linares-Espinós and

pp.248-269

Gómez-Luna, based on searches in international academic databases such as PubMed, Scopus, Dialnet, Redalyc, Scielo, ResearchGate, and Google Scholar. Inclusion criteria were defined to cover publications between 2015 and 2025, in Spanish and English, with full access and relevance in school contexts, which allowed for the filtering of an initial total of 81 documents and the final selection of 45 that offered the greatest relevance and quality for analysis.

Keywords: School physical fitness, Physical assessment, Mobile learning applications, Physical Education, Technological innovation.

INTRODUCCIÓN

La condición física en el ámbito escolar es un componente fundamental del desarrollo integral de los estudiantes (Reyes et al., 2023; Muñoz et al., 2024) y, de acuerdo con Costa et al. (2021), está referida a la capacidad de realizar actividad física determinada por variables como la fuerza, la resistencia cardiorrespiratoria, la velocidad, así como por indicadores antropométricos como el peso, la talla y el índice de masa corporal. Sevilla (2023) sostiene que no solo se trata de un conjunto de capacidades, habilidades y destrezas para ejecutar tareas motrices, sino también de un factor que influye directamente en la salud muscular, motora, metabólica y cardiorrespiratoria.

Dada su importancia, la evaluación de la condición física resulta imprescindible (Becerra et al., 2023), ya que hacerlo con herramientas válidas y accesibles permite monitorear el bienestar físico, prevenir riesgos y fomentar hábitos saludables desde la infancia (Valenzuela et al., 2024). Sin embargo, el problema central es que en el contexto escolar aún predominan métodos tradicionales basados en registros manuales y observaciones subjetivas, lo cual limita la precisión, dificulta la sistematización de datos y restringe el seguimiento longitudinal del progreso estudiantil.

En este escenario, las tecnologías móviles ofrecen una alternativa innovadora para modernizar los procesos de evaluación y adaptarlos a las necesidades reales de los entornos educativos (Gallo et al., 2021). Diversos autores destacan que la incorporación de herramientas digitales en la Educación Física no es solo una opción, sino una necesidad (Escobar-Reynel et al.,

pp.248-269

2022), ya que posibilitan recopilar información en tiempo real, generar informes automatizados y personalizar las evaluaciones de acuerdo con las características de los estudiantes (Bernate & Fonseca, 2023). Además, estudios recientes señalan que su uso favorece la motivación y la participación, integrando la realidad digital de los alumnos a prácticas pedagógicas activas y actuales (Choco, 2023).

La justificación de esta investigación radica en que, pese al avance de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el ámbito educativo, persiste una carencia de aplicaciones móviles específicamente validadas para la evaluación de la condición física en el contexto escolar panameño. Contar con una herramienta de este tipo no solo fortalecería el rol del docente como agente innovador y crítico, sino que también contribuiría a mejorar la calidad educativa mediante procesos más precisos, inclusivos y basados en la evidencia científica, generando un impacto positivo en la formación integral y en los hábitos de vida saludable de los estudiantes.

En este sentido, el diseño y uso de aplicaciones móviles para la evaluación física no solo moderniza el proceso, sino que amplía las posibilidades de intervención pedagógica y de investigación educativa (González et al., 2024; Castro & Daniel, 2024). Por ello, este artículo presenta el proceso de revisión bibliográfica sistemática realizado como base para fundamentar el desarrollo de una aplicación móvil con fines educativos, estableciendo como objetivo principal analizar el estado del arte sobre la evaluación de la condición física en estudiantes y el uso de tecnologías móviles en dicho proceso, con miras a sustentar científicamente el diseño de una propuesta innovadora y contextualizada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo de investigación adoptado se fundamentó en el paradigma cualitativo, bajo la metodología de revisión sistemática bibliográfica, siguiendo las recomendaciones de Linares-Espinós et al. (2018), quien plantea que este tipo de estudios deben estar planificados y estructurados mediante un protocolo definido, y de Gómez-Luna et al. (2014), que orienta la sistematización y gestión de la información científica.

pp.248-269

La búsqueda bibliográfica se realizó en bases de datos académicas de alcance internacional como PubMed, Springer Link, Scopus, Dialnet, Redalyc, ResearchGate, Connected Papers, Scielo y Google Scholar. Para ello se emplearon palabras clave en español e inglés, tales como: “diseño basado en la evidencia”, “aplicación móvil”, “educación física”, “evaluación de la condición física”, “tecnología en educación física”, “fitness assessment”, “mobile app”, “mHealth interventions”, combinadas con operadores booleanos a fin de optimizar la precisión de los resultados.

Los criterios de inclusión y exclusión se establecieron previamente para asegurar la calidad y pertinencia de las fuentes (ver Tabla 1).

Tabla 1

Criterios de inclusión y exclusión aplicados durante la revisión.

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
<ul style="list-style-type: none"> • Publicaciones comprendidas entre los años 2015 y 2025. • Disponibilidad de acceso íntegro al documento. • Investigaciones centradas en la evaluación de la condición física en población escolar. • Artículos publicados en idioma español o inglés. • Estudios desarrollados en regiones geográficas próximas o culturalmente afines al contexto del autor, con el fin de garantizar pertinencia y aplicabilidad de los hallazgos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios sin acceso al texto completo. • Publicaciones anteriores al año 2015. • Estudios realizados fuera del contexto escolar. • Trabajos con enfoques que no incluyan un componente físico en su diseño o evaluación. • Documentos duplicados o con redundancia significativa de información.

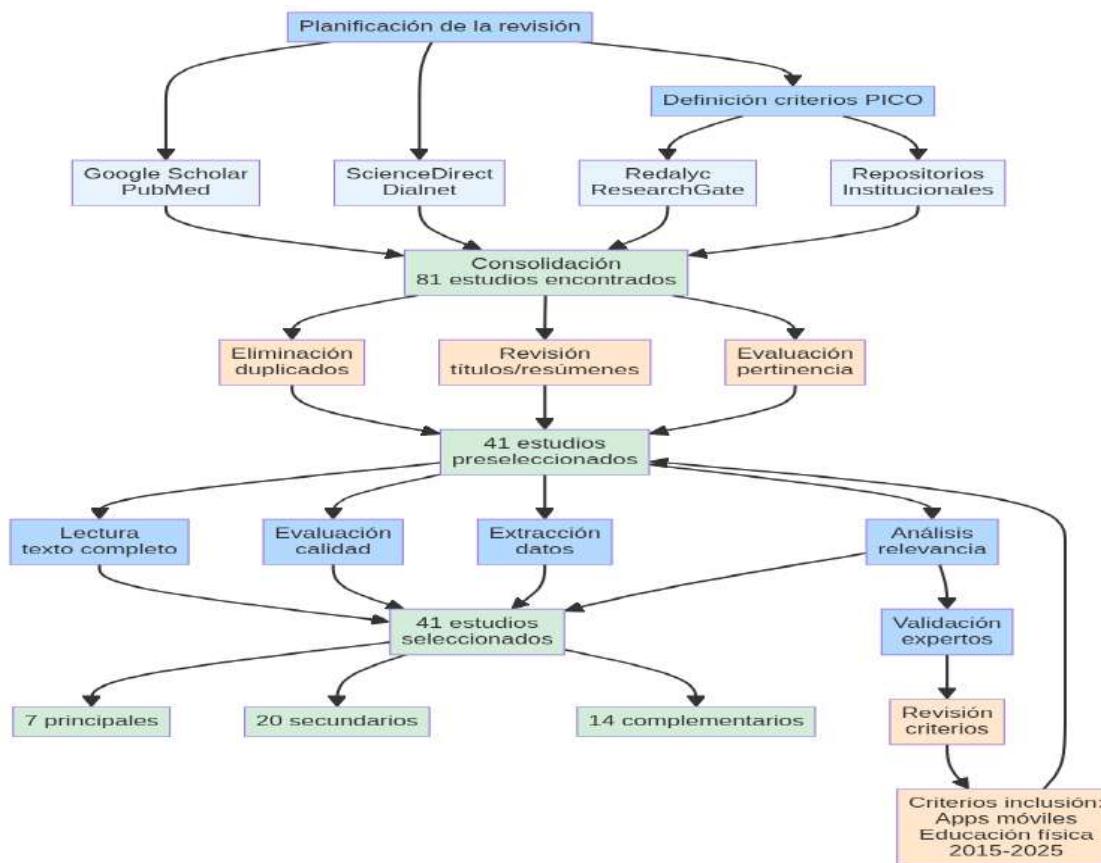
Nota. Adaptado de Linares-Espinós et al. (2018).

pp.248-269

El proceso de búsqueda inicial identificó un total de 81 estudios. Tras aplicar los filtros de inclusión y exclusión, se eliminaron 36 documentos por duplicidad, desactualización o falta de pertinencia, quedando 45 artículos. Finalmente, tras un segundo filtrado de relevancia y calidad metodológica, se seleccionaron 41 investigaciones que constituyeron el corpus de análisis. El procedimiento de selección se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios incluidos en la revisión sistemática.



pp.248-269

Nota. Elaboración propia a partir de los criterios de inclusión y exclusión establecidos para la revisión sistemática (2015–2025).

Para la organización de la información se construyó una matriz de vaciado, en la cual se registraron de manera sistemática los siguientes datos: autor(es), año de publicación, país, objetivo, metodología, resultados principales y aportes relevantes. Esta técnica permitió clasificar los estudios en tres categorías: 7 principales, 20 secundarios y 14 complementarios, lo que facilitó el análisis comparativo y la integración de hallazgos para fundamentar el diseño de la aplicación móvil.

Resultados

Se identificaron más de 81 documentos, de los cuales 45 fueron seleccionados tras aplicar los filtros. Los principales hallazgos incluyen: (1) el predominio del uso de pruebas de campo como el test de Course Navette, (2) escasa disponibilidad de aplicaciones móviles validadas para escolares, (3) múltiples estudios señalan la necesidad de adaptar instrumentos al contexto escolar y considerar factores como edad, género, accesibilidad tecnológica y formación docente, (4) promoción de la actividad física, (5) evaluación de la composición corporal

Además, se encontró un artículo referido al diseño y evaluación de una aplicación para Educación Física, específicamente de orientación deportiva en el medio natural. Llama la atención los artículos relacionados con la aplicación de códigos QR para el aprendizaje de contenidos relacionados con la Educación Física como: danza (1), niveles de motivación de los estudiantes en Educación Física (2), para el desarrollo de rallies escolares (1)

Para el proceso de búsqueda y selección de literatura, se emplearon palabras clave tanto en español como en inglés que reflejaron el enfoque del estudio. Entre ellas se incluyeron: "diseño basado en la evidencia", "aplicación móvil", "educación física", "evaluación de la condición física" y "tecnología en educación física", así como sus equivalentes en inglés: "evidence-based design", "mobile app", "physical education", "fitness assessment" y "mHealth interventions adolescents" a su vez, "mobile apps" AND "physical education" AND adolescents, "digital tools" AND "capacidades físicas" AND "educación secundaria", "ICT in PE" AND "secondary school",

pp.248-269

"mHealth" AND "school-based physical activity", "apps móviles" AND "evaluación física" AND "docentes", "gamification" AND "educación física", "wearables" AND "entrenamiento físico" AND "educación media". Estas expresiones permitieron acotar el universo documental hacia estudios centrados en el uso de herramientas digitales para promover o evaluar la actividad física en entornos educativos. Durante la revisión, se excluyeron trabajos duplicados, publicaciones desactualizadas o aquellas que no guardaban relación directa con los objetivos del estudio. Este proceso, más allá de aplicar filtros técnicos, implicó una revisión crítica de los enfoques y contextos abordados por cada publicación, con el fin de asegurar que el corpus final fuera pertinente, actualizado y representativo del estado actual del conocimiento en esta área.

Tomando como referencia la literatura examinada, se analizaron un total de 41 investigaciones científicas, de las cuales 7 estudios fueron clasificados como referencias principales por su enfoque directo en el desarrollo, validación y eficacia de aplicaciones móviles para la evaluación de la condición física en contextos escolares o juveniles, empleando metodologías robustas como ensayos controlados aleatorios, revisiones sistemáticas o estudios longitudinales. Destacan los trabajos de Mateo-Orcajada (2023), Mateo-Orcajada et al. (2024), Mateo-Orcajada et al. (2025), Pradal-Cano et al. (2020), Sal-de-Rellán (2025), así como las investigaciones desarrolladas en Colombia por Escobar-Reynel et al. (2021) y Garzón-Bejarano (2022), por su relevancia teórica y aplicabilidad práctica al contexto educativo.

Por otro lado, 20 referencias fueron consideradas como secundarias, ya que, si bien no abordan exclusivamente la evaluación de la condición física, sí analizan variables complementarias como la percepción docente, la integración tecnológica en el aula o el diseño centrado en el usuario, siendo ejemplos notables los estudios de Gil-Espinosa et al. (2022), Al Ardha et al. (2024) y Menescardi et al. (2021). Finalmente, 14 trabajos se clasifican como referencias complementarias o de soporte contextual, al aportar perspectivas útiles sobre accesibilidad, representación corporal, gamificación, bienestar emocional y el ecosistema digital de aplicaciones móviles (como los estudios de Barahona et al., 2023; Bhagya Chembakottu et al., 2023; Zhang, 2024).

pp.248-269

Esta categorización permite estructurar una base teórica integral que respalda el diseño basado en evidencia de una aplicación móvil centrada en la evaluación física en estudiantes, integrando dimensiones pedagógicas, tecnológicas y psicosociales (ver Tabla 2).

Tabla 2.

Comparativa de los estudios principales sobre aplicaciones móviles en educación física.

No.	Autor(es)	Año	País	Objetivo de la investigación	Metodología	Resultados claves
1	Pradal-Cano et al.	2020	España	Validar app física para educación física	Revisión sistemática	Propuesta metodológica, marco teórico y uso de robots para recolección de datos
2	Escobar-Reynel et al.	2021	Colombia	Presentar un modelo para desarrollar aplicaciones móviles educativas	Investigación descriptiva con enfoque mixto	Implementar apps educativas como herramienta didáctica
3	Garzón-Bejarano	2022	Colombia	Desarrollar estrategias pedagógicas para enseñanza	Diseño no experimental-transversal	Implementación y uso de estrategias pedagógicas
4	Mateo-Orcajada	2023	España	Desarrollar app para promoción de la salud en el entorno escolar	Diseño transversal (fase 1) + Estudio longitudinal (fase 2)	Promoción de la salud y adherencia a actividad física mediante app
5	Mateo-Orcajada et al.	2024	España	Evaluar impacto del uso de apps móviles sobre la salud psicológica	Ensayo controlado aleatorizado	Contadores de pasos mejoran bienestar psicológico y motivación
6	Mateo-Orcajada et al.	2025	España	Analizar elementos clave para diseñar una app de actividad	Métodos mixtos (grupos focales,	Identificación de claves de diseño: gamificación, retroalimentación inmediata, accesibilidad y personalización

pp.248-269

No.	Autor(es)	Año	País	Objetivo de la investigación	Metodología	Resultados claves
				física escolar y extraescolar	entrevistas, cuestionarios)	
7	Sal-de-Rellán	2025	España	Revisar la gamificación y su efecto en motivación en educación física	Revisión sistemática	Mejora la motivación, autonomía y clima de clase

Fuente: Pradal-Cano et al. (2020), Escobar-Reynel et al. (2021), Garzón-Bejarano (2022), Mateo-Orcajada (2023, 2024, 2025) y Sal-de-Rellán (2025).

Como se observa en la Tabla 2, se presenta una recopilación de investigaciones recientes relacionadas con el desarrollo y validación de aplicaciones móviles orientadas a la educación física, el deporte y el ámbito escolar. Estas investigaciones abarcan desde el año 2020 hasta 2025, con aportes procedentes principalmente de España y Colombia.

En primer lugar, el estudio de Pradal-Cano et al. (2020), desarrollado en España, tuvo como objetivo validar una aplicación física mediante una revisión sistemática, destacando la propuesta de un marco teórico sólido y la incorporación de recursos tecnológicos innovadores. En el contexto colombiano, Escobar-Reynel et al. (2021) presentaron un modelo para el desarrollo de aplicaciones móviles educativas, adoptando un enfoque descriptivo y mixto que evidenció su utilidad como herramienta didáctica. De igual forma, Garzón-Bejarano (2022) centró su propuesta en estrategias pedagógicas apoyadas por aplicaciones móviles, con aplicación directa en la enseñanza de habilidades motrices.

En el ámbito español, Mateo-Orcajada (2023) desarrolló una aplicación para la promoción de la salud en el contexto escolar, combinando fases transversales y longitudinales, mientras que Mateo-Orcajada et al. (2024) evaluaron, mediante un ensayo controlado aleatorizado, el impacto del uso de apps móviles en el bienestar psicológico y la motivación estudiantil. Más recientemente, Mateo-Orcajada et al. (2025) identificaron, a través de un estudio de métodos mixtos, elementos clave para el diseño de aplicaciones escolares y extraescolares, como la gamificación, la

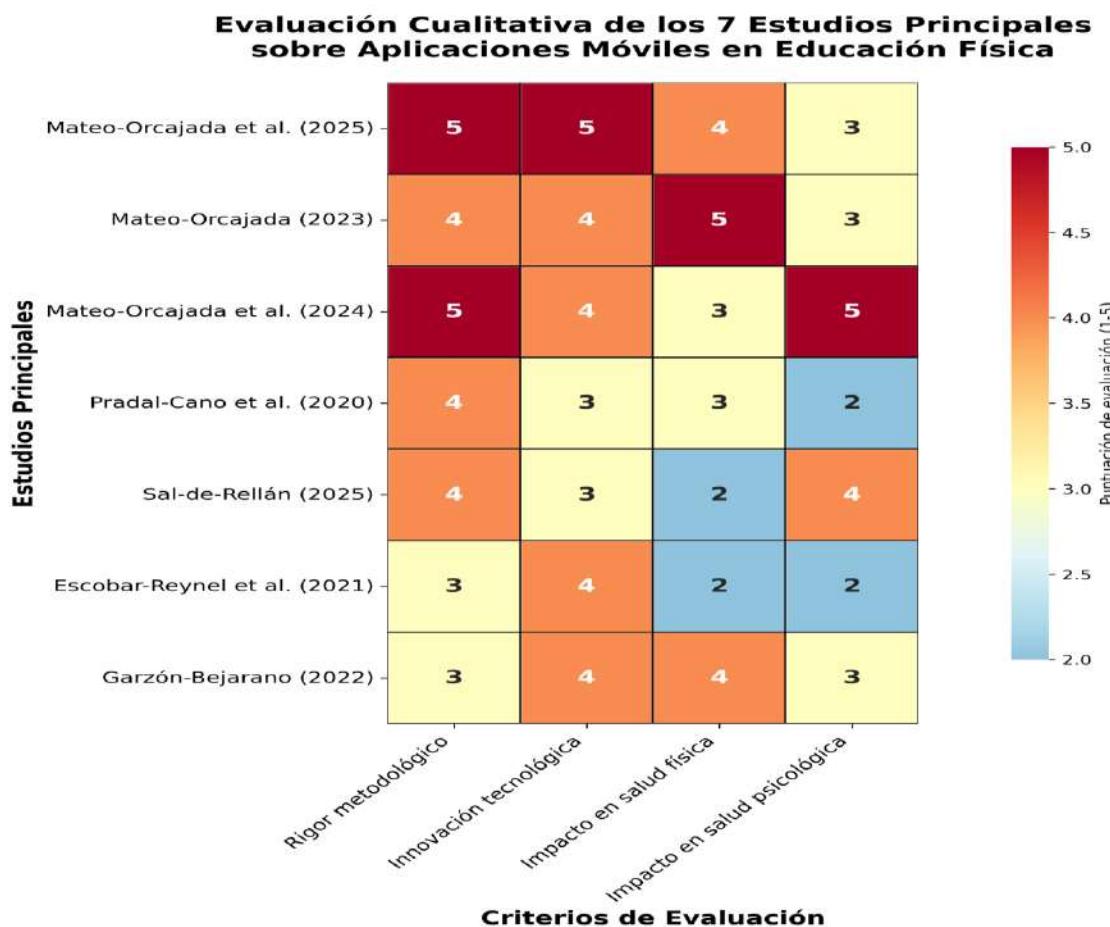
pp.248-269

retroalimentación inmediata y la personalización. Por su parte, Sal-de-Rellán (2025) revisó sistemáticamente el uso de la gamificación en la educación física, evidenciando su efecto positivo sobre la motivación, autonomía y clima en el aula.

En conjunto, estas investigaciones muestran un interés creciente por la integración de tecnología móvil en la educación física, utilizando metodologías variadas como revisiones sistemáticas, estudios longitudinales y diseños experimentales, con aplicaciones que van desde la validación teórica hasta la implementación práctica. (Ver Figura 2).

Figura 2.

Mapa de calor de la evaluación cualitativa de los estudios principales sobre aplicaciones móviles en educación física



pp.248-269

Fuente: Pradal-Cano et al. (2020), Escobar-Reynel et al. (2021), Garzón-Bejarano (2022), Mateo-Orcajada (2023, 2024, 2025) y Sal-de-Rellán (2025).

La Figura 2 presenta un análisis comparativo de las siete investigaciones principales sobre aplicaciones móviles aplicadas a la educación física, evaluadas según tres componentes clave: salud física, salud psicológica y educación. Los valores, expresados en una escala de 1 a 5, permiten identificar patrones diferenciados en la contribución de cada estudio a estas dimensiones. En el componente de salud física, los trabajos de Mateo-Orcajada et al. (2025) y Mateo-Orcajada (2023) alcanzan la puntuación máxima (5), reflejando un impacto directo en la mejora del rendimiento y la adherencia a la actividad física. En la dimensión de salud psicológica, destacan Mateo-Orcajada et al. (2024) y Sal-de-Rellán (2025), ambos con la máxima valoración (5), gracias a la integración de estrategias de gamificación y seguimiento personalizado que favorecen la motivación y el bienestar emocional. En el componente educativo, la mayoría de las investigaciones, incluyendo Mateo-Orcajada et al. (2025), Mateo-Orcajada (2023), Pradal-Cano et al. (2020), Sal-de-Rellán (2025) y Garzón-Bejarano (2022), alcanzan la calificación más alta, evidenciando un énfasis común en la aplicación pedagógica y la creación de entornos de aprendizaje enriquecidos mediante tecnología móvil.

Para finalizar se debe concluir que existe una tendencia creciente hacia el uso de aplicaciones móviles como herramientas eficaces para la promoción de la salud y la educación, con niveles variables de profundidad metodológica y de impacto en el bienestar integral de las que lo usan.

En base a los seis estudios analizados se quiso conocer el tipo de aplicación móvil desarrollada y su objetivo principal. (Ver Tabla 3).

Tabla 3.

Autores, tipo de aplicación móvil desarrollada y su objetivo principal.

AUTOR(ES)	TIPO DE APLICACIÓN MÓVIL	OBJETIVO PRINCIPAL
Pradal-Cano et al. (2020)	App de evaluación física con componentes robóticos	Validar una aplicación física incorporando tecnología robótica para optimizar la medición de la condición física.
Escobar-Reynel et al. (2021)	App educativa como herramienta didáctica	Desarrollar un modelo para implementar aplicaciones móviles educativas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
Garzón-Bejarano (2022)	App para el desarrollo de habilidades motrices	Implementar estrategias pedagógicas digitales para mejorar habilidades motrices en el ámbito escolar.
Mateo-Orcajada (2023)	App escolar para la promoción de la salud física	Fomentar hábitos saludables y la práctica regular de actividad física en estudiantes.
Mateo-Orcajada et al. (2024)	App para la mejora del bienestar psicológico (contador de pasos)	Mejorar el bienestar emocional y la motivación estudiantil mediante seguimiento de actividad física.
Mateo-Orcajada et al. (2025)	App escolar y extraescolar con elementos de gamificación, retroalimentación inmediata y personalización	Identificar y aplicar elementos clave para el diseño de aplicaciones de actividad física escolar y extraescolar.
Sal-de-Rellán (2025)	App gamificada para motivar la participación y mejorar el clima de clase	Incrementar la motivación, autonomía y participación estudiantil en educación física a través de la gamificación.

Fuente: Pradal-Cano et al. (2020), Escobar-Reynel et al. (2021), Garzón-Bejarano (2022), Mateo-Orcajada (2023, 2024, 2025) y Sal-de-Rellán (2025).

La Tabla 3, presenta una síntesis de las siete investigaciones principales identificadas en la revisión sistemática, en la que se describen el tipo de aplicación móvil desarrollada y su objetivo

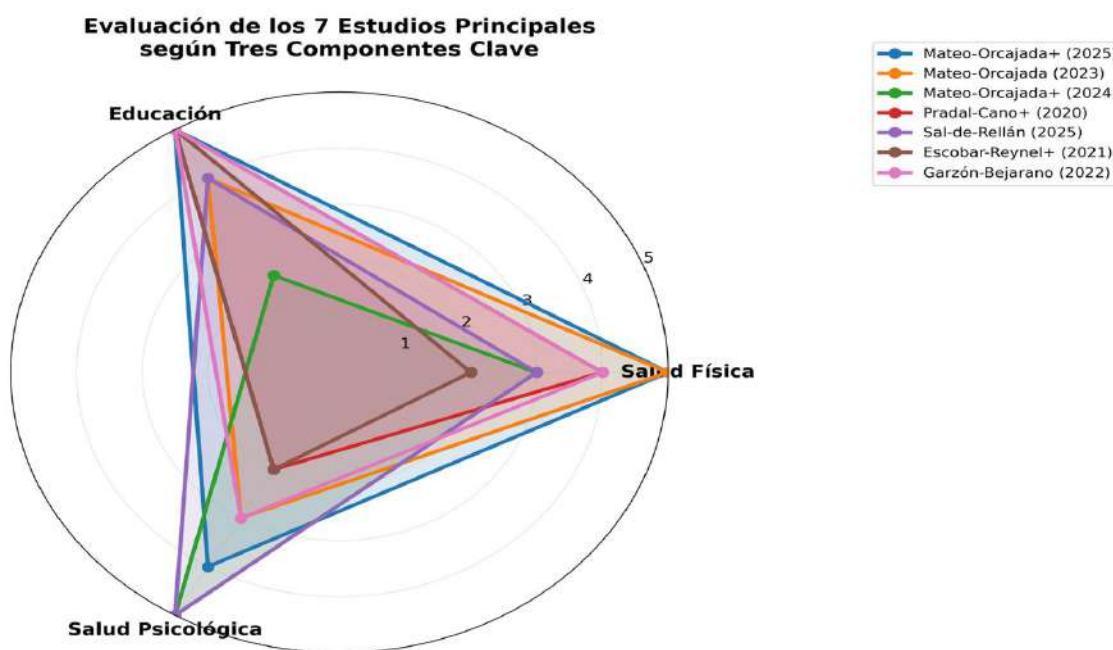
pp.248-269

central. Estas experiencias abarcan un rango temporal comprendido entre 2020 y 2025, con predominio de aportes provenientes de España y Colombia, lo que evidencia un interés internacional sostenido por la integración de la tecnología móvil en la educación física y el ámbito escolar. En el contexto español, Pradal-Cano et al. (2020) desarrollaron una aplicación de evaluación física con componentes robóticos, orientada a optimizar la medición de la condición física mediante recursos tecnológicos avanzados. Por su parte, Mateo-Orcajada (2023) diseñó una aplicación para la promoción de la salud física en entornos escolares, mientras que Mateo-Orcajada et al. (2024) incorporaron un enfoque de bienestar psicológico a través de un contador de pasos, y en 2025 ampliaron el alcance hacia un modelo escolar y extraescolar con elementos de gamificación, retroalimentación inmediata y personalización. Asimismo, Sal-de-Rellán (2025) centró su propuesta en una aplicación gamificada orientada a potenciar la motivación, la autonomía y el clima de aula en educación física. En el contexto colombiano, Escobar-Reynel et al. (2021) propusieron una aplicación educativa como herramienta didáctica, y Garzón-Bejarano (2022) desarrolló una aplicación para el fortalecimiento de habilidades motrices mediante estrategias pedagógicas digitales. En conjunto, estas investigaciones ilustran una diversidad de enfoques y finalidades que van desde la validación teórica y el diseño metodológico hasta la implementación práctica, aportando evidencia sólida para la fundamentación y el diseño de aplicaciones móviles contextualizadas a las necesidades de la educación física escolar.

Otro de los aspectos que se consideraron en la revisión exhaustiva de los 7 autores seleccionados fue el tipo de temática abordada por el autor. (Ver Figura 3).

Figura 3.

Evaluación de los estudios principales según tres componentes clave: salud física, salud psicológica y educación.



Fuente: Pradal-Cano et al. (2020), Escobar-Reynel et al. (2021), Garzón-Bejarano (2022), Mateo-Orcajada (2023, 2024, 2025) y Sal-de-Rellán (2025).

La Figura 3, muestra un análisis comparativo de los siete estudios principales sobre aplicaciones móviles en educación física, evaluados según tres componentes clave: salud física, salud psicológica y educación. Los valores, expresados en una escala de 1 a 5, permiten identificar patrones diferenciados en la contribución de cada investigación a estas dimensiones. En el componente de salud física, los trabajos de Mateo-Orcajada et al. (2025) y Mateo-Orcajada (2023) alcanzan la puntuación máxima (5), reflejando su impacto directo en la mejora del rendimiento y la adherencia a la actividad física. En el ámbito de la salud psicológica, destacan Mateo-Orcajada et al. (2024) y Sal-de-Rellán (2025), ambos con la máxima calificación (5), debido a la integración de estrategias como la gamificación y el seguimiento personalizado para promover la motivación y el bienestar emocional. Respecto al componente educativo, la mayoría de los estudios, incluidos

pp.248-269

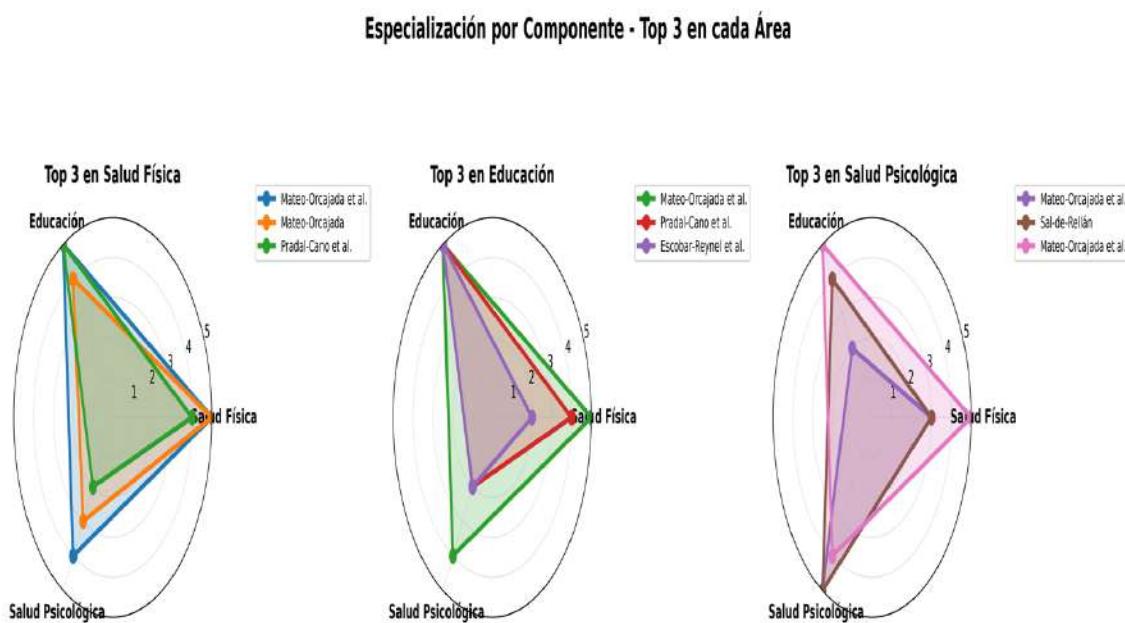
Mateo-Orcajada et al. (2025), Mateo-Orcajada (2023), Pradal-Cano et al. (2020), Sal-de-Rellán (2025) y Garzón-Bejarano (2022), alcanzan la calificación máxima (5), lo que evidencia un énfasis común en la aplicación pedagógica y en la generación de entornos de aprendizaje enriquecidos mediante el uso de tecnología móvil. Sin embargo, investigaciones como Escobar-Reynel et al. (2021) y Mateo-Orcajada et al. (2024) muestran puntuaciones más moderadas en algunos componentes, lo que sugiere que sus aportes, aunque valiosos, están más enfocados en objetivos específicos que en un abordaje integral de las tres dimensiones.

En conjunto, el diagrama de radar evidencia que las investigaciones mejor posicionadas son aquellas que combinan un alto impacto en el ámbito educativo con efectos positivos simultáneos en la salud física y psicológica, reforzando su relevancia como referentes para el diseño de aplicaciones móviles en contextos escolares.

En continuidad con el análisis presentado en la Figura 3, la Figura 4 profundiza en la especialización de los estudios principales al mostrar las tres investigaciones con mayor puntuación obtenida en cada uno de los tres componentes evaluados: salud física, educación y salud psicológica (ver Figura 4).

Figura 4.

Investigaciones con mayor puntuación en los componentes de salud física, educación y salud psicológica.



Fuente: Pradal-Cano et al. (2020), Escobar-Reynel et al. (2021), Garzón-Bejarano (2022), Mateo-Orcajada (2023, 2024, 2025) y Sal-de-Rellán (2025).

Finalmente, la Figura 4 detalla las tres investigaciones con mayor puntuación obtenida en cada componente. En salud física, sobresalen Mateo-Orcajada et al. (2025), Mateo-Orcajada (2023) y Pradal-Cano et al. (2020), todos con aportes significativos en la optimización del rendimiento y la adherencia a la actividad física. En el componente educativo, destacan Mateo-Orcajada et al. (2025), Pradal-Cano et al. (2020) y Escobar-Reynel et al. (2021), evidenciando su capacidad para integrar aplicaciones móviles como herramientas pedagógicas efectivas. En salud psicológica, lidera Mateo-Orcajada et al. (2024), seguido por Sal-de-Rellán (2025) y Mateo-Orcajada et al. (2025), cuyas intervenciones han demostrado beneficios claros en la motivación y

pp.248-269

el bienestar estudiantil. Este análisis integrado refuerza la relevancia de estas investigaciones como referentes para el diseño de aplicaciones móviles contextualizadas a la educación física escolar, combinando criterios pedagógicos, tecnológicos y de impacto en la salud integral.

Análisis

La revisión sistemática realizada pone en evidencia una carencia significativa de herramientas tecnológicas validadas para la evaluación de la condición física en el contexto escolar. A pesar del crecimiento sostenido de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación, los estudios que integran de manera rigurosa protocolos estandarizados de medición física con aplicaciones móviles son escasos y, en su mayoría, carecen de una validación empírica sólida. Este vacío abre una oportunidad estratégica para el desarrollo de soluciones tecnológicas que permitan no solo medir indicadores físicos, sino también facilitar un seguimiento longitudinal y generar informes automatizados, útiles para docentes, estudiantes y familias.

Los resultados muestran que las investigaciones más robustas, como las de Mateo-Orcajada (2023), Mateo-Orcajada et al. (2024), , Mateo-Orcajada et al. (2025), Pradal-Cano et al. (2020), Sal-de-Rellán (2025), Escobar-Reynel et al. (2021) y Garzón-Bejarano (2022), coinciden en resaltar la necesidad de un enfoque centrado en el usuario y adaptado al entorno escolar. Estas experiencias integran componentes pedagógicos, tecnológicos y motivacionales, con metodologías que van desde revisiones sistemáticas hasta ensayos controlados y estudios de métodos mixtos, lo que refuerza su valor como referentes para el diseño de nuevas herramientas.

No obstante, persisten retos que condicionan la implementación de estas soluciones, entre ellos la accesibilidad tecnológica, la capacitación docente y la adaptabilidad cultural y contextual de las aplicaciones. Además, varios estudios enfatizan la importancia de integrar dimensiones psicosociales como la motivación, el bienestar y la percepción corporal, y metodologías participativas en el diseño de herramientas digitales, lo que favorece la apropiación de la tecnología por parte de la comunidad educativa. Esto implica que el desarrollo de una aplicación para la evaluación física no debe limitarse a un uso diagnóstico, sino que debe constituirse como un

pp.248-269

recurso pedagógico integral que promueva la actividad física, potencie la motivación estudiantil y respalde la toma de decisiones pedagógicas basadas en datos.

Conclusiones

La revisión bibliográfica realizada ofrece un sustento teórico sólido para el diseño de una aplicación móvil orientada a la evaluación de la condición física en estudiantes de educación media. El análisis permitió reconocer enfoques metodológicos eficaces, variables determinantes y vacíos relevantes en la literatura, así como las características esenciales que deben incorporarse para garantizar la pertinencia y usabilidad de la herramienta propuesta.

Los hallazgos evidencian que una aplicación de este tipo debe integrar pruebas físicas estandarizadas adaptadas al contexto escolar panameño, facilitar la recolección y el análisis de datos en tiempo real, y generar informes automatizados que resulten útiles para docentes, estudiantes y familias. Asimismo, debe propiciar un seguimiento longitudinal del progreso físico, contemplando factores como la accesibilidad, la edad, el género y las competencias digitales de los usuarios. Igualmente, se destaca la importancia de incluir componentes pedagógicos y motivacionales, tales como estrategias de gamificación y retroalimentación inmediata, que favorezcan tanto el compromiso estudiantil como la toma de decisiones pedagógicas informadas.

En definitiva, el desarrollo de esta herramienta tecnológica debe basarse en la evidencia científica, orientándose no solo a optimizar la práctica educativa, sino también a fomentar hábitos de vida activos y saludables. De esta manera, la propuesta contribuirá a reducir la brecha existente entre la innovación tecnológica y las necesidades reales de la educación física escolar, fortaleciendo el papel del docente como agente de innovación y mejorando la experiencia formativa del estudiantado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becerra Aravena, M., Merellano-Navarro, E., & Hermosilla Palma, F. (2023). Niveles de actividad física en jóvenes y adolescentes respecto al sexo y horas de Educación Física. *Revista REAF*, 3(1), 1-23. <https://doi.org/10.32457/reaf2.2301>
- Bernate, J., & Fonseca, I. (2023). Competencias digitales en profesores de Licenciatura de Educación Física. *Revista Retos*, (49), 252-259. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8932203>
- Costa Acosta, J., Valdés López Portilla, M. R., Rodríguez Madera, A., & Núñez González, A. (2021). Los componentes de la condición física, su relación con el estado de salud en estudiantes universitarios. *Revista PODIUM*, 16(2), 369-381. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpp/v16n2/1996-2452-rpp-16-02-369.pdf>
- Choco Vargas, N. R. . (2023). Potenciando la asignatura de Educación Física con tecnología educativa en estudiantes de básica superior . *Revista InveCom*, 4(1), 1–13. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8381217>
- Escobar-Reynel, J. L., Baena-Navarro, R., Giraldo-Tobón, B., Macea-Anaya, M., & Castaño-Rivera, S. (2022). Modelo de desarrollo para la construcción de aplicaciones móviles educativas. *Revista TecnoLógicas*, 24(52), 1-26. <https://doi.org/10.22430/22565337.2065>
- Gallo Macias, G. G., Cañas Suarez, A. J., & Campi Mayorga, J. A. (2021). Aplicaciones de las TIC en la educación. *Revista RECIAMUC*, 5(2), 45-56. <https://doi.org/10.26820/reciamuc/5>.
- Garzon-Bejarano, A. (2022). *Desarrollo de una estrategia pedagógica por medio de una aplicación móvil de habilidades motrices básicas, para estudiantes de quinto grado*. [Tesis de Final de Grado] Universidad de Santander. Bucaramanga, Santander, Colombia. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/8232>
- Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., & Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Revista DYNAS*, 81(184), 158-163. <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v81n184.37066>
- González García, J. S., Inganzo, R. F., Jasso García, L. H., Salazar Valdez, D. A., & Martínez Ramírez, S. K. (2024). Código QR en la Educación Física para el desarrollo de rally's escolares. *Revista Emergentes*, 4(2), 1–15. <https://doi.org/10.60112/erc.v4.i1.127>

pp.248-269

Linares-Espinós, E., Hernández, V., Domínguez-Escrig, J. L., Fernández-Pello, S., Hevia, V., Mayor, J., Padilla-Fernández, B., & Ribat, M. J. (2018). Metodología de una revisión sistemática. *Actas Urológicas Españolas*, 42(8), 499-506.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0210480618300615>

López Ávila, C. R., Orlando Arcila-Rodríguez, W., & Betancur Agudelo, J. E. (2022). Prácticas evaluativas en la clase de Educación Física: un asunto de desconocimiento. *Revista Retos*, 44, 77-85.

<https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A4%3A16674308/detailv2?sid=ebsco>

Mateo Orcajada, A. (2023). *Las nuevas tecnologías como herramienta para la promoción de la salud en escolares de Educación Secundaria Obligatoria de la CARM: efectos de las aplicaciones tecnológicas deportivas sobre la salud física y psicológica de los adolescentes*. [Tesis Doctoral] Universidad Católica de Murcia. Murcia, España. <http://hdl.handle.net/10952/7085>

Mateo Orcajada, A., Vaquero-Cristóbal, R., & Abenza-Cano, L. (2024). El uso de aplicaciones móviles de actividad física mejora el estado psicológico de los adolescentes: un ensayo controlado aleatorio. (1),

<https://translate.google.com/website?sl=en&tl=es&hl=es&client=srp&u=https://doi.org/10.1155/2024/4687827>

Adrián Mateo-Orcajada, Lucía Abenza-Cano, López-Miñarro, P. Á., Meroño, L., Gallardo-Guerrero, A. M., Morales-Belando, T., González-Gálvez, N., Espeso-García, A., Tomás Abelleira-Lamela, Nerea Gómez-Cuesta, García-Velez, A. J., Albaladejo-Saura, M., Esparza-Ros, F., & Vaquero-Cristóbal, R. (2025b). Analyzing the keys to the design of a mobile application for physical activity for school and out-of-school use from the perspective of adolescents, teachers, coaches, managers, and experts. *PLoS ONE*, 20(5), e0322074–e0322074. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0322074>

Munoz Strale, C., Giakoni-Ramírez, F., Pinochet, F., Godoy-Cumillat, A., Fuentes-Merino, P., & Duclos-Bastías, D. (2024). Condición física, actividad física y calidad de vida en estudiantes universitarios chilenos. *Revista Retos*, (56), 521-530.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9496418>

Castro, E. P., & Daniel, O. (2024). Tendencias en el uso de aplicaciones móviles como recurso para fomentar la práctica de la actividad física. *EmásF: Revista Digital de Educación Física*, 88, 32–53.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/dcart?info=link&codigo=9529043&orden=0>

Pérez Rabadán, R. . (2021). Diseño y evaluación de una aplicación para Educación Física de orientación deportiva en el medio natural. *Revista RiiTE*, (10), 43–61. <https://doi.org/10.6018/riite.432941>

pp.248-269

Colmenero, B. R. (2023). Efecto de un programa de actividad física basado en el uso de aplicaciones móviles sobre la composición corporal de jóvenes universitarios durante el confinamiento por COVID-19. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte Y Recreación*, 50, 717–723. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9081104.pdf>

Reyes Rodríguez, A. D., Villarroel-Ojeda, L., Moraga-Muñoz, R., & Hernández-Mosqueira, C. (2023). Efectos de programas de ejercicio físico en la calidad de vida y la condición física orientados a la salud, en estudiantes universitarios con sobrepeso u obesidad. Una revisión sistemática. *Revista Retos*, (50), 332-341.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9061256>

Sevilla Morocho, L.E. (2023). Evaluación del nivel de condición física post pandemia en estudiantes adolescentes del Ecuador. Una revisión teórica. *Revista Lecturas: Educación Física y Deportes*, 28(302), 61-73. <https://doi.org/10.46642/efd.v28i302.3649>

Talero-Jaramillo, E. A., Chaverra-Fernández, B. E., Gaviria-Cortés, D. F. (2024). Tecnologías de la Información y la Comunicación en la clase de Educación Física. *Estudios Pedagógicos*, 50(2), 403-415. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-07052024000200403>

Valenzuela Contreras, L., Villaseca-Vicuña, R. Seguieda-Lorca, A., Morales Ríos, C., Osorio Aud, J., & Barrera Díaz, J. (2024). Comparación de la composición corporal y rendimiento físico según sexo y su relación entre variables en estudiantes universitarios de Educación Física de Santiago de Chile. *Revista Retos*, (56), 114-121.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=947031>