



INNOVACIÓN, SEGURIDAD Y SOSTENIBILIDAD:

**perspectivas
interdisciplinarias en la
gestión organizacional del
siglo XXI**



TEINCO
INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR

VIGILADA MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL



JUNTA DIRECTIVA TEINCO

Representante Legal: Ernesto Parra Herrera

Secretaria general: Paula Alejandra Pérez Caicedo

Rector: Carlos Andrés Gómez Vergara

Vicerrectoría académica: Laura León

Directora de División de Investigación de Tecnología Aplicada - DITA: Lady Johanna Herrera Vargas

Director Editorial TEINCO: Lady Johanna Herrera Vargas

Quintana, Paola Andrea, autora

Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI / Paola Andrea Quintana [y otros nueve]. – Bogotá: Teinco, 2026.

1 recurso en línea: archivo de texto: PDF.

Incluye referencias bibliográficas – Texto en español con resúmenes en inglés.

ISBN 978-628-97363-6-6

1. Administración de empresas - Investigaciones - Colombia - Siglo XXI 2. Seguridad industrial - Investigaciones - Colombia - Siglo XXI 3. Transformación digital - Investigaciones - Colombia - Siglo XXI 4. Gestión de calidad - Investigaciones - Colombia - Siglo XXI 5. Competitividad empresarial - Investigaciones - Colombia - Siglo XXI I. Castellanos, Adriana María, autora II. Medina Lagos, Yaxmin, autora III. Varón Díaz, Linda Mariana, autora IV. Idrobo Cruz, Claudia Sofía, autora V. Puerto Moreno, Sergio Arley, autor VI. Calvache, Jamilton Alexander, autor VII. Idrobo Cruz, María Isabel, autora VIII. Hernández Montenegro, Francy Estephany, autora IX. Ariza Useche, Javier, autor

CDD: 658.009861 ed. 23

CO-BoBN- a1179339

Editores Editorial TEINCO

Lady Johanna Herrera Vargas: directora editorial

Daniel Felipe Bejarano Díaz: editor general

Liceth Dayana Holguín Beltrán: editora

Autores

Paola Andrea Quintana, Adriana María Castellanos, Yaxmin Medina Lagos, Linda Mariana Varón Díaz, Claudia Sofía Idrobo Cruz, Sergio Arley Puerto Moreno, Jamilton Alexander Calvache, María Isabel Idrobo Cruz, Francy Estephany Hernández Montenegro, Javier Ariza Useche

Editores de la obra

Daniel Felipe Bejarano Díaz

Liceth Dayana Holguín Beltrán

Corrección de estilo

Liceth Dayana Holguín Beltrán

Diseño y diagramación

Jhoan Sebastian Cuesta Pulido

eISBN: 978-628-97363-6-6

DOI del libro: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6>

Fecha de publicación: 15/07/2026

Av. Calle 63 #22 - 39

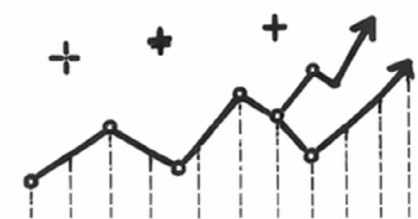
Sede 7 de agosto, Bogotá D.C.

Teléfono: 601 7433200

editorial@teinco.edu.co



CONTENIDO



Resumen	11
Abstract	12
Presentación	13

Capítulo I. Análisis ergonómico y postural de la manipulación de cargas en la recolección de *Passiflora edulis* f. *edulis* en fincas en Cundinamarca

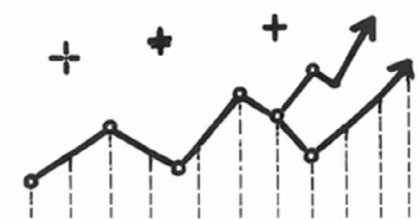
15

Resumen	16
Abstract	16
Introducción	18
Objetivos	18
Objetivo general	18
Objetivos específicos	18
Hipótesis	19
Marco conceptual o teórico	19
Materiales y métodos	20
Hallazgos o resultados	21
Conclusiones	24
Referencias	25

Capítulo II. Auditoría de accesibilidad web: análisis crítico de VPAT/ACR y desafíos en la conformidad con WCAG y ADA

27

Resumen	28
Abstract	28
Introducción	30
Objetivos	30
Objetivo general	30
Objetivos específicos	30
Hipótesis	31
Marco conceptual o teórico	31
El ecosistema VPAT/ACR: definición, evolución y brecha de validez ..	31
Los marcos normativos de referencia: WCAG y ADA	31
Evidencia empírica de la brecha: lecciones desde la práctica	31



Materiales y métodos	32
Diseño general del estudio	32
Análisis documental sistemático	33
Estudios de caso empíricos con evaluación de usuarios	33
Entrevistas con actores clave	34
Consideraciones éticas	34
Hallazgos o resultados	34
Caracterización de las prácticas actuales en la elaboración de VPAT/ACR	34
Calidad y exhaustividad documental	35
Identificación de desafíos metodológicos críticos	36
Propuestas de innovación metodológica preliminares	37
Conclusiones	38
Referencias	40

3

Capítulo III. Determinar la percepción del riesgo ocupacional en trabajadores autorizados para el trabajo en alturas en el sector de la construcción del municipio de Manizales en el 2024	41
---	-----------

Resumen	42
Abstract	42
Introducción	44
Objetivos e hipótesis	46
Objetivo general	46
Objetivos específicos	46
Marco conceptual o teórico	47
Materiales y métodos	49
Hallazgos o resultados	51
Resultados asociados al objetivo específico No. 1	51
Conclusiones	57
Referencias	59

4

Capítulo IV. Implementación de herramientas digitales e inteligencia artificial en la gestión del SG-SST en una empresa de construcción en Bogotá (2025)	61
---	-----------

Resumen	62
Abstract	62
Introducción	64
Objetivos e hipótesis	64
Objetivo general	64
Objetivos específicos	65



Marco conceptual o teórico	65
Materiales y métodos	65
Hallazgos o resultados	66
Conclusiones	69
Referencias	70

Capítulo V. Inteligencia artificial para la optimización de sistemas de gestión de calidad en manufactura sostenible: un enfoque hacia los ODS 71

Resumen	72
Abstract	72
Introducción	74
Objetivos e hipótesis	76
Objetivo general	76
Objetivos específicos	76
Hipótesis	76
Marco conceptual o teórico	76
Fundamentos teóricos de la inteligencia artificial en manufactura ...	76
Evolución paradigmática: de la industria 4.0 hacia la industria 5.0 ...	77
Adopción tecnológica en manufactura	77
Frameworks teóricos para sistemas de gestión de calidad inteligentes	77
Modelos de aprendizaje automático y arquitecturas de IA	78
Teorías de sostenibilidad y manufactura circular	78
Modelos de toma de decisiones y optimización	78
Teorías de gestión del cambio organizacional	78
Materiales y métodos	79
Diseño metodológico	79
Estrategia de búsqueda y fuentes de información	79
Criterios de inclusión y exclusión	79
Proceso de selección y evaluación de calidad	80
Extracción y codificación de datos	80
Análisis de datos y síntesis de evidencia	80
Consideraciones metodológicas y limitaciones	81
Rigor metodológico y reproducibilidad	81
Hallazgos o resultados	81
Caracterización de la literatura científica	81
Aplicaciones predominantes de IA en gestión de la calidad	82
Barreras y desafíos para la adopción tecnológica	84
Conclusiones	85
Referencias	87



Capítulo VI. Plan de comercialización de fertilizantes Green Point importados desde Málaga, España a través de empresas minoristas en el departamento de La Guajira

89



Resumen	90
Abstract	90
Introducción	92
Objetivos e hipótesis	92
Marco conceptual o teórico	93
Plan de comercialización	93
Canales de distribución	93
Cadena de valor	94
Benchmarking	94
Marketing mix	94
Comercio minorista	94
Materiales y métodos	95
Investigación de campo	95
Método cuantitativo	95
Instrumento de investigación	96
Procesamiento estadístico de los datos	97
Hallazgos o resultados	97
En función de la comercialización de fertilizante	97
Conclusiones	107
Referencias	109



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Puntuación obtenida a partir de la aplicación del método REBA	23
Tabla 2. Calidad estructural y metodológica de una muestra de 50 ACR públicos	35
Tabla 3. Resultados del perfil sociodemográfico	51
Tabla 4. Resultados de la aplicación de la metodología NTP 578	56
Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	66
Tabla 6. Herramientas IA utilizadas en el proceso de investigación	67
Tabla 7. Distribución temporal y geográfica de estudios analizados	82
Tabla 8. Mejoras cuantificables en control de calidad mediante IA	83
Tabla 9. Barreras principales para la adopción de IA en manufactura	84
Tabla 10. Relación entre el rango y magnitud de la confiabilidad	96
Tabla 11. Procedimiento del procesamiento de datos y resultados obtenidos	98
Tabla 12. Relación entre la población encuestada y los resultados obtenidos	99
Tabla 13. Relación entre la población encuestada y los resultados obtenidos	100
Tabla 14. Relación entre la población encuestada y los resultados obtenidos	101
Tabla 15. Matriz DOFA frente al proceso con la empresa Green Point	102



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Nivel de riesgo identificado frente a la fase de conducción, bajo el método REBA	21
Figura 2. Nivel de riesgo y acción para la carga y descarga manual de cajas, identificado bajo el método REBA	22
Figura 3. Puntuación final de los grupos A y B	23
Figura 4. Capacidad de detección de problemas WCAG: automatizada vs. evaluación manual	36
Figura 5. Brecha entre conformidad declarada en ACR y éxito real de usuarios por sector	37
Figura 6. Clasificación de los riesgos a los que se encuentra expuesta la población (físico, químico, biomecánico)	54
Figura 7. Clasificación de los riesgos a los que se encuentra expuesta la población (condiciones de seguridad-locativo y eléctrico)	55
Figura 8. Impacto de IA en indicadores de sostenibilidad manufacturera ...	83
Figura 9. Relación de los estudios o área de enseñanza con el sector agrícola	98
Figura 10. Conocimiento sobre el mercado de fertilizantes y la empresa Green Point	99
Figura 11. Conocimiento sobre la comercialización de fertilizantes en Colombia	100
Figura 12. Principales desafíos de las PYMES para acceder a insumos agrícolas como fertilizantes	101
Figura 13. Diagrama de flujo para la implementación del plan de comercialización	106

INNOVACIÓN, SEGURIDAD Y SOSTENIBILIDAD: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI

RESUMEN

La presente obra reúne seis investigaciones que analizan desafíos contemporáneos en los ámbitos de la seguridad y salud en el trabajo, la transformación digital, la gestión de la calidad y la competitividad empresarial. La obra aborda problemáticas vinculadas a la ergonomía en la recolección agrícola de *Passiflora edulis* en Cundinamarca, la percepción del riesgo en trabajadores de la construcción que realizan labores en alturas, y la implementación de herramientas digitales e inteligencia artificial para fortalecer los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Asimismo, examina críticamente los procesos de auditoría de accesibilidad web, evidenciando las brechas existentes entre la conformidad normativa y la experiencia real de los usuarios con discapacidad.

Desde una perspectiva organizacional y tecnológica, los capítulos exploran el potencial de la inteligencia artificial para optimizar los sistemas de gestión de calidad en manufactura sostenible, destacando su contribución al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y a la mejora de la competitividad empresarial. Finalmente, se presenta un plan de comercialización para fertilizantes importados desde España hacia el departamento de La Guajira, proponiendo alianzas estratégicas que fortalezcan la productividad agrícola regional.

En conjunto, el presente libro ofrece una visión interdisciplinaria que integra investigación aplicada, innovación tecnológica, sostenibilidad y gestión organizacional, aportando estrategias y recomendaciones orientadas a la mejora de las condiciones laborales, la inclusión, la eficiencia productiva y el desarrollo económico en distintos sectores productivos.

PALABRAS CLAVE: innovación, sostenibilidad, gestión organizacional, inteligencia artificial, accesibilidad digital, competitividad.

¿Cómo citar este libro?

En APA: Bejarano-Díaz, D. y Holguín, L. (Ed.). (2026). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI. Editorial TEINCO.

DOI para este libro: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6>

ABSTRACT

This book brings together six research studies that examine contemporary challenges in occupational health and safety, digital transformation, quality management, and business competitiveness. The volume addresses issues related to ergonomics in the harvesting of *Passiflora edulis* in Cundinamarca, risk perception among construction workers performing work at heights, and the implementation of digital tools and artificial intelligence to strengthen Occupational Health and Safety Management Systems. It also provides a critical examination of web accessibility auditing processes, highlighting the gaps between regulatory compliance and the actual experiences of users with disabilities.

From an organizational and technological perspective, the chapters explore the potential of artificial intelligence to optimize quality management systems in sustainable manufacturing, emphasizing its contribution to achieving the Sustainable Development Goals (SDGs) and enhancing business competitiveness. In addition, the book presents a commercialization plan for fertilizers imported from Spain to the department of La Guajira, proposing strategic partnerships aimed at strengthening regional agricultural productivity.

Overall, this volume offers an interdisciplinary perspective that integrates applied research, technological innovation, sustainability, and organizational management. It provides strategies and recommendations to improve working conditions, promote inclusion, increase productive efficiency, and foster economic development across diverse productive sectors.

KEYWORDS: innovation, sustainability, organizational management, artificial intelligence, digital accessibility, competitiveness.

How to cite this book?

In APA: Bejarano-Díaz, D. and Holguín, L. (Ed.). (2026). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias del siglo XXI. Editorial TEINCO.

DOI for this book: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6>

PRESENTACIÓN

Los procesos gestión organizacional contemporáneos enfrentan retos cada vez más complejos derivados de los procesos de transformación tecnológica, las exigencias de sostenibilidad, la necesidad de fortalecer la competitividad empresarial y el compromiso con la protección de las personas en los diferentes entornos laborales. En este contexto, la investigación aplicada se consolida como una herramienta fundamental para comprender las dinámicas que configuran las organizaciones del siglo XXI y para proponer soluciones innovadoras que respondan a las demandas de un mundo en constante cambio.

Por ello, la presente obra, titulada *Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI*, reúne seis investigaciones desarrolladas desde distintos campos del conocimiento, las cuales convergen en el propósito común de aportar evidencia, análisis y propuestas orientadas al fortalecimiento de los procesos organizacionales mediante enfoques integrales que articulan tecnología, bienestar laboral, inclusión social, productividad y desarrollo sostenible.

El primer capítulo, *Análisis ergonómico y postural de la manipulación de cargas en la recolección de Passiflora edulis f. Edulis en fincas en Cundinamarca*, examina las condiciones de trabajo de los recolectores agrícolas y evidencia los riesgos biomecánicos asociados a la manipulación manual de cargas, las posturas forzadas y los movimientos repetitivos. A partir de herramientas de evaluación ergonómica, la investigación propone estrategias orientadas a la prevención de lesiones musculoesqueléticas y a la mejora de las condiciones laborales en el sector agrícola, reconociendo la importancia de la seguridad y la salud en actividades productivas que sostienen la economía rural.

En el segundo capítulo, *Auditoría de accesibilidad web: análisis crítico de VPAT/ACR y desafíos en la conformidad con WCAG y ADA*, se aborda una problemática de creciente relevancia en la sociedad digital, como lo es la brecha existente entre la accesibilidad declarada por organizaciones y la accesibilidad efectivamente experimentada por las personas con discapacidad. A través de un análisis crítico de reportes de conformidad y de evaluaciones centradas en los usuarios, el estudio cuestiona los modelos tradicionales de auditoría y propone metodologías más integrales que favorezcan la inclusión digital y el ejercicio pleno de los derechos en entornos virtuales.

El tercer capítulo, *Determinar la percepción del riesgo ocupacional en trabajadores autorizados para el trabajo en alturas en el sector de la construcción del municipio de Manizales en el 2024*, profundiza en la relación entre percepción y gestión del riesgo en una de las actividades laborales con mayores índices de accidentalidad. Esta investigación analiza cómo los trabajadores identifican y valoran los peligros asociados a sus labores, aportando elementos que permiten fortalecer las estrategias preventivas, la cultura de seguridad y los procesos de formación en el sector de la construcción.

Por su parte, el cuarto capítulo, *Implementación de herramientas digitales e inteligencia artificial en la gestión del SG-SST en una empresa de construcción en Bogotá (2025)*, explora las oportunidades que ofrecen las tecnologías emergentes para optimizar los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Desde una perspectiva aplicada, se analizan las posibilidades de la digitalización y la inteligencia artificial para mejorar los procesos de seguimiento, control y toma de decisiones, contribuyendo a una gestión más eficiente, predictiva y alineada con las necesidades actuales de las organizaciones.

El quinto capítulo, *Inteligencia artificial para la optimización de sistemas de gestión de calidad en manufactura sostenible: un enfoque hacia los ODS*, amplía la discusión sobre el papel de la tecnología en las organizaciones al examinar la manera en que la inteligencia artificial puede fortalecer los sistemas de gestión de calidad en el sector manufacturero. La investigación destaca el potencial de estas herramientas para mejorar la productividad, optimizar recursos, reducir impactos ambientales y contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, consolidando un modelo de innovación responsable que articula eficiencia económica y compromiso social.

Finalmente, el sexto capítulo, *Plan de comercialización de fertilizantes Green Point importados desde Málaga, España, a través de empresas minoristas en el departamento de La Guajira*, presenta una propuesta estratégica orientada a fortalecer la competitividad del sector agrícola mediante la diversificación de insumos y la generación de oportunidades comerciales. El estudio analiza las condiciones del mercado, identifica necesidades específicas de los productores y plantea mecanismos de comercialización que favorecen el acceso a tecnologías agrícolas, contribuyendo al desarrollo económico regional y a la sostenibilidad de las actividades productivas.

De esta manera, los trabajos que conforman el presente libro evidencian la importancia de abordar los desafíos organizacionales desde perspectivas interdisciplinarias capaces de integrar factores humanos, tecnológicos, económicos y ambientales; pues, todas las investigaciones aquí reunidas comparten la preocupación común por generar conocimiento aplicable que contribuya a la transformación de las organizaciones, al fortalecimiento de las capacidades institucionales y a la construcción de entornos más seguros, inclusivos, sostenibles e innovadores.

Esta publicación constituye, por tanto, un aporte académico y práctico para investigadores, estudiantes, profesionales y expertos interesados en comprender las tendencias que están redefiniendo la gestión organizacional en la actualidad. A través de sus diferentes capítulos, invita a reflexionar sobre el papel de la innovación y la investigación como motores de cambio, así como sobre la necesidad de construir modelos de desarrollo que sitúen en el centro tanto el bienestar de las personas como la sostenibilidad de los procesos productivos.

Liceth Dayana Beltrán Holguín

Editorial TEINCO

Corporación Tecnológica Industrial Colombiana - TEINCO



ANÁLISIS ERGONÓMICO Y POSTURAL DE LA MANIPULACIÓN DE CARGAS EN LA RECOLECCIÓN DE PASSIFLORA EDULIS F. EDULIS EN FINCAS EN CUNDINAMARCA

ERGONOMIC AND POSTURAL ANALYSIS OF LOAD HANDLING DURING PASSIFLORA EDULIS F. EDULIS HARVESTING ON FARMS IN CUNDINAMARCA

¹ Paola Andrea Quintana

² Adriana María Castellanos

³ Yaxmin Medina Lagos

⁴ Linda Mariana Varón Díaz

¹ Fisioterapeuta, Especialista en SST y en Ergonomía, Magíster en Riesgos Laborales y Ergonomía, Doctora en Educación. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, Colombia. paola.quintana@uniminuto.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-1755-0220>

² Magíster en Enseñanza de las Ciencias y Especialista en Seguridad y Salud. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, Colombia. adriana.castellanos@uniminuto.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-1755-0119>.

³ Tecnóloga de Salud Ocupacional, Auxiliar de enfermería y estudiante de 10 Semestre de SST, https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002416566.jpna.

⁴ Tecnóloga de Salud Ocupacional, estudiante de 10 semestre de SST, https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002416557

RESUMEN

La producción de *Passiflora edulis*, conocida como gulupa, representa una actividad agrícola importante en Cundinamarca por su aporte al desarrollo económico regional. Sin embargo, su recolección exige esfuerzos físicos considerables, como manipulación manual de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos, factores que incrementan el riesgo de fatiga, trastornos musculo esqueléticos y disminución de la productividad laboral (González y Pérez, 2023). En muchas fincas, estas labores continúan realizándose de manera tradicional, sin incorporar principios ergonómicos ni estrategias de prevención de riesgos ocupacionales.

Frente a esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo evaluar ergonómicamente las posturas y la manipulación de cargas adoptadas durante la recolección de *Passiflora edulis* en fincas productoras de Cundinamarca, con el propósito de identificar riesgos asociados y proponer estrategias que contribuyan al mejoramiento de las condiciones laborales y al fortalecimiento de la productividad agrícola.

Se desarrolla un estudio descriptivo, transversal y de campo, con enfoque mixto, orientado tanto a la identificación cuantitativa de riesgos ergonómicos como a la comprensión de las percepciones de los trabajadores. La muestra está conformada por treinta recolectores mayores de 18 años y con mínimo un mes de experiencia en la actividad. Se excluyen trabajadores con incapacidades temporales o que no acepten participar. La investigación incluye observación directa y registro en video de las actividades de recolección para el análisis postural y temporal. Además, se emplea el método REBA para la evaluación ergonómica, evidenciándose dolor en el 35 % de los miembros superiores y alta carga física en columna y extremidades superiores (González y Pérez, 2023).

PALABRAS CLAVE: carga física, ergonomía, lesiones musculo esqueléticas, manipulación de cargas, postura, *Passiflora edulis*.

¿Cómo citar este capítulo?

En APA: Quintana, P., Castellanos, A., Medina, Y. y Varón, L. (2026). Análisis ergonómico y postural de la manipulación de cargas en la recolección de *Passiflora edulis* f. *edulis* en fincas en Cundinamarca. En Bejarano-Díaz, D. y Holguín, L. (Ed.). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias del siglo XXI (pp. 15-25). Editorial TEINCO.

DOI de capítulo: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6.cap.1>

ABSTRACT

The production of *Passiflora edulis*, commonly known as gulupa, represents an important agricultural activity in Cundinamarca due to its contribution to regional economic development. However, its harvesting process requires considerable physical effort, including manual load handling, awkward postures, and repetitive movements, factors that increase the risk of fatigue, musculoskeletal disorders, and reduced worker productivity (González & Pérez, 2023). In many farms, these tasks are still carried out using traditional methods without incorporating ergonomic principles or occupational risk prevention strategies.

In response to this issue, the present study aims to conduct an ergonomic evaluation of postures and load handling adopted during the harvesting of *Passiflora edulis* in farms located in Cundinamarca, in order to identify associated risks and propose strategies to improve working conditions and strengthen agricultural productivity.

This research follows a descriptive, cross-sectional, and field-based design with a mixed-methods approach, allowing both the quantitative identification of ergonomic risks and the understanding of workers' perceptions. The sample consists of thirty harvest workers over 18 years old with at least one month of experience in harvesting activities. Workers with temporary disabilities or those unwilling to participate are excluded. The study includes direct observation and video recording of harvesting tasks for postural and temporal analysis. Additionally, the REBA (Rapid Entire Body Assessment) method is used for ergonomic evaluation, revealing pain in 35% of the upper limbs and a high physical workload affecting the upper limbs and spinal column (González & Pérez, 2023).

KEYWORDS: physical load, ergonomics, musculoskeletal injuries, load handling, position, Passiflora edulis.

How to cite this chapter?

In APA: Quintana, P., Castellanos, A., Medina, and Varón, L. (2026). Análisis ergonómico y postural de la manipulación de cargas en la recolección de Pasiflora edulis f. edulis en fincas en Cundinamarca. In Bejarano-Díaz, D. and Holguín, L. (Ed.). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias del siglo XXI (pp. 15-25). Editorial TEINCO.

Chapter DOI: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6.cap.1>

INTRODUCCIÓN

En el departamento de Cundinamarca, la producción de *Passiflora edulis flavicarpa*, conocida comúnmente como gulupa, se ha consolidado como una de las principales actividades agrícolas y en la principal fuente de sustento para numerosas familias rurales. Este cultivo no solo representa una oportunidad económica por su alta demanda en el mercado nacional e internacional, sino también un motor de desarrollo local que impulsa la economía campesina (Ministerio de agricultura y Desarrollo rural, 2022, 2023).

Sin embargo, detrás de este crecimiento productivo se esconden condiciones laborales que muchas veces pasan desapercibidas; pues, las tareas de recolección requieren levantar cargas, mantener posturas forzadas y repetir movimientos constantemente, lo cual expone a los trabajadores a esfuerzos físicos prolongados y a un alto riesgo de fatiga o lesiones musculoesqueléticas. En la mayoría de las fincas, estas labores aún se realizan de forma manual, sin un análisis ergonómico que permita reconocer los riesgos asociados y establecer medidas preventivas (OIT, 2019).

En este contexto, resulta fundamental evaluar las condiciones ergonómicas de la recolección de gulupa en fincas de Cundinamarca, con el propósito de identificar los principales factores de riesgo postural y proponer estrategias que mejoren el bienestar del trabajador agrícola. Por ello, el presente estudio busca aportar una mirada técnica y humana sobre la realidad del trabajo rural, promoviendo prácticas más seguras, eficientes y sostenibles que fortalezcan tanto la productividad como la calidad de vida de quienes hacen posible la producción agrícola del país (Ministerio de trabajo de Colombia, 2021; OIT, 2019).

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar las posturas y manipulación manual de cargas en la recolección de la *Passiflora edulis flavicarpa*, en una finca de Subía, Cundinamarca, mediante la metodología descriptiva observacional.

Objetivos específicos

1. Identificar los riesgos biomecánicos a los que se encuentran expuestos los trabajadores encargados del cargue y descargue de *Passiflora edulis f. edulis* en las fincas productoras de Cundinamarca, mediante observación directa, registro de posturas y análisis ergonómico con el método REBA.
2. Determinar la carga física que implica la manipulación de la fruta, considerando factores como peso, frecuencia de levantamiento, altura de las canastillas y duración de la jornada laboral, para la cuantificación de la exigencia física sobre los miembros superiores, tronco y piernas.
3. Analizar las posturas adoptadas durante las labores de recolección, identificando aquellas que puedan generar riesgo de lesiones musculoesqueléticas, a través de herramientas de evaluación estandarizadas y comparación de resultados con los límites ergonómicos recomendados.
4. Generar recomendaciones prácticas para optimizar las condiciones de trabajo, orientadas a reducir la carga física, prevenir lesiones y mejorar la eficiencia en las actividades productivas.

HIPÓTESIS

La manipulación manual de *Passiflora edulis* f. *edulis* en las fincas de Cundinamarca genera niveles de riesgo moderado a alto en los trabajadores, principalmente en miembros superiores, tronco y piernas, debido a posturas mantenidas fuera de los ángulos de confort y a la repetición constante de movimientos.

La implementación de medidas ergonómicas, ajustes en la altura de las canastillas, pausas activas y capacitación en técnicas de levantamiento manual permitirá disminuir la carga física, reducir la incidencia de trastornos musculoesqueléticos, mejorando la eficiencia y seguridad en el trabajo de recolección (Natarén y Elío, 2004).

MARCO CONCEPTUAL O TEÓRICO

La ergonomía es la ciencia que se encarga de estudiar la manera en que las personas se relacionan e interactúan con las tareas que realizan en sus procesos laborales, buscando que estas se ajusten a las capacidades del trabajador. Su propósito es evitar daños derivados del esfuerzo físico y mejorar la eficiencia en los procesos productivos (Kroemer, 2020).

En el caso de las labores agrícolas, su aplicación es importante debido a que gran parte de las actividades desarrolladas por parte de los trabajadores son de tipo manual y requieren de movimientos repetitivos, representando uno de los aspectos más influyentes en la aparición de molestias musculoesqueléticas en este sector, habituales en actividades como cortar, recoger, cargar o trasladar canastillas. Cuando la misma secuencia de movimientos se realiza muchas veces al día, los músculos y articulaciones empiezan a presentar fatiga, lo que puede provocar inflamación y dolor si no existe tiempo adecuado de recuperación (Bernard, 2019).

Otro factor fundamental es la carga física, entendida como la fuerza y el esfuerzo que el cuerpo debe ejercer para manipular objetos, sobre todo cuando el peso es elevado o la tarea se realiza durante toda la jornada. Esta carga también aumenta cuando se trabaja en superficies irregulares, se levantan cargas desde el piso o se manipulan a alturas inadecuadas (Karwowski, 2012). En el cultivo de *Passiflora edulis*, estas situaciones son comunes y pueden convertirse en un riesgo si no se cuenta con apoyos mecánicos o técnicas adecuadas; asimismo, durante la recolección suelen adoptarse posturas poco seguras que se alejan de la posición central del cuerpo, como inclinarse de manera repetida, mantener el tronco girado o trabajar con los brazos elevados. Estas posiciones, cuando se sostienen durante varios minutos o se combinan con cargas, incrementan la tensión sobre las articulaciones, en especial en la zona lumbar, el cuello y los hombros (Dul et al., 2018). Por esta razón, identificar y corregir las posturas de riesgo mediante procesos de capacitación es un componente clave en la prevención de lesiones.

Para esta identificación se utilizan métodos estandarizados, entre ellos el REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), diseñado para evaluar la postura del cuerpo completo durante una tarea específica. Esta herramienta resulta especialmente útil debido a que asigna puntajes según la posición del tronco, piernas, brazos y cuello, permitiendo establecer el nivel de intervención que requiere cada actividad, lo que es relevante en la recolección agrícola, ya que es una actividad en la cual se combinan diferentes movimientos simultáneos (Hignett y McAtamney, 2000).

Para identificar los riesgos a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores, es importante conocer la estructura de la columna vertebral, la cual se encuentra formada por vértebras y discos intervertebrales que funcionan como un amortiguador, permitiendo la movilidad y la estabilidad del cuerpo (Tortora & Derrickson, 2017). Esta región, encargada de soportar el peso del tronco, es la más vulnerable cuando se realizan flexiones repetidas o levantamientos con posturas

inadecuadas, la cual debe ser contemplada debido a que en el caso de la población estudiada recibe parte de las cargas que se manejan durante la jornada laboral.

En este escenario, la exposición continúa a estos factores de riesgo puede generar desórdenes musculoesqueléticos por trauma acumulativo, los cuales aparecen de forma progresiva debido a la repetición de esfuerzos físicos. Una de las alteraciones más frecuentes es la hernia discal, que ocurre cuando el disco intervertebral se desplaza o se deteriora por la presión constante, generando dolor y limitando la parte funcional (Adams & Dolan, 2012). Lo anterior refleja un tipo de riesgo alto para los trabajadores que manipulan cargas de manera habitual y que participan en la recolección de *Passiflora f. edulis*.

En conjunto, estos conceptos permiten comprender la manera en que las tareas propias de la recolección agrícola representan diferentes factores de riesgo, los cuales, si no se gestionan adecuadamente, pueden generar enfermedades de origen laboral a nivel musculoesquelético. La aplicación de herramientas ergonómicas como REBA facilita la identificación de estos riesgos y sirve como base para proponer medidas de intervención con el fin de proteger la salud del trabajador y promover ambientes de trabajo seguros.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, combinando elementos cuantitativos y cualitativos con el fin de obtener una comprensión integral de las condiciones ergonómicas y posturales asociadas a la manipulación de cargas en la recolección de *Passiflora edulis* en fincas del departamento de Cundinamarca. El tipo de estudio corresponde a un diseño transversal descriptivo, orientado a identificar y analizar los factores de riesgo ergonómico que afectan a los trabajadores durante las labores de conducción y manipulación de canastillas en los procesos agrícolas.

La población total estuvo compuesta por 50 trabajadores pertenecientes a diferentes fincas productoras de *Passiflora*. De esta población se seleccionó una muestra, mediante muestreo por conveniencia, de 20 trabajadores, quienes participaron de manera voluntaria en la aplicación de los instrumentos de evaluación. Como aspecto relevante para la organización de la muestra se contempló que todos los colaboradores estuvieran contratados directamente por la empresa, con contrato laboral a término fijo y que su jornada laboral no supere las ocho horas diarias.

El estudio se llevó a cabo en dos fincas del municipio de Cundinamarca, dedicadas a la siembra, recolección y empaque de *Passiflora edulis f. edulis* destinada a exportación. Las observaciones y mediciones se realizaron durante las jornadas laborales diarias, en las cuales los trabajadores ejecutan actividades como la conducción de vehículos de carga liviana y la recolección, levantamiento, transporte, apilamiento de canastillas que contienen fruta y material vegetal.

La recolección de la información se realizó mediante observación directa, registros fotográficos y entrevistas semiestructuradas con los trabajadores, lo que permitió complementar los resultados cuantitativos con la percepción subjetiva de esfuerzo físico y condiciones laborales.

Para el análisis ergonómico, se utilizaron los métodos REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) y NIOSH, herramientas ampliamente validadas para la identificación de riesgos posturales y la evaluación de manipulación de cargas (Niosh, 1994). El método REBA permitió analizar el comportamiento postural de los trabajadores, dividiendo el cuerpo en dos grupos: Grupo A (cuello, tronco y piernas) y Grupo B (brazos, antebrazos y muñecas). Se evaluaron los niveles de fuerza, carga y tipo de agarre requeridos durante la conducción y manipulación de canastillas.

El método NIOSH se aplicó para determinar el nivel de riesgo asociado a la manipulación manual de cargas, considerando el número de levantamientos, el peso promedio de las canastillas, entre 12 y 15 kilogramos y la frecuencia diaria de manipulación, que oscila entre 60 y 120 unidades.

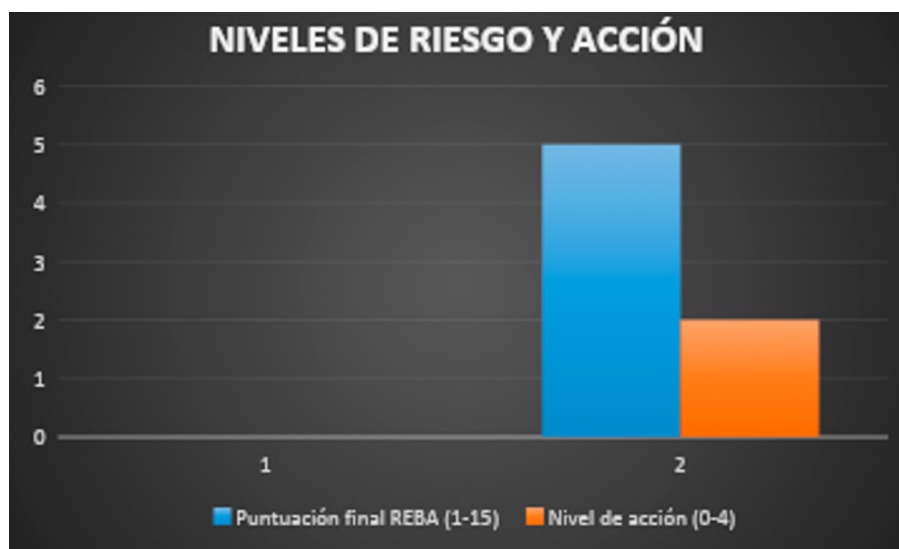
Los datos obtenidos fueron tabulados y analizados para determinar los niveles de riesgo ergonómico y definir las acciones preventivas necesarias. Los resultados se clasificaron de acuerdo con las escalas establecidas por los métodos aplicados, lo que permitió identificar un nivel de riesgo medio en las tareas de conducción y manipulación de canastillas, haciendo necesaria una intervención ergonómica.

Finalmente, el análisis permitió establecer una relación entre la carga física acumulada y la presencia de ausentismos laborales relacionados con molestias musculo esqueléticas, lo cual refuerza la importancia de implementar programas de prevención y rediseño de tareas en el sector agrícola.

HALLAZGOS O RESULTADOS

El análisis ergonómico se llevó a cabo utilizando el método REBA, permitiendo identificar los principales factores de riesgo que enfrenta el conductor de un vehículo de carga. Este profesional no solo se encarga de conducir durante largos trayectos, sino que también realiza tareas de carga y descarga de cajas con fruta, una doble responsabilidad que conlleva una mezcla de riesgos ergonómicos, tanto por las posturas estáticas que mantiene al volante como por los esfuerzos físicos intensos que requiere la manipulación manual de las cargas.

Figura 1. Nivel de riesgo identificado frente a la fase de conducción, bajo el método REBA.



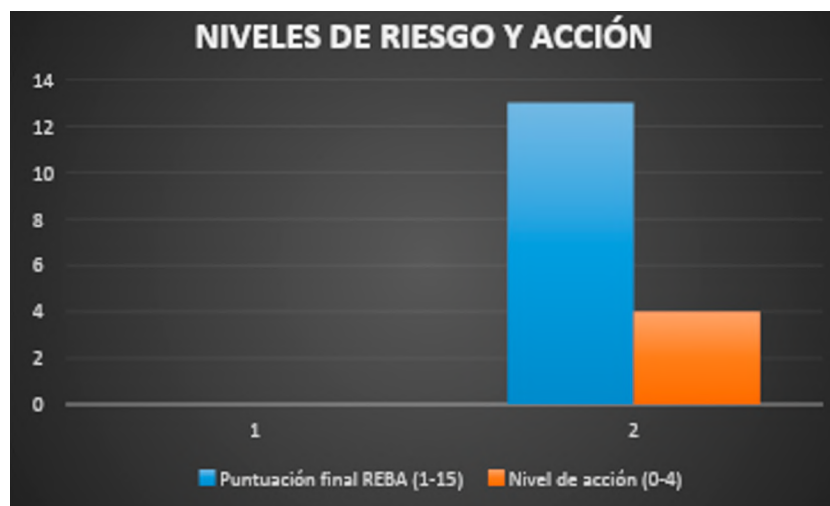
Nota. Elaboración propia a partir de la aplicación del método REBA.

Durante la fase de conducción, se observó que el trabajador pasa sentado un promedio de diez horas al día, con muy pocas pausas. Su postura general es recta o ligeramente inclinada hacia adelante y realiza rotaciones frecuentes para poder ver los espejos retrovisores y el entorno de la carretera. Además, se identifican vibraciones constantes debido a las condiciones irregulares de la carretera, especialmente en trayectos de hasta tres horas sobre caminos sin pavimentar. Estas circunstancias pueden provocar fatiga muscular en la zona lumbar y cervical, así como posibles trastornos osteomusculares por la exposición prolongada a vibraciones en todo el cuerpo.

Al aplicar el método REBA a la actividad de conducción, se obtuvo un nivel medio, con un puntaje final de REBA=4, lo que sugiere que es necesario revisar las condiciones ergonómicas del puesto de conducción y establecer pausas activas más frecuentes. Adicionalmente, factores como el diseño del asiento, la altura del volante y la falta de descansos adecuados son elementos críticos que afectan la carga postural del trabajador.

En cuanto al análisis del proceso de carga y descarga manual de cajas de aproximadamente 28 kg, este reveló un nivel de riesgo muy alto, con un puntaje final de REBA=13, debido a que esta tarea implica flexionar el tronco, elevar los brazos por encima de la cintura, realizar agarres firmes y hacer desplazamientos cortos de manera repetitiva; frente a ello se requiere una intervención inmediata y acción para la carga y descarga manual de cajas, identificado bajo el método REBA.

Figura 2. Nivel de riesgo y acción para la carga y descarga manual de cajas, identificado bajo el método REBA



Nota. Elaboración propia a partir de la aplicación del método REBA.

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del método evidencian, de acuerdo con la clasificación del cuerpo en dos grupos de análisis, que el Grupo A, conformado por las regiones del cuello, tronco y piernas, obtuvo una calificación relacionada con la carga y la fuerza ejercida durante la jornada laboral, con resultados que obtuvieron una ponderación similar en ambas fincas. Por otra parte, el Grupo B, que involucra las muñecas, antebrazos, brazos y el agarre, presentó una calificación alta, debido a la exigencia física y a los movimientos repetitivos requeridos para la conducción de los vehículos. En conjunto, estos resultados indican un nivel de riesgo medio, lo que hace necesaria una intervención ergonómica para prevenir posibles lesiones o sobreesfuerzos.

En cuanto a la segunda tarea evaluada correspondiente a la recolección y transporte de canastillas dentro del área de la finca productora, se encontró que esta representa aproximadamente el 50% de la jornada laboral. Teniendo en cuenta que estas canastillas deben ser trasladadas hacia la zona de acopio de pasiflora, manipulando entre seis y siete canastillas por viaje, es posible establecer que, en promedio, cada trabajador realiza la movilización de 60 y 120 canastillas por día, con un peso aproximado de 12 a 15 kilogramos cada una.

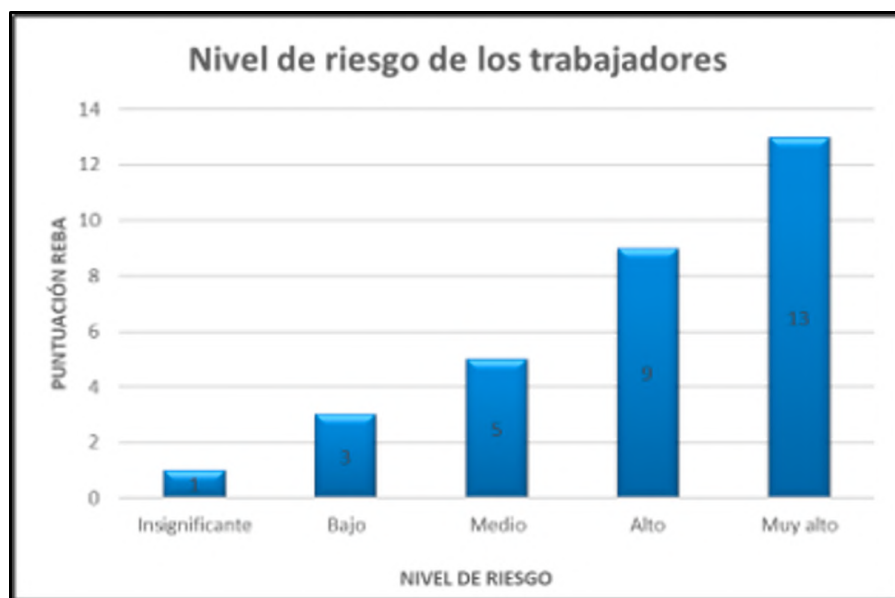
En general, los resultados parciales muestran que el conductor está expuesto a riesgos ergonómicos combinados, los cuales derivan de posturas mantenidas, movimientos repetitivos y manipulación de cargas pesadas. Por lo que la implementación de mejoras ergonómicas, pausas activas, redistribución del peso de las cajas y uso de herramientas auxiliares es prioritaria para reducir la carga física, prevenir lesiones y optimizar las condiciones laborales.

Tabla 1. Puntuación obtenida a partir de la aplicación del método REBA

Método REBA	Finca 1	Finca 2
Datos grupo A		
Cuello	3	3
Piernas	3	3
Tronco	5	5
Carga / Fuerza	3	3
Datos grupo B		
Antebrazos	2	2
Muñecas	3	3
Brazos	5	
Agarre	3	
Niveles de riesgo y acción		
Puntuación final	11	12
Nivel de acción	4	4
Nivel de actuación	4	4

Nota. Elaboración propia a partir de la aplicación del método REBA.

Figura 3. Puntuación final de los grupos A y B.



Nota. Elaboración propia a partir de la aplicación del método REBA.

CONCLUSIONES

La evaluación ergonómica aplicada a los trabajadores durante la recolección de *Passiflora edulis* f. *edulis* en fincas de Cundinamarca permitió identificar riesgos significativos asociados con las posturas y la manipulación de cargas. Mediante la aplicación del método REBA, se evidenció que los conductores presentan niveles de riesgo moderado en las zonas de tronco, cuello y piernas, debido a que adoptan posturas fuera de los ángulos de confort durante largos periodos de tiempo. Estas posturas mantenidas, combinadas con movimientos repetitivos, incrementan la probabilidad de desarrollar molestias y lesiones musculo esqueléticas, afectando la salud a mediano plazo y la eficiencia en la recolección.

Además, se identificó que los miembros superiores —brazos, antebrazos y muñecas— se encuentran bajo una carga física elevada, con un nivel de riesgo cercano al 45%. Esta condición refleja la necesidad de ajustar las tareas, reorganizar los métodos de trabajo y modificar la frecuencia o altura de manipulación de las canastillas para disminuir la tensión en estas regiones del cuerpo. A pesar de que la carga manipulada se encuentra dentro de los límites permisibles para jornadas de ocho horas, la altura de las canastillas y la postura adoptada durante su manejo incrementan la fatiga y el riesgo de sobrecarga, por lo que se recomienda implementar estrategias correctivas inmediatas.

Adicionalmente, se observó que el orden y la organización de los espacios de trabajo son aspectos críticos para la ergonomía en la recolección; por lo que, mantener un ambiente limpio y organizado, así como garantizar el mantenimiento de los vehículos y del mobiliario utilizado, contribuye a reducir riesgos adicionales y facilita la correcta ejecución de las labores. La capacitación continua en técnicas de levantamiento y transporte de cargas se presenta como un factor clave para minimizar la exposición a esfuerzos físicos excesivos, promoviendo hábitos de trabajo más seguros y sostenibles.

Adicionalmente, se sugiere incorporar pausas activas dentro de la jornada laboral, donde se incluyan ejercicios de estiramiento dirigidos a la columna, brazos, antebrazos y muñecas. Estas pausas contribuyen a la recuperación muscular, disminuyen la fatiga acumulada y favorecen la prevención de lesiones musculo esqueléticas. Asimismo, la modificación de la altura de las canastillas permite reducir la carga sobre los miembros superiores y mejorar la eficiencia del trabajo, impactando positivamente tanto en la productividad como en la salud de los trabajadores.

En conclusión, los hallazgos de esta evaluación evidencian la necesidad de realizar ajustes en las posturas, la manipulación de cargas y la organización de los puestos de trabajo. La implementación de estas recomendaciones no solo contribuye a la reducción de riesgos ergonómicos, sino que también fortalece la seguridad laboral y la sostenibilidad de la actividad agrícola, garantizando un entorno de trabajo más saludable y eficiente para los trabajadores encargados de la recolección de *Passiflora edulis* f. *edulis*.

REFERENCES

- 25



AUDITORÍA DE ACCESIBILIDAD WEB: ANÁLISIS CRÍTICO DE VPAT/ACR Y DESAFÍOS EN LA CONFORMIDAD CON WCAG Y ADA

WEB ACCESSIBILITY AUDITING: A CRITICAL ANALYSIS OF VPAT/ACR REPORTS AND CHALLENGES IN ACHIEVING WCAG AND ADA CONFORMANCE

⁵ Claudia Sofía Idrobo Cruz

⁶ Sergio Arley Puerto Moreno

⁷ Jamilton Alexander Calvache

⁸ María Isabel Idrobo Cruz

⁵ Magister en Computación, Corporación Universitaria Minuto de Dios, claudia.idrobo@uniminuto.edu, <https://orcid.org/0000-0002-1238-2558>, https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000043879

⁶ Magister en educación, Corporación Universitaria Minuto de Dios, sergio.puerto@uniminuto.edu, <https://orcid.org/0000-0003-3119-040>, https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000017322

⁷ Administrador de Empresas, Servicio Nacional de Aprendizaje, jacalvache@sena.edu.co, <https://orcid.org/0009-0003-3230-6303>

⁸ Especialización en Visual Analytics y Big Data, Servicio Nacional de Aprendizaje, miidrobo@sena.edu.co, <https://orcid.org/0009-0006-2830-9757>, https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002116860

RESUMEN

Instituciones y empresas confían en documentos como la Plantilla Voluntaria de Accesibilidad de Productos (VPAT) y sus Reportes de Conformidad (ACR) para declarar el cumplimiento de estándares WCAG. Sin embargo, existe un abismo entre lo declarado y la experiencia de acceso de personas con discapacidad. Esta discrepancia vulnera derechos, amplía la brecha digital y genera un espejismo de cumplimiento con graves riesgos legales bajo marcos como la ADA.

Ante esta contradicción, la presente investigación tuvo un doble objetivo: diagnosticar las causas de esta falta de correlación y diseñar un enfoque metodológico más fiable para evaluar y reportar la accesibilidad digital con integridad. Para ello, se adopta una metodología mixta que integra el análisis sistemático de 50 ACR públicos, estudios de caso y entrevistas a profundidad con 15 expertos. Los hallazgos permiten cuantificar la magnitud del problema, ya que mientras más del 90% de los documentos declaran conformidad sustancial con WCAG, menos del 5% de los sitios web correspondientes alcanzan el nivel AA de WCAG 2.2 en evaluaciones técnicas rigurosas. Como respuesta, se desarrolla un protocolo de auditoría innovador que integra la eficiencia de escáneres automatizados con la inteligencia contextual de pruebas de usuario realizadas por personas con discapacidades diversas.

Se trasciende lo académico al ofrecer una herramienta concreta para realizar una evaluación centrada en la experiencia humana, dado que el marco propuesto es escalable y adaptable, su adopción permitiría mitigar riesgos legales y construir un ecosistema digital inclusivo donde la calidad del servicio sea equitativa. Además, tiende un puente entre la crítica documental y la innovación práctica al exponer empíricamente las limitaciones de los reportes tradicionales y ofrecer una alternativa metodológica validada y centrada en el usuario, que evoluciona de un trámite burocrático a un motor fiable de inclusión digital.

PALABRAS CLAVE: ADA, auditoría de accesibilidad web, inclusión digital, metodología de auditoría, VPAT/ACR, WCAG.

¿Cómo citar este capítulo?

En APA: Idrobo, S., Puerto, S., Calvache, J. e Idrobo, M. (2026). Auditoría de Accesibilidad Web: Análisis Crítico de VPAT/ACR y Desafíos en la Conformidad con WCAG y ADA. En Bejarano-Díaz, D. y Holguín, L. (Ed.). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias del siglo XXI (pp. 27-40). Editorial TEINCO.

DOI del capítulo: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6.cap.2>

ABSTRACT

Institutions and companies rely on documents such as the Voluntary Product Accessibility Template (VPAT) and its Accessibility Conformance Reports (ACR) to declare compliance with WCAG standards. However, there is a significant gap between what is declared and the actual access experience of people with disabilities. This discrepancy undermines rights, widens the digital divide, and creates an illusion of compliance with serious legal risks under frameworks such as the ADA.

In response to this contradiction, the present research pursued a dual objective: to diagnose the causes of this lack of correlation and to design a more reliable methodological approach for evaluating and reporting digital accessibility with integrity. To achieve this, a mixed-methods methodology was adopted, integrating the systematic analysis of 50 public ACRs, case studies, and in-depth interviews with 15 experts. The findings quantify the magnitude of the problem, showing

that although more than 90% of the documents declare substantial WCAG compliance, fewer than 5% of the corresponding websites achieve WCAG 2.2 Level AA in rigorous technical evaluations.

As a response, an innovative auditing protocol was developed, combining the efficiency of automated scanners with the contextual intelligence of user testing conducted by individuals with diverse disabilities. This research goes beyond academia by offering a practical tool for conducting evaluations centered on human experience. Since the proposed framework is scalable and adaptable, its adoption could help mitigate legal risks and contribute to the development of an inclusive digital ecosystem where service quality is equitable.

Furthermore, the study bridges the gap between documentary critique and practical innovation by empirically exposing the limitations of traditional reports and proposing a validated, user-centered methodological alternative that transforms accessibility evaluation from a bureaucratic procedure into a reliable driver of digital inclusion.

KEYWORDS: ADA, digital inclusion, methodology of accessibility audit, VPAT/ACR, WCAG, web accessibility audit.

How to cite this chapter?

In APA: Idrobo, S., Puerto, S., Calvache, J. and Idrobo, M. (2026). Auditoría de Accesibilidad Web: Análisis Crítico de VPAT/ACR y Desafíos en la Conformidad con WCAG y ADA. In Bejarano-Díaz, D. y Holguín, L. (Ed.). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias del siglo XXI (pp. 27-40). Editorial TEINCO.

Chapter DOI: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6.cap.2>

INTRODUCCIÓN

La promesa de un espacio digital equitativo, consagrada en marcos como las WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines*) y la ADA (*Americans with Disabilities Act*), contrasta con una realidad fragmentaria, en la que, aunque aproximadamente 1.3 mil millones de personas viven con una discapacidad significativa (Organización Mundial de la Salud, 2023), demostrando que la implementación de estándares de accesibilidad sigue siendo profundamente deficitaria. Un análisis crítico de la literatura revela que la inmensa mayoría de los sitios web —hasta un 88% según estudios recientes— permanecen inaccesibles, lo que sugiere una fractura sistémica entre el diseño regulatorio y su ejecución práctica.

En este escenario, los Reportes de Conformidad de Accesibilidad (ACR), basados en la plantilla VPAT® del ITI, se han consolidado como el mecanismo formal para certificar el cumplimiento. Estos documentos operan como bisagra entre desarrolladores, compradores y la garantía de derechos, constituyendo una herramienta clave para el mercado de tecnologías accesibles. No obstante, la evidencia empírica comienza a develar que, mientras un ACR puede declarar una conformidad sustancial, estudios técnicos independientes, que sitúan la tasa de error detectable en WCAG 2 en torno al 94.8% de las páginas principales, indican una desconexión alarmante entre lo documentado y la experiencia vivida por los usuarios finales. Esta divergencia no sólo socava la credibilidad del instrumento, sino que expone un doble riesgo, el cual es jurídico para las organizaciones y de exclusión para las personas.

Por ello, este trabajo se articula en torno al cuestionamiento: ¿Qué factores limitan la validez predictiva de los ACR/VPAT y cómo puede refinarse su metodología para que reflejen de manera fidedigna la accesibilidad operativa?

Para responder a esta pregunta se propone (1) mapear el ecosistema actual de producción de estos reportes; (2) diagnosticar los puntos críticos en las cadenas de auditoría; (3) cuantificar la brecha entre conformidad declarada y barreras experimentadas; (4) formular un modelo de mejora que incremente la confiabilidad y utilidad social de estos certificados.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar los procesos de auditoría y generación de Reportes de Conformidad de Accesibilidad (ACR/VPAT) para proponer un marco metodológico que mejore la correlación entre la conformidad declarada y la accesibilidad real.

Objetivos específicos

- Caracterizar las prácticas y agentes en el ecosistema actual de elaboración de ACR/VPAT en sectores estratégicos.
- Identificar las limitaciones técnicas y metodológicas en los procesos de auditoría que sustentan estos reportes.
- Cuantificar la brecha entre la conformidad declarada en una muestra de ACR/VPAT públicos y la accesibilidad medida en evaluaciones técnicas de los productos correspondientes.
- Diseñar y proponer un protocolo de auditoría híbrido que integre herramientas automatizadas, evaluación experta y pruebas con usuarios.

HIPÓTESIS

Hipótesis de trabajo. Existe una discrepancia sistemática entre la conformidad declarada en los ACR/VPAT y la accesibilidad efectiva, originada en metodologías de auditoría fragmentarias y una dependencia excesiva de evaluaciones automatizadas.

Hipótesis de solución. La implementación de un protocolo de auditoría híbrido y estandarizado permitirá generar reportes con una validez predictiva significativamente mayor, reduciendo la brecha de credibilidad y fomentando una inclusión digital genuina.

MARCO CONCEPTUAL O TEÓRICO

El ecosistema VPAT/ACR: definición, evolución y brecha de validez

El núcleo documental de la conformidad declarada en accesibilidad digital reside en la *Voluntary Product Accessibility Template* (VPAT®) y su resultado concreto, el *Accessibility Conformance Report* (ACR). Concebida inicialmente para alinearse con la Sección 508 de la *Rehabilitation Act* de EE. UU, la plantilla VPAT ha evolucionado hacia un estándar de facto global, con su versión 2.5 (2023) integrando explícitamente las WCAG 2.2 y la norma europea EN 301 549 (ITI, 2025). Esta convergencia normativa ha posicionado al ACR como el artefacto clave para comunicar el cumplimiento en procesos de contratación pública y privada a escala internacional.

Sin embargo, esta estandarización formal enmascara una complejidad operativa crítica, debido a que la internacionalización del modelo ha generado variaciones en la interpretación y aplicación de los criterios WCAG entre jurisdicciones, introduciendo un grado de subjetividad e incertidumbre en lo que se presume un documento objetivo. Esta ambigüedad inherente constituye el primer eslabón teórico para comprender la posible desconexión entre el reporte y la realidad. Por esto, el presente marco teórico propone que el ACR, más que un reflejo fiel, es una construcción técnica y procedimental sujeta a las limitaciones metodológicas de la auditoría que lo genera.

Los marcos normativos de referencia: WCAG y ADA

La validez de un ACR se juzga frente a marcos normativos como las *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) y la *Americans with Disabilities Act* (ADA). En primer lugar, la WCAG 2.2, estructurada bajo los principios POUR (*Perceptible, Operable, Comprehensible, Robusto*), introduce criterios específicos (como 2.4.11 *Focus Not Obscured*, 3.2.6 *Consistent Help*) que demandan evaluaciones contextuales y de experiencia de usuario que trascienden la verificación automatizada. Este avance normativo hacia criterios más cualitativos y situados tensiona los métodos de auditoría tradicionales, que a menudo privilegian la verificabilidad binaria sobre la evaluación holística.

Paralelamente, el ADA, a través de la jurisprudencia y las recientes reglamentaciones del DOJ para el Título II, ha establecido de facto a WCAG como el estándar técnico exigible (Bureau of Internet Accessibility, 2023). El dramático aumento en litigios por accesibilidad digital subraya el riesgo material que conlleva la brecha entre un ACR y la accesibilidad real. Así, el marco legal no solo define el "qué" se debe cumplir, sino que actúa como un catalizador externo que expone las consecuencias de la desconexión estudiada.

Evidencia empírica de la brecha: lecciones desde la práctica

La literatura y los casos documentados proporcionan evidencia concreta de la hipótesis central. Los estudios muestran sistemáticamente que herramientas automatizadas, aunque esenciales para la escalabilidad, detectan solo entre el 50-60%

de los problemas de accesibilidad, dejando fuera categorías críticas relacionadas con la comprensibilidad, la navegación lógica y la pertinencia semántica. Esta limitación técnica se traduce directamente en ACR incompletos o sobre-optimistas.

Este fenómeno puede ser ilustrado a partir de diferentes casos de estudio identificados en sectores clave, en donde se encontró que para el campo de la educación superior las auditorías híbridas revelaron que, pese a declaraciones de conformidad, plataformas de e-learning presentaban fallos masivos en subtítulo y evaluaciones temporizadas, afectando directamente el rendimiento de estudiantes con discapacidades.

En el gobierno electrónico, la falta de retroalimentación accesible en formularios (criterios 3.3.2 y 4.1.3 de WCAG) resultó en tasas de error del 47% entre usuarios de tecnologías asistivas, aun cuando los checklists técnicos podían haberse marcado como "cumplidos". Mientras que, en la banca digital móvil, se identificó que funcionalidades modernas, basadas en gestos (criterios 2.5.1 y 2.5.7), carecían de alternativas accesibles, excluyendo a usuarios con discapacidades motrices, un problema a menudo omitido en auditorías superficiales.

El patrón común deja en claridad que las metodologías que sustentan muchos ACR son insuficientes para capturar barreras complejas y experienciales; mientras que las soluciones exitosas documentadas, como la implementación de pruebas con usuarios, el co-diseño y la validación iterativa, apuntan consistentemente hacia la necesidad de enfoques híbridos que complementen la auditoría automatizada con evaluación humana experta y pruebas con usuarios finales.

Este marco conceptual integra dichos elementos para sustentar la investigación, proponiendo que la brecha entre el ACR (conformidad declarada) y la accesibilidad real es un problema sistémico originado en:

1. **Limitaciones metodológicas.** Dependencia excesiva de herramientas automatizadas y checklists que no pueden evaluar criterios WCAG cualitativos y contextuales.
2. **Incentivos perversos.** La presión por generar un documento de "cumplimiento" puede priorizar la apariencia de conformidad sobre la exhaustividad.
3. **Complejidad normativa.** La evolución y matices de WCAG y su aplicación legal superan la capacidad de metodologías de auditoría rígidas.

Por lo tanto, la validez de un ACR no puede darse por sentada. Debe ser entendida como una propiedad emergente de la calidad, exhaustividad y naturaleza mixta (automática-humana) del proceso de auditoría que lo genera. La hipótesis de esta investigación es que la optimización de este proceso mediante un protocolo híbrido estandarizado es la vía para cerrar la brecha y transformar el ACR de un documento de cumplimiento administrativo a un indicador fiable de inclusión digital real.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño general del estudio

Esta investigación adoptó un diseño metodológico mixto de carácter exploratorio-descriptivo, con un enfoque secuencial explicativo. El estudio se desarrolló entre marzo de 2024 y febrero de 2025, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas para caracterizar de manera integral la generación, contenido y validez de los Reportes de Conformidad de Accesibilidad (ACR/VPAT). Este diseño permitió triangular datos desde múltiples fuentes como lo son el análisis documental, la evaluación empírica de productos y las perspectivas de expertos.

Análisis documental sistemático

Objeto de análisis. Se analizó un corpus de 50 Reportes de Conformidad de Accesibilidad (ACR) de acceso público.

Criterios de selección. Los documentos fueron seleccionados intencionalmente para asegurar diversidad sectorial (software empresarial, plataformas web educativas, servicios gubernamentales digitales y aplicaciones móviles) y representatividad geográfica (América del Norte, Europa y América Latina). Se priorizaron productos de organizaciones con más de 1.000 empleados, asumiendo un mayor grado de formalización en sus procesos de accesibilidad.

Instrumentos y procedimiento. Se diseñó una matriz de análisis con categorías predefinidas para evaluar cada ACR. Las categorías incluyeron: completitud estructural según la plantilla VPAT 2.5; nivel de detalle en la evaluación de criterios WCAG; mención explícita de metodologías y herramientas de testing utilizadas; trazabilidad de los incumplimientos identificados (descripción de barreras y planes de remediación); frecuencia de actualización del reporte.

Análisis de datos. Dos evaluadores independientes, con formación en accesibilidad web, codificaron cada documento utilizando una escala Likert de 5 puntos para cada categoría. La confiabilidad inter-evaluador se calculó mediante el coeficiente Kappa de Cohen, obteniendo un valor de $\kappa = 0.82$ ($p < 0.001$), indicando un nivel de concordancia sustancial. Los datos cuantitativos derivados de las escalas se analizaron con estadística descriptiva e inferencial (análisis de varianza) para identificar patrones entre sectores.

Estudios de caso empíricos con evaluación de usuarios

Participantes y contextos. Se condujeron evaluaciones en profundidad en tres sectores clave, involucrando a usuarios finales con discapacidad. En el sector educativo, participaron 36 estudiantes con discapacidad visual, auditiva, motriz y/o cognitiva, quienes contribuyeron a la evaluación de 3 plataformas de aprendizaje.

En el sector gubernamental, participaron 24 ciudadanos usuarios de tecnologías asistidas (como JAWS, NVDA y VoiceOver), quienes evaluaron 2 portales de trámites en línea. Finalmente, en el sector de comercio electrónico, se reclutaron 48 compradores como grupo de control, de estos participantes se seleccionaron 24 personas con discapacidad y 24 sin ella para evaluar 4 sitios web de retail.

Tareas y procedimientos. Para cada sector se diseñaron tareas representativas de uso real, como completar un formulario de matrícula, realizar un trámite, finalizar una compra. Las sesiones se llevaron a cabo en entornos controlados, presenciales y remotos, con una duración promedio de 90 minutos. Se grabaron las sesiones (con consentimiento informado) para capturar interacciones, comentarios verbales y expresiones de dificultad.

Instrumentos de recolección de datos. Para este propósito se utilizaron múltiples instrumentos:

1. Herramientas de auditoría automatizada, como axe-core 4.8 (Deque Systems, Inc., 2025), WAVE API, Lighthouse 11.4 y Pa11y 7.0, utilizadas para realizar un escaneo técnico previo y posterior de las interfaces.
2. Escalas validadas, como una versión adaptada del System Usability Scale (SUS) (Teacup Lab, 2024), centrada en aspectos de accesibilidad y el NASA-TLX para medir carga cognitiva.
3. Protocolos de observación y entrevista semiestructurada para recoger feedback cualitativo.

Análisis de datos. Se realizó un análisis de métricas de rendimiento (tasa de éxito en tareas, tiempo de finalización, número de errores). Los datos de usabilidad y carga cognitiva se analizaron con pruebas t, para muestras independientes y correlaciones. Asimismo, los hallazgos de las herramientas automatizadas se validaron cruzadamente con los resultados de las pruebas de usuario (Lau, 2023) y con auditorías manuales realizadas por profesionales certificados (IAAP, 2020), calculando sensibilidad y especificidad.

Entrevistas con actores clave

Participantes. Se realizaron entrevistas en profundidad a 15 profesionales del ecosistema de la accesibilidad, reclutados mediante muestreo intencional. La muestra incluyó auditores de accesibilidad certificados (n=6), desarrolladores front-end especializados (n=5) y usuarios expertos de tecnologías asistivas con experiencia en testing (n=4).

Instrumento y procedimiento. Se utilizó un protocolo de entrevista semi-estructurada, con preguntas guía organizadas en ejes temáticos como experiencias prácticas en la generación o uso de VPAT/ACR, desafíos en la interpretación de criterios WCAG, percepción sobre la brecha entre conformidad declarada y real, recomendaciones para mejorar los procesos de auditoría y reporte. Las entrevistas, de 60 a 90 minutos de duración, se condujeron de forma virtual, se grabaron y transcribieron textualmente.

Análisis de datos. Las transcripciones se analizaron mediante análisis de contenido temático de tipo inductivo, utilizando el software NVivo 14. Tras una codificación abierta inicial, se identificaron categorías emergentes que fueron refinadas iterativamente. Para asegurar la confiabilidad del análisis, un 30% de las transcripciones fue codificado de forma independiente por un segundo investigador, logrando un coeficiente Kappa de 0.79.

Consideraciones éticas

El proyecto recibió la aprobación del Comité de Ética en Investigación de la institución afiliada (Protocolo #ACC-2024-018). Asimismo, todos los participantes firmaron un consentimiento informado detallado, a través del cual se garantiza la confidencialidad mediante la anonimización de los datos, con el uso de códigos numéricos, y el almacenamiento seguro de las grabaciones y transcripciones. Los participantes con discapacidad que formaron parte de las pruebas de usuario recibieron una compensación económica por su tiempo y contribución experta.

HALLAZGOS O RESULTADOS

El análisis de los datos recopilados revela hallazgos estructurados en cuatro dimensiones clave: la caracterización de las prácticas actuales de reporte; los desafíos metodológicos identificados; la cuantificación de la brecha entre lo declarado y lo experimentado y las propuestas iniciales para optimizar los procesos.

Caracterización de las prácticas actuales en la elaboración de VPAT/ACR

El análisis de 50 ACR públicos evidenció una marcada heterogeneidad en su calidad y exhaustividad, lo que cuestiona su fiabilidad como indicadores únicos de accesibilidad.

Calidad y exhaustividad documental

La evaluación estructural mostró deficiencias significativas, puesto que solo el 64% de los reportes incluía todas las secciones obligatorias de la plantilla VPAT 2.5. En este sentido, un 28% omitía toda referencia a la metodología de evaluación utilizada, mientras que un 18% ni siquiera especificaba la versión de WCAG evaluada. La transparencia sobre el proceso fue particularmente baja, ya que solo el 26% detalló las herramientas automatizadas empleadas, un 12% mencionó la participación de usuarios con discapacidad en las pruebas, y un 8% documentó la cualificación de los evaluadores.

Un hallazgo crítico fue la ausencia de correlación ($r = 0.18$, $p = 0.21$) entre el alto nivel de conformidad declarado (usualmente >95%) y la exhaustividad de la documentación. Esto sugiere que los ACR que declaran conformidad casi total suelen ser los que menos información detallada proporcionan, posiblemente como resultado de evaluaciones más superficiales.

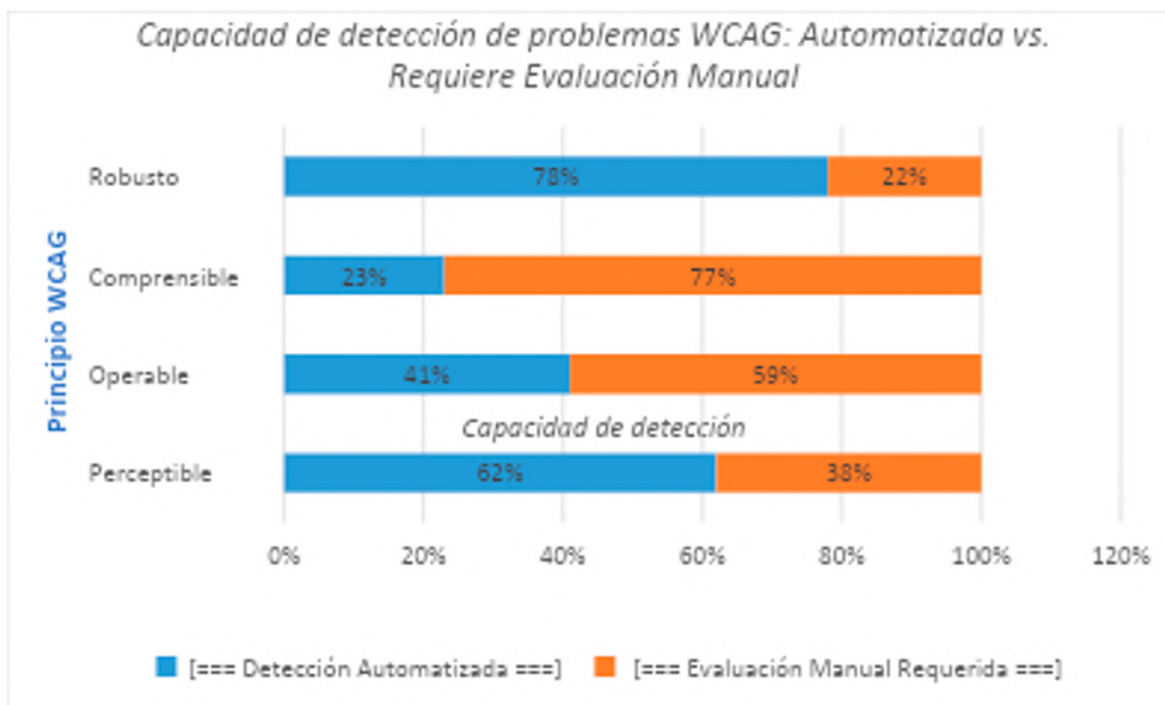
Tabla 2. Calidad estructural y metodológica de una muestra de 50 ACR públicos

Categoría de evaluación	Porcentaje de ACR cumplidores	Implicación principal
Complejidad estructural (Secciones VPAT 2.5)	64%	Un tercio de los reportes carece de información básica obligatoria.
Especificación de metodología	72%	Cerca de 3 de cada 10 participantes no describen cómo se realizó la evaluación.
Mención de herramientas automatizadas	26%	Alta opacidad en los métodos técnicos de escaneo.
Participación de usuarios con discapacidad	12%	La evaluación centrada en la experiencia humana es la excepción, no la norma.
Planes de remediación con cronograma	24%	La mayoría identifica problemas, pero pocos trazan un camino claro para solucionarlos.

Nota. Elaboración propia por parte de los autores.

La triangulación de datos entre escaneos automatizados, auditoría manual y pruebas con usuarios en los casos de estudio confirmó las limitaciones inherentes de las herramientas automatizadas. Estas demostraron capacidades de detección muy variables según el principio de accesibilidad, siendo notablemente deficientes para criterios que requieren juicio contextual o cognitivo.

Figura 4. Capacidad de detección de problemas WCAG: automatizada vs. evaluación manual



Nota. Elaboración propia por parte de los autores a partir de los datos recolectados.

Los datos presentados anteriormente representan el porcentaje promedio de problemas detectables por cada método en los estudios de caso. En donde se encuentra que los falsos negativos (problemas reales no detectados) fueron frecuentes en interacciones complejas (87% en órdenes de tabulación ilógicas) y contenido dinámico (100%). Paralelamente, los falsos positivos (errores reportados incorrectamente) surgieron en situaciones donde las técnicas avanzadas cumplían con los criterios, pero las herramientas no podían interpretar el contexto.

Identificación de desafíos metodológicos críticos

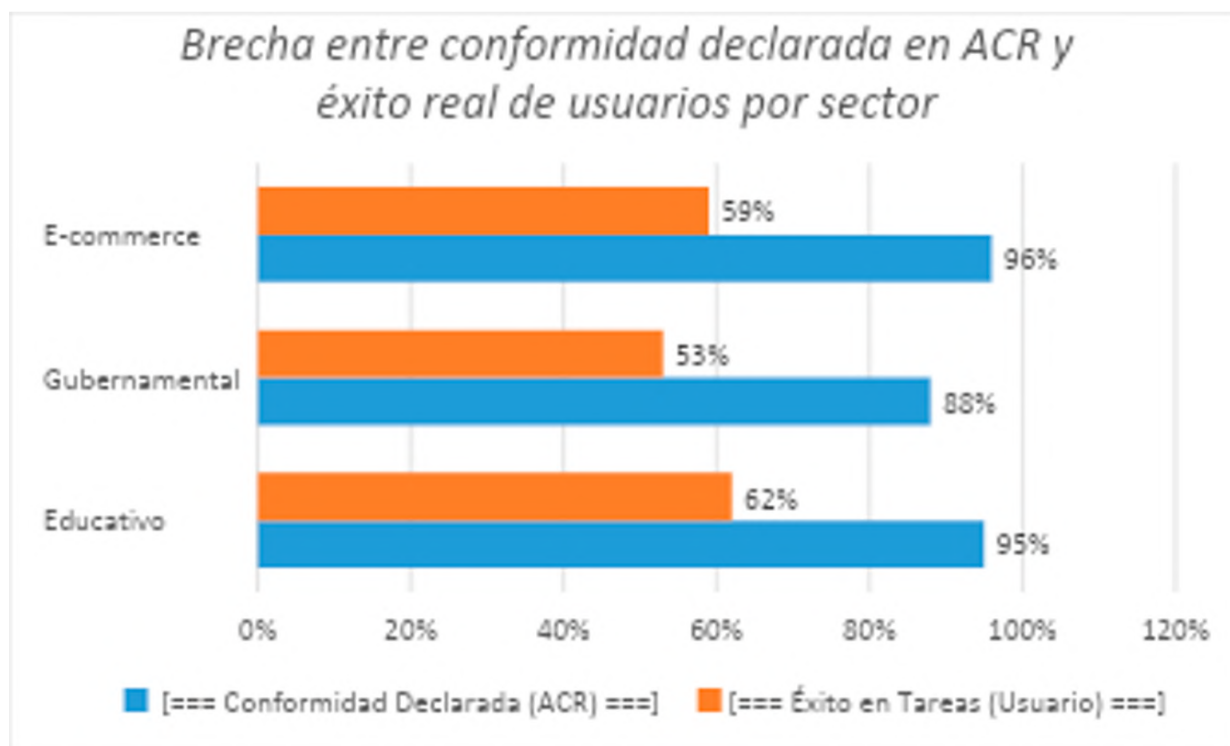
Las entrevistas con expertos y el análisis cualitativo permitieron mapear obstáculos sistémicos que explican las brechas encontradas (Alshain Qeeti, 2014).

Ambigüedad en la interpretación de criterios WCAG. Los profesionales identificaron varios criterios WCAG sujetos a interpretación subjetiva, generando inconsistencia entre auditores (Universidad Técnica Particular de Loja, 2012). Por ejemplo, el criterio 2.4.6 (*Headings and Labels*, Nivel AA) requiere que los encabezados "describan el tema o propósito", una directiva cuya aplicación concreta varía. Por ejemplo, es necesario cuestionar si es el concepto "buscar" un texto suficientemente descriptivo para un botón, o se requiere "buscar productos". Similar ambigüedad afecta a criterios como 3.2.4 (*Consistent Identification*) o los nuevos umbrales de tamaño para objetivos táctiles en WCAG 2.2 (2.5.8).

Sesgo en la representatividad de usuarios y discapacidades. Existe un claro sesgo en las evaluaciones hacia discapacidades sensoriales (visuales/auditivas), que son más fáciles de simular o verificar técnicamente. El análisis de los ACR y las entrevistas reveló que los criterios dirigidos a discapacidades cognitivas (3.2.6 *consistent help*, 3.3.7 *redundant entry*) son evaluados con mucha menos frecuencia (14-31%) que los criterios técnicos como el contraste (96%). Este sesgo deja fuera barreras críticas de usabilidad para un segmento significativo de la población.

Cuantificación de la brecha: conformidad declarada vs experiencia real. El núcleo de la investigación consistió en medir la correlación entre lo declarado en los ACR y el acceso real. Los resultados son contundentes: se encontró una correlación débil y estadísticamente modesta ($r = 0.32$, $p < 0.05$) entre el porcentaje de conformidad declarada (92% en promedio) y el éxito de usuarios con discapacidad en tareas reales.

Figura 5. Brecha entre conformidad declarada en ACR y éxito real de usuarios por sector



Nota. Elaboración propia por parte de los autores.

La anterior gráfica ilustra la brecha promedio del ~35% entre lo que el documento afirma y lo que los usuarios pueden lograr efectivamente. Frente a ello, el análisis de regresión identificó que la metodología de evaluación es un predictor clave. Pues, los procesos que integran pruebas con usuarios ($\beta = 0.38$, $p < 0.01$) y un enfoque híbrido ($\beta = 0.45$, $p < 0.01$) presentaron una correlación significativamente mayor con los resultados de usabilidad real. Por el contrario, las evaluaciones basadas únicamente en automatización mostraban una correlación negativa ($\beta = -0.29$, $p < 0.05$).

Propuestas de innovación metodológica preliminares

Con base en estos hallazgos, se esbozan direcciones para mejorar la validez de los VPAT/ACR:

1. **Modelos de puntuación dinámica.** Sustituir la lógica binaria ("Cumple/No Cumple") por un sistema ponderado que asigna mayor peso a criterios con alto impacto en la experiencia usuario y que son comúnmente sub-evaluados (como criterios cognitivos).
2. **Protocolos híbridos estandarizados.** Diseñar un marco de evaluación secuencial que obligatoriamente combine fases de escaneo automatizado, auditoría experta manual y pruebas de usabilidad con una muestra diversa de usuarios con discapacidad.

3. **Guías de interpretación contextual.** Desarrollar documentación auxiliar que ayude a los auditores a aplicar criterios WCAG ambiguos en escenarios comunes (formularios complejos, aplicaciones de una sola página, etc.), reduciendo la subjetividad.

Estas propuestas, validadas inicialmente en los casos de estudio, apuntan a transformar el ACR de un documento de cumplimiento teórico a un indicador fiable de accesibilidad práctica.

CONCLUSIONES

Esta investigación ha abordado críticamente el ecosistema de auditoría y reporte de accesibilidad digital, centrándose en la eficacia de los Reportes de Conformidad de Accesibilidad (ACR) basados en la plantilla VPAT. Los hallazgos, derivados de un análisis mixto que integró revisión documental, estudios de caso empíricos y la perspectiva de expertos, confirman y dimensionan una problemática sistémica, que indica que existe una brecha sustancial y cuantificable entre la conformidad declarada en los documentos oficiales y la accesibilidad real experimentada por usuarios con discapacidad. Esta conclusión responde directamente al objetivo general de analizar los procesos para diagnosticar esta desconexión.

En primer lugar, la caracterización de las prácticas actuales (objetivo específico 1) revela que los ACR presentan una heterogeneidad y opacidad metodológica preocupantes, en donde la mayoría carece de transparencia sobre los procedimientos de evaluación y sólo una minoría específica las herramientas utilizadas (26%) o incluye la participación de usuarios con discapacidad (12%). Más revelador aún es el hallazgo de que no existe correlación entre un alto porcentaje de conformidad declarada y la exhaustividad de la documentación, lo que sugiere que los reportes que afirman un cumplimiento casi total pueden ser producto de evaluaciones menos rigurosas. Este diagnóstico inicial sienta las bases para entender la raíz del problema de credibilidad.

En segundo lugar, la identificación de desafíos metodológicos y técnicos (objetivo específico 2) provee una explicación estructural para dicha brecha. En este sentido, se identificaron tres obstáculos principales: 1) la ambigüedad inherente a ciertos criterios WCAG (2.4.6 o 3.2.4), que conduce a interpretaciones subjetivas y resultados inconsistentes entre auditores; 2) las limitaciones intrínsecas de las herramientas automatizadas, cuya capacidad de detección es marcadamente baja para principios como "Comprensible" (23%) y "Operable" (41%), dejando fuera barreras complejas de navegación, contexto y usabilidad cognitiva; 3) un sesgo de representatividad en las evaluaciones, que prioriza discapacidades sensoriales y criterios técnicamente verificables, dejando sub-evaluadas las necesidades de usuarios con discapacidades cognitivas o motrices complejas. Estos factores confluyen para generar un espejismo de cumplimiento.

En un tercer momento, la evaluación de la correlación entre conformidad declarada y barreras experimentadas (objetivo específico 3) cuantifica el impacto de estas fallas metodológicas. Frente a esto los datos son contundentes, revelando una correlación débil ($r = 0.32$) entre la conformidad promedio declarada en los ACR (92%) y el éxito real de usuarios con discapacidad en tareas críticas. La brecha promedio del 35% observada en los estudios de caso —donde portales que declaran un 88-96% de conformidad, mostraban tasas de éxito usuario entre el 53% y el 62%— no es una anomalía, sino un síntoma de un sistema de evaluación desconectado de la experiencia humana. Este hallazgo valida empíricamente la hipótesis central y subraya el riesgo legal y de exclusión que conlleva confiar en estos documentos sin una comprensión crítica de sus limitaciones.

Finalmente, este estudio propone una hoja de ruta para la innovación metodológica (objetivo específico 4). Las conclusiones apuntan a que la superación de la brecha no reside en abandonar el modelo VPAT/ACR, sino en transformar radicalmente los procesos que lo sustentan. Se propone la adopción obligatoria de protocolos híbridos estandarizados que integren de

forma sistemática y validada la escalabilidad de la evaluación automatizada, el criterio experto de la auditoría manual y la irremplazable perspectiva de las pruebas con usuarios diversos. Complementariamente, se recomienda el desarrollo de guías interpretativas contextuales para criterios WCAG ambiguos y la implementación de modelos de puntuación dinámica que superen la lógica binaria y reflejen el impacto real de las barreras.

Así, esta investigación concluye que el valor del ACR como herramienta de garantía de derechos y gestión de riesgos depende críticamente de la validez del proceso de auditoría subyacente. La evidencia presentada establece que los métodos actuales son insuficientes, por lo tanto, el principal aporte de este trabajo es proveer un diagnóstico empírico sólido y un marco conceptual para una reforma metodológica. La implementación de las innovaciones propuestas representa un paso necesario para que la auditoría de accesibilidad evolucione de un ejercicio de cumplimiento formal a un motor efectivo de inclusión digital, donde la conformidad declarada esté firmemente anclada en la equidad de acceso experimentada



REFERENCIAS

- Adams, M. A., & Dolan, P. (2012). *The biomechanics of back pain* (3rd ed.). Churchill Livingstone.
- Bernard, B. P. (Ed.). (1997). *Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back*. National Institute for Occupational Safety and Health.
- Dul, J., Weerdmeester, B., Kuijt-Evers, L., van de Walle, G., & van Dorst, M. (2018). *Ergonomics for beginners: A quick reference guide* (4th ed.). CRC Press.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Karwowski, W. (Ed.). (2012). *The discipline of ergonomics and human factors*. CRC Press.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (1994). *Applications manual for the revised NIOSH lifting equation*. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention.
- Organización Internacional del Trabajo. (2021). *Seguridad y salud en la agricultura*. Oficina Internacional del Trabajo.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2017). *Principios de anatomía y fisiología* (15.ª ed.). Editorial Médica Panamericana.



3

DETERMINAR LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO OCUPACIONAL EN TRABAJADORES AUTORIZADOS PARA EL TRABAJO EN ALTURAS EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MUNICIPIO DE MANIZALES EN EL 2024

TO DETERMINE THE PERCEPTION OF OCCUPATIONAL RISK AMONG WORKERS AUTHORIZED TO WORK AT HEIGHTS IN THE CONSTRUCTION SECTOR OF THE MUNICIPALITY OF MANIZALES IN 2024

⁹ Francy Estephany Hernández Montenegro

¹⁰ Javier Ariza Useche

⁹ Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo y Riesgos Laborales, Universidad Minuto de Dios, estephanyhedz@gmail.com, 0009-0006-8263-9941, https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002350438.

¹⁰ Especialista en Seguridad e Higiene Industrial y Gestión Ambiental, Universidad Minuto de Dios, jarizau@sena.edu.co, ORCID 0009-0001-8680-6608.

RESUMEN

El presente estudio evaluó la percepción del riesgo ocupacional en las personas que se formaron como “Trabajador autorizado para el trabajo en alturas en el sector de la construcción” del Municipio de Manizales, Caldas. Para ello, se empleó un enfoque cuantitativo con diseño descriptivo transversal, en donde la población objetivo fueron los trabajadores que recibieron esta formación, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico. Los datos fueron recolectados mediante dos (2) instrumentos estructurados, uno se empleó para la identificación de peligros, el otro se empleó para determinar qué peligros eran más representativos y generaban en los trabajadores condiciones que afectan su actividad en alturas. Por último, se utilizó el formulario de evaluación dimensional del riesgo percibido para evaluar la percepción del riesgo en cada trabajador según el peligro identificado.

Al aplicar la encuesta de perfil socio demográfico de condiciones de salud, se determinó que el porcentaje más alto de la población encuestada son hombres, con una edad que fluctúa entre los 26 y 45 años, pertenecientes a estratos socioeconómicos entre el 2 y 3. Respecto a los riesgos inherentes al trabajo en alturas, se obtuvo que los peligros con mayor impacto son el físico (exposición a temperaturas extremas), locativo (caída de objetos) y eléctrico (electrocución). La percepción del riesgo presenta una mayor puntuación para la probabilidad de experimentar el daño, la percepción de daño grupal y el plazo para manifestación de las consecuencias.

PALABRAS CLAVE: percepción del riesgo, riesgos laborales, trabajo en alturas, trabajadores autorizados para el trabajo en alturas, sector de la construcción.

¿Cómo citar este capítulo?

En APA: Hernández, F. y Ariza, J. (2026). Determinar la percepción del riesgo ocupacional en trabajadores autorizados para el trabajo en alturas en el sector de la construcción en el municipio de Manizales en el 2024. En Bejarano-Díaz, D. y Holguín, B. (Ed.). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI (pp. 41-60). Editorial TEINCO.

DOI de capítulo: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6.cap.3>

ABSTRACT

This study evaluated the perception of occupational risk in people who were trained to be authorized workers for work at heights in the construction sector of the Municipality of Manizales, a quantitative approach with a descriptive cross-sectional design was used, the target population was workers who received this trained in the construction sector, selected through a non-probabilistic sampling. The data was collected using two (2) structured instruments; one was used to identify hazards, the other was used to determine which hazards were more representative and generated conditions in workers that affected their activity at heights and finally the dimensional evaluation form of perceived risk was used. To evaluate the perception of risk in each worker according to the identified hazard. When applying the sociodemographic profile survey on health conditions, it was determined that the highest percentage of the surveyed population is men, the workers' ages range between 26 and 45, and their socioeconomic status is between 2 and 3.

Regarding the risks inherent to working at heights, the hazards with the greatest impact were physical (exposure to extreme temperatures), location hazards (falling objects), and electrical hazards (electrocution). Risk perception

presents a higher score for the probability of experiencing harm, the perception of group harm, and the timeframe for the manifestation of consequences.

KEYWORDS: risk perception, occupational hazards, working at heights, workers authorized to work at heights, construction sector.

How to cite this chapter?

In APA: Hernández, F. and Ariza, J. (2026). Determinar la percepción del riesgo ocupacional en trabajadores autorizados para el trabajo en alturas en el sector de la construcción en el municipio de Manizales en el 2024. In Bejarano-Díaz, D. and Holguín, B. (Ed.). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI (pp. 41-60). Editorial TEINCO.

Chapter DOI: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6.cap.3>

INTRODUCCIÓN

El concepto de percepción del riesgo ocupacional hace referencia a la manera en que los trabajadores evalúan, interpretan y comprenden los peligros inherentes a su entorno laboral. Esta percepción constituye un proceso individual influenciado por diversos factores, entre los que se encuentran la formación recibida, la experiencia previa, las condiciones de trabajo y las políticas de seguridad implementadas en el lugar donde se desempeñan sus labores. En el sector productivo relacionado con la construcción, los trabajadores pueden estar más dispuestos a reconocer y aceptar determinados riesgos cuando consideran que los beneficios obtenidos superan los posibles perjuicios o cuando perciben que cuentan con los recursos y capacidades necesarias para controlar dichos riesgos (Ajzen, 1991).

Con el propósito de fortalecer esta percepción y contribuir a la disminución de los riesgos presentes en el entorno laboral, surge la formación denominada “Trabajador autorizado para trabajo en alturas”, programa ofertado en el municipio de Manizales por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), institución avalada por el Ministerio del Trabajo de Colombia a través del Centro de Procesos Industriales y Construcción de la Regional Caldas. Esta formación tiene como finalidad proporcionar a los participantes los conocimientos, habilidades y destrezas requeridas para desarrollar actividades en altura de manera segura y eficiente, de conformidad con los requerimientos establecidos en la Resolución 4272 de 2021, específicamente en el Capítulo II, artículos 9, 10 y 11.

De acuerdo con Alonso et al. (1999), la percepción del riesgo en el ámbito laboral constituye un elemento fundamental para comprender las prácticas inseguras desarrolladas por los trabajadores, dado que este proceso involucra no solo variables cognitivas, sino también factores psicosociales que inciden en la toma de decisiones frente a situaciones de riesgo. En este sentido, la percepción del riesgo se configura como un fenómeno complejo que está condicionado por los conocimientos previos de los individuos, los patrones culturales y las características del entorno social y laboral en el que se desenvuelven.

Partiendo de esta premisa, la presente investigación surge de la necesidad de comprender las percepciones que tienen los trabajadores respecto a los riesgos asociados a sus labores, particularmente aquellos relacionados con el trabajo en alturas. Para ello, se seleccionará una muestra de trabajadores del sector de la construcción del municipio de Manizales. Asimismo, se analizarán las percepciones sobre el riesgo ocupacional presentes en diferentes actores involucrados en la gestión de la seguridad y salud en el trabajo, tales como el Ministerio del Trabajo, las Administradoras de Riesgos Laborales (ARL) y los propios trabajadores.

La relevancia de este análisis se sustenta en la importancia económica y social del sector de la construcción a nivel mundial. Según cifras de la Federación Internacional de Trabajadores de la Construcción y la Madera, este sector proporciona aproximadamente el 8% del empleo global, lo que representa cerca de 180 millones de personas, y aporta alrededor del 10% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial (Forbes Colombia, 2021). Entre las características propias del sector se encuentran la alta participación de mano de obra no calificada, la temporalidad de los contratos, la informalidad laboral y la existencia de empleos no registrados, condiciones que pueden incrementar la vulnerabilidad de los trabajadores frente a diversos riesgos ocupacionales.

En Colombia, las cifras de accidentalidad laboral asociadas a este sector mostraron una disminución constante entre los años 2015 y 2019, con un promedio de reducción del 4,3%. Sin embargo, a partir de la emergencia sanitaria ocasionada por el COVID-19, esta tendencia presentó una variación significativa, registrándose en el año 2020 un incremento del 25,7% en la accidentalidad laboral. Posteriormente, durante el año 2021 y en paralelo al proceso de recuperación económica, la frecuencia de accidentes reportados y calificados como laborales aumentó un 14,2%. Aunque en 2022 se evidenció una

disminución del 2,8%, esta situación pudo estar influenciada por factores macroeconómicos y políticos que generaron una reducción en el número de trabajadores y empresas afiliadas al sistema, variables que guardan una relación directamente proporcional con la accidentalidad laboral, pues a mayor exposición existe una mayor probabilidad de ocurrencia de accidentes de trabajo (Murcia y Arenas S.A.S., 2022).

De acuerdo con el Consejo Colombiano de Seguridad (2023), durante el primer semestre de 2023 se registraron 274.381 accidentes de trabajo, equivalentes a una tasa de 2,32 eventos por cada 100 trabajadores. Esta cifra supera la registrada durante el mismo periodo de 2022, cuando se reportaron 2,20 accidentes por cada 100 trabajadores. En términos generales, esto representa un promedio de 1.524 accidentes diarios y un incremento del 9,3 % en comparación con el mismo periodo del año anterior, evidenciando la continuidad de la tendencia ascendente observada desde el año 2020.

Los sectores económicos con mayores tasas de accidentalidad durante este periodo fueron las industrias manufactureras, con 47.538 eventos reportados (17,3 % del total), y el sector de la construcción, con 33.264 accidentes (12,1 %). En ambos casos se registraron incrementos del 13,9 % y 10,9 %, respectivamente, frente al primer semestre de 2022 (Consejo Colombiano de Seguridad, 2023).

Respecto a la distribución geográfica de la accidentalidad laboral, el departamento del Magdalena presentó la mayor tasa del país con 3,50 accidentes por cada 100 trabajadores, manteniendo esta posición durante cinco años consecutivos. Le siguieron los departamentos de Caldas y Boyacá, con tasas de 3,00 y 2,99 accidentes por cada 100 trabajadores, respectivamente. En cuanto al número absoluto de eventos reportados, Bogotá registró 74.880 accidentes laborales, mientras que Antioquia reportó 60.764 casos. De manera conjunta, estos territorios concentraron el 49,4% del total de accidentes registrados en el país durante el periodo analizado (Consejo Colombiano de Seguridad, 2023).

En relación con la mortalidad laboral, durante el primer semestre de 2022 se registró una reducción del 17,5% en comparación con el mismo periodo de 2021. No obstante, algunos sectores continuaron presentando tasas significativamente elevadas. Entre ellos se destacó el sector de explotación de minas y canteras, con una tasa de 30,79 muertes por cada 100.000 trabajadores, cifra que supera en dieciséis veces la tasa nacional registrada durante ese semestre. Le siguieron los sectores de suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado, con una tasa de 7,21, y transporte y almacenamiento, con una tasa de 3,92.

En cuanto al número total de fallecimientos reportados, el sector de explotación de minas y canteras registró 56 muertes, equivalentes al 25,3% de los decesos laborales y un incremento del 1,8% frente al mismo periodo del año anterior. Por su parte, el sector de la construcción reportó 40 fallecimientos, representando el 18,1% del total, mientras que el sector de transporte y almacenamiento registró 30 muertes, equivalentes al 13,6% (Consejo Colombiano de Seguridad, 2023).

A nivel nacional, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2022) reporta que el sector de la construcción emplea aproximadamente el 5,2% de la mano de obra colombiana, lo que equivale a cerca de 922.000 trabajadores, y contribuye con el 6,2% del Producto Interno Bruto nacional. Estas cifras reflejan la relevancia económica y social de esta actividad productiva, así como la necesidad de fortalecer las estrategias de prevención de riesgos laborales dirigidas a esta población.

En consecuencia, la presente investigación busca identificar la percepción del riesgo ocupacional frente a los peligros asociados al trabajo en alturas en trabajadores del sector de la construcción del municipio de Manizales. A partir de ello, se pretende generar recomendaciones orientadas al fortalecimiento de la cultura de seguridad, la identificación de peligros

que puedan pasar inadvertidos en las actividades cotidianas, la reducción de costos asociados a los accidentes laborales (como compensaciones económicas, seguros, tiempos muertos y afectaciones a la reputación para las organizaciones), así como contribuir al bienestar emocional y psicológico de los trabajadores y al cumplimiento de la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

En el contexto colombiano, uno de los sectores más importantes para la empleabilidad y la economía es el de la construcción. Sin embargo, este sector también se consolida como uno de los escenarios más peligrosos en materia de seguridad y riesgos laborales, en donde, a pesar de los avances que se han dado en la legislación relacionada con seguridad y salud en el trabajo, los trabajadores continúan enfrentando altos índices de accidentalidad y morbilidad.

Para el caso específico del trabajo en alturas, entendido como toda actividad realizada en condiciones donde una persona se encuentra expuesta al riesgo de caída y, por consiguiente, a sufrir lesiones (OIT, 2020), este se reconoce como una de las principales causas de accidentes laborales graves y mortales a nivel mundial (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2025). Situaciones como las caídas en tejados, de escaleras y de superficies frágiles o inestables, se encuentran dentro de las causas más frecuentes para la ocurrencia de este riesgo.

Lo anterior se encuentra relacionado con los procesos de SST dado que la forma en que un trabajador percibe los riesgos presentes en su entorno laboral influye significativamente en su comportamiento frente a las medidas de prevención y control. Esta percepción condiciona aspectos como el cumplimiento de los procedimientos de trabajo seguro, el uso adecuado de los elementos de protección personal y la disposición para adoptar conductas orientadas a la prevención de accidentes y enfermedades laborales. En este sentido, se ha observado que, en numerosas ocasiones, los trabajadores tienden a subestimar ciertos peligros o a no reconocerlos como riesgos potenciales, situación que incrementa la probabilidad de ocurrencia de accidentes (Valencia, 2018).

En consecuencia, se hace necesario abordar esta problemática de manera integral, identificando las causas subyacentes de los accidentes laborales, evaluando la implementación de las normativas de seguridad y analizando la eficacia de los programas de capacitación existentes. Desde esta perspectiva se plantea que sólo mediante una acción coordinada entre gobierno, empresas, trabajadores e instituciones de formación será posible reducir la siniestralidad laboral y garantizar entornos de trabajo seguros y saludables para todos los trabajadores colombianos.

Objetivo general

Evaluar la percepción del riesgo ocupacional en trabajadores autorizados para trabajos en alturas en el sector de la construcción del municipio de Manizales en el 2024.

Objetivos específicos

- Establecer el perfil sociodemográfico y condiciones de salud de trabajadores autorizados en alturas en el sector de la construcción.
- Identificar las actividades peligrosas percibidas por los trabajadores autorizados para trabajo en alturas en el sector de la construcción.

- Caracterizar la percepción del riesgo percibida por los trabajadores autorizados para trabajo en alturas en el sector de la construcción.

MARCO CONCEPTUAL O TEÓRICO

Dentro del sector de la construcción, el trabajo en alturas constituye una de las actividades con mayores índices de accidentalidad y mortalidad a nivel mundial debido al alto nivel de exposición al riesgo que implica su ejecución. De acuerdo con cifras de la OIT, se estima que cada año mueren más de dos mil millones de personas a causa de accidentes laborales en alturas, lo que la convierte en la principal causa en este sector.

En este sentido, para determinar los requisitos de seguridad que se deben tener en el control de los riesgos para el trabajo en alturas en Colombia, es importante tener claro que el país toma como referencia la normativa americana, basándose en la Constitución de la Organización Internacional del Trabajo (2010). Esta normativa establece en su preámbulo que la “protección del trabajador contra las enfermedades, sean o no profesionales, y contra los accidentes del trabajo es una de las condiciones de trabajo que es urgente mejorar” (p. 6). Asimismo, la Declaración de Filadelfia (1944) reconoce la obligación solemne de fomentar programas que permitan proteger adecuadamente la vida y la salud de los trabajadores en todas las ocupaciones.

Más recientemente, el principio constitucional de protección de la seguridad y la salud de los trabajadores se reafirmó con fuerza a partir de la reunión 110 de la Conferencia Internacional de Trabajo, realizada en junio de 2022. Espacio en el cual se adoptó la “Resolución sobre la inclusión de un entorno de trabajo seguro y saludable en el marco de la OIT relativo a los principios y derechos fundamentales en el trabajo”, un acto legislativo que constituye una decisión histórica, ejecutada y apoyada por los mandantes tripartitos de la Organización Internacional del Trabajo, en la cual se refleja un compromiso colectivo renovado en favor de la protección de la vida y la salud en el trabajo. En esta Resolución se reconoce el Convenio 155 sobre seguridad y salud de los trabajadores (1981) y el Convenio 187 sobre el marco promocional para la seguridad y salud en el trabajo (2006) como convenios fundamentales, integrando así una quinta categoría de principios y derechos fundamentales en el trabajo.

Frente a ello, es importante mencionar que, dada la pertenencia y responsabilidad que se tiene con la organización, todos los miembros de la OIT, incluso cuando no hayan ratificado sobre estos convenios, tienen la obligación de promover los principios relativos a los derechos fundamentales que son objeto de esos convenios, en este caso, el derecho a un medio ambiente de trabajo seguro y saludable (Organización Internacional del Trabajo, 1994). Lo anterior partiendo del principio de buena fe y actuando de conformidad con lo establecido en la Constitución Política, velando por la garantía de estos aspectos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.

Para el desarrollo de la presente investigación, es importante tener en cuenta que, de acuerdo con la orientación en seguridad y salud en el trabajo, se contempla la normativa americana para el control del riesgo de alturas, desarrollada por la *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), organización que orienta todas las ocupaciones en esta materia dentro del gobierno federal de Estados Unidos de América. Dicha organización establece la norma 29 CFR 1926, que se constituye como la norma de protección contra caídas más comúnmente referida. En esta se establece la Subparte M, como la encargada de la protección contra caída; la Subparte L que contempla los requerimientos específicos de protección contra caídas para los andamios; la Subparte R que presenta la erección de acero; y para escalas y escaleras la Subparte X (Programa de Protección Contra Caídas, 2018).

Asimismo, la *American National Standards* establece los criterios de desempeño aplicables a los equipos y sistemas personales de protección contra caídas empleados en actividades de construcción y demolición. De igual manera, proporciona lineamientos técnicos y recomendaciones orientadas a su adecuada utilización, mantenimiento e inspección, con el propósito de fortalecer las condiciones de seguridad y reducir la ocurrencia de accidentes asociados al trabajo en alturas (ANSI, 2015).

En Colombia, la Resolución 4272 de 2021 estableció los requisitos mínimos para el desarrollo de trabajo en alturas, así como la obligatoriedad para que las empresas, independiente de su actividad económica, deban contar con la capacitación y certificación como trabajador autorizado (Ministerio del Trabajo, 2021b). Lo anterior con base en el Decreto 1072, el cual establece el sistema de Gestión en seguridad y Salud en el Trabajo, la identificación de los peligros y Control de los riesgos (Ministerio de Trabajo, 2015).

Desde una perspectiva de accidentalidad, autores como Bonilla, Mendoza y Bernal (2018), analizaron las causas y consecuencias de los accidentes laborales ocurridos en dos proyectos de construcción. En primer lugar, un estudio realizado por Zapata (2019) en la ciudad de Medellín, encontró que gran cantidad de trabajadores debidamente capacitados, aún subestiman los riesgos relacionados con las labores en alturas, más aún cuando se enfrentan a condiciones de presión por la entrega oportuna de las actividades.

Asimismo, Alonso (2002) plantea que la percepción del riesgo en el ámbito laboral se convierte en un elemento crucial para entender las prácticas de trabajo inseguras de los trabajadores, esto se logra teniendo en cuenta no solo las variables cognitivas sino también las psicosociales. Lo anterior indica que este proceso está bajo la influencia de los conocimientos previos, los patrones culturales y factores del medio en el que las personas se desenvuelven, para lo cual se concluye que los trabajadores tomaran medidas de prevención dependiendo de lo vulnerable o no que se perciba frente a un peligro ya identificado. Frente a esto, es necesario comprender los siguientes conceptos:

- **Percepción:** Oviedo (s.f.) plantea, desde la psicología cognitiva, que este es un proceso de adquisición de conocimiento, que se encuentra influenciado por el medio que los rodea, del cual se recibe y extrae información. Así, por lo cual este proceso perceptivo es continuo, a medida que se amplía o se ve influenciada por las actitudes, las emociones, las intencionalidades y los sentimientos.
- **Riesgo:** La Guía Técnica Colombiana GTC 45 define el riesgo como la “combinación de la probabilidad de que ocurra un(os) evento(s) o exposición(es) peligroso(s), y la severidad de lesión o enfermedad que pueda ser causada por dicho(s) evento(s) o exposición(es)” (Icontec Internacional, 2012, p. 6).
- **Percepción del riesgo:** este concepto puede ser definido a partir de una revisión de algunos enfoques básicos sobre el tema y han desarrollado diferentes elementos en este concepto. Ana Puy Rodríguez en su revisión sobre la percepción del riesgo plantea cuatro enfoques de abordaje: Un enfoque centrado en aspectos psicológicos, un segundo basado en aspectos psicosociales, un tercero en aspectos culturales y el cuarto es denominado paradigma psicométrico (Rodríguez, 2001), como se muestra a continuación:
 - **Percepción del riesgo ocupacional:** la percepción del riesgo ocupacional se refiere a la manera en que los trabajadores evalúan y comprenden los peligros inherentes a su entorno laboral. Esta percepción puede verse influenciada por diversos factores como la formación recibida, la experiencia previa, las condiciones de trabajo y las políticas de seguridad implementadas en el lugar de trabajo. Según la Teoría del comportamiento planeado de Ajzen (1991), las actitudes hacia el comportamiento, las normas subjetivas y el control percibido sobre el

comportamiento son determinantes clave de las intenciones de realizar una actividad riesgosa. En el contexto de la construcción, los trabajadores pueden estar más dispuestos a aceptar ciertos riesgos si consideran que los beneficios superan los posibles perjuicios, o si sienten que el entorno de trabajo les permite controlar dichos riesgos (Ajzen, 1991).

- **Factores que influyen en la percepción del riesgo:** la percepción del riesgo en el trabajo en alturas está influenciada por múltiples factores. Gómez et al. (2016) afirman que esta es modificada por la experiencia previa, el conocimiento sobre la seguridad laboral y la cultura organizacional de las empresas. La falta de formación y sensibilización puede generar una subestimación de los riesgos. Además, el comportamiento de los empleadores y supervisores, las políticas de seguridad y la disponibilidad de equipos adecuados juegan un papel crucial (Gómez, 2016).

Según Maslow (1943), la percepción del riesgo también está influenciada por necesidades más básicas de seguridad y la preservación de la integridad física, lo cual puede incidir en la disposición de los trabajadores a aceptar los riesgos.

- **Impacto de la percepción del riesgo en la salud ocupacional:** la percepción errónea del riesgo no solo afecta la seguridad, sino también la salud mental de los trabajadores. La inseguridad y el miedo a los accidentes pueden generar altos niveles de estrés, ansiedad y otros trastornos psicológicos. Chávez et al. (2015) establecen que el miedo constante a los accidentes puede llevar a una disminución en la productividad y a un aumento de los accidentes laborales. Además, los trabajadores que perciben el entorno de trabajo como inseguro tienden a desarrollar actitudes de resistencia hacia las normativas de seguridad, lo que incrementa la probabilidad de accidentes.
- **Métodos para evaluar la percepción del riesgo:** existen diversas herramientas para evaluar la percepción del riesgo ocupacional, entre ellas las encuestas, entrevistas y cuestionarios estandarizados. Según Hernández-Sampieri (2017), la investigación cuantitativa es adecuada para recolectar datos numéricos que permitan medir las actitudes, creencias y conocimientos de los trabajadores sobre los riesgos laborales.

Además, el uso de escalas de Likert para medir la percepción de la seguridad y la disposición hacia las normas de seguridad puede proporcionar una visión detallada sobre cómo los trabajadores interpretan los riesgos y su nivel de conformidad con las políticas de seguridad laboral.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto de investigación se estructura con el objetivo de analizar la percepción del riesgo ocupacional de los trabajadores que desarrollan actividades en altura, dentro del sector de la construcción. Para realizar el análisis de la percepción del riesgo ocupacional se aplicará una encuesta a una muestra total treinta (30) trabajadores que hayan cursado y aprobado el programa de formación de trabajador autorizado para trabajo en alturas, cuyos datos son principalmente de índole cuantitativo para determinar su perfil sociodemográfico y sus condiciones de salud.

Posteriormente se realizará la aplicación de dos instrumentos, los cuales se encuentran debidamente avalados por tres (3) expertos técnicos en programas de formación en alturas. El primero de ellos se encuentra orientado a la identificación de peligros asociados a las actividades, el cual se encuentra, mientras que el segundo será el de la valoración de los peligros que afectan de manera directa las actividades en alturas de estos trabajadores. Por último,

se realiza el diligenciamiento del formulario de la Evaluación Dimensional del Riesgo Percibido-EDRP, que contempla la norma española NTP 578- Riesgo Percibido.

Para este proceso se adopta una metodología cuantitativa que permite conocer la percepción del riesgo en las actividades en alturas, así como sus repercusiones en la salud y la seguridad, orientadas a la minimización de accidentes laborales. Para esto, se recopilan datos numéricos analizados a través de variables categóricas, con un análisis basado en conteos, frecuencias, porcentajes, entre otros.

Para cumplir con este proceso y de acuerdo con la metodología seleccionada, se aplicarán encuestas e instrumentos de recolección de información que permitan obtener datos numéricos relacionados con el perfil sociodemográfico y las condiciones de salud de los participantes, la identificación de los posibles peligros presentes en las actividades de construcción y la percepción del riesgo ocupacional asociada a las labores realizadas en alturas. Esta información permitirá caracterizar a la población objeto de estudio y analizar los factores que pueden influir en la percepción de los riesgos presentes en su entorno laboral.

La decisión de utilizar métodos cuantitativos en este proyecto se justifica por la complejidad del fenómeno, permitiendo conocer la percepción del riesgo ocupacional de los trabajadores que reciben esta formación. Asimismo, esta investigación tiene un propósito aplicado, enfocado en obtener datos empíricos para conocer la percepción del riesgo ocupacional del trabajo en alturas en el sector de la construcción que sirva de base para las empresas que tienen este tipo de actividades que generan accidentes mortales y establezcan mecanismos de prevención y de control. Esto con un alcance correlacional con elementos descriptivos.

La población objeto de estudio estará conformada por candidatos al proceso de formación que cumplan con los requisitos mínimos establecidos en la Resolución 4272 de 2021 (Ministerio del Trabajo, 2021b) para desempeñarse como trabajadores autorizados para trabajo en alturas. Asimismo, deberán estar matriculados durante el año 2024 en un centro de entrenamiento avalado por el Ministerio del Trabajo, específicamente en el Centro de Procesos Industriales y Construcción de la Regional Caldas del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), ubicado en la ciudad de Manizales. Adicionalmente, los participantes deberán desarrollar actividades económicas relacionadas con el sector de la construcción y encontrarse vinculados al programa de formación complementaria “Trabajador autorizado para trabajo en alturas”, el cual tiene una duración de 32 horas.

La muestra se seleccionará mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Como criterios de inclusión, se considerarán únicamente aquellos participantes que laboren en empresas vinculadas al sector de la construcción, tengan edades comprendidas entre los 18 y los 60 años y se encuentren matriculados en el programa de formación complementaria “Trabajador autorizado para trabajo en alturas”. Se proyecta contar con una muestra máxima de 30 participantes.

Para alcanzar los objetivos planteados, la investigación se desarrollará a través de diferentes etapas que permitan garantizar la coherencia entre el proceso metodológico y los propósitos del estudio. En este sentido, la recolección primaria de información se llevará a cabo mediante la aplicación de una encuesta diseñada en la plataforma Google Forms, la cual facilitará la administración en línea del instrumento, la recolección anónima y segura de las respuestas y el análisis de los datos obtenidos en tiempo real.

La encuesta incluirá variables sociodemográficas y laborales seleccionadas a partir de la Tercera Encuesta Nacional de Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo en Colombia (Ministerio del Trabajo, 2021a), entre las que se encuentran

edad, sexo, estado civil, nivel educativo y años de experiencia laboral. Estas variables permitirán caracterizar a la población participante y establecer posibles relaciones con la percepción del riesgo ocupacional.

Asimismo, para la identificación de peligros asociados al trabajo en alturas, se diseñó un instrumento específico que fue sometido a validación de contenido por parte de tres (3) expertos técnicos en trabajo en alturas. Este instrumento incluyó veinte (20) peligros considerados inherentes a las actividades desarrolladas en este tipo de labores. Los peligros identificados fueron incorporados en un formulario de Google Forms y valorados mediante una escala de tres niveles, donde 1 corresponde a “no tan peligroso”, 2 a “medianamente peligroso” y 3 a “muy peligroso”.

Posteriormente, los resultados obtenidos para cada uno de los veinte peligros fueron procesados y analizados mediante herramientas de Microsoft Excel, con el propósito de identificar aquellos que los participantes perciben como los de mayor afectación para su seguridad física y su desempeño laboral en actividades de trabajo en alturas. Este proceso permitió establecer los peligros con mayor valoración percibida por los trabajadores. Adicionalmente, dichos peligros fueron revisados y validados por los mismos tres (3) expertos técnicos, obteniéndose como resultado la identificación de tres (3) peligros con los niveles más altos de valoración. Los resultados correspondientes a esta validación se presentan en el Instrumento No. 2: Valoración de los peligros que se consideran afectan de manera directa las actividades en alturas en el sector de la construcción.

Finalmente, para la medición de la percepción del riesgo ocupacional, se realizó una revisión de antecedentes teóricos y metodológicos que permitiera identificar un instrumento validado para la cuantificación de esta variable. Como resultado de este proceso, se seleccionó la metodología propuesta en la Norma Técnica de Prevención (NTP) 578: Riesgo percibido: un procedimiento de evaluación, la cual será aplicada a través de un formulario estructurado que permitirá medir la percepción del riesgo en trabajadores autorizados para realizar actividades en alturas dentro del sector de la construcción.

HALLAZGOS O RESULTADOS

Resultados asociados al objetivo específico No. 1

Para dar cumplimiento al objetivo de establecer el perfil sociodemográfico y las condiciones de salud de los trabajadores autorizados para trabajo en alturas en el sector de la construcción, se tomaron como referencia algunas de las variables incluidas en la Tercera Encuesta Nacional de Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Sistema General de Riesgos Laborales de Colombia (Ministerio del Trabajo, 2021a). A partir de este instrumento, y de acuerdo con las necesidades particulares de la investigación, se seleccionaron aquellas preguntas relacionadas con las características sociodemográficas, laborales y de salud de la población participante.

Tabla 3. Resultados del perfil sociodemográfico

Variable	Resultados		
	Variable	Nº	Porcentaje
Género	Hombre	29	96,67%
	Mujer	1	3,33%
	Total	30	100,00%

Estrato	Estrato 1	4	13,33%
	Estrato 2	13	43,33%
	Estrato 3	11	36,67%
	Estrato 4	2	6,67%
	Total	30	100,00%
Edad	18 a 25	3	10,00%
	36 a 45	7	23,33%
	26 a 35	13	43,33%
	46 a 55	7	23,33%
	Total	30	100,00%
Grupo étnico	Negro o afrodescendiente	2	6,67%
	Mestizo	11	36,67%
	Blanco	12	40,00%
	Otro	5	16,67%
	Total	30	100,00%
Estado civil	Unión libre	8	26,67%
	Soltero/a	7	43,33%
	Casado/a	13	23,33%
	Separado/a	2	6,67%
	Total	30	100,00%
Nivel educativo alcanzado	Bachillerato completo	3	10,00%
	Tecnólogo	21	70,00%
	Pregrado	2	6,67%
	Postgrado	3	10,00%
	Bachillerato incompleto	1	3,33%
	Total	30	100,00%
Tiempo en la ocupación	Más de 3 años y hasta 5 años	5	16,67%
	Más de 5 años	22	73,33%
	Más de 1 año y hasta 3 años	2	6,67%
	Más de 1 mes y hasta 6 meses	1	3,33%
	Total	30	100,00%

Vinculación laboral	Trabajador de planta	25	83,33%
	Trabajador de cooperativa de trabajo asociado	1	3,33%
	Trabajador de empresa de servicios temporales	1	3,33%
	Otro	3	10,00%
	Total	30	100,00%
Tipo de contrato laboral	Contrato oral o verbal	1	3,33%
	Contrato escrito	29	96,67%
	Total	30	100,00%
Estado de salud del trabajador	Muy buena	25	83,33%
	Buena	15	16,67%
	Total	30	100,00%
Estado de salud y bienestar del trabajador	Ha sido capaz de concentrarse bien en lo que hace	6	20,00%
	Se ha sentido feliz considerando todas las cosas	18	60,00%
	Ha sido capaz de enfrentar sus problemas	4	13,33%
	Ha sido capaz de disfrutar de la vida diaria	1	3,33%
	Se ha sentido capaz de tomar decisiones	1	3,33%
	Total	30	100,00%
Asistencia a actividades de formación en SST	Menos de 10	19	63,33%
	10 a 49	9	30,00%
	50 a 249	2	6,67%
	Total	30	100,00%
Orientación de la actividad formativa realizada durante el último año	Otros	2	6,67%
	Prevención de riesgos laborales	9	30,00%
	Preparación para realizar su trabajo	18	60,00%
	No sabe no responde	1	3,33%
	Total	30	100,00%
Formación sobre SST específica del puesto de trabajo	Si se forma	27	90,00%
	No sabe no responde	3	10,00%
	Total	30	100,00%

Nota. Elaboración propia por parte de los autores.

A partir de la organización realizada en la tabla anterior, ha sido posible identificar que, del 100% de los trabajadores encuestados, el 3% (1) es de género femenino, mientras que el 97% (29) son de género masculino. En cuanto a la edad del personal para el sector de la construcción, se presenta la mayor concentración en el rango de los 18 a 55 años, donde la experiencia marca edades superiores a los 26 a 35 años. Considerando los estratos socioeconómicos de la población participante en el territorio de Manizales, se identifica que predomina el estrato 2 y 3, ya que más de una tercera parte de las viviendas (36,6%) se encuentra en esta categoría, mientras que el porcentaje de estratos altos (5 y 6) es menor en porcentaje (10,77%) que la de estrato 1 (15,19%).

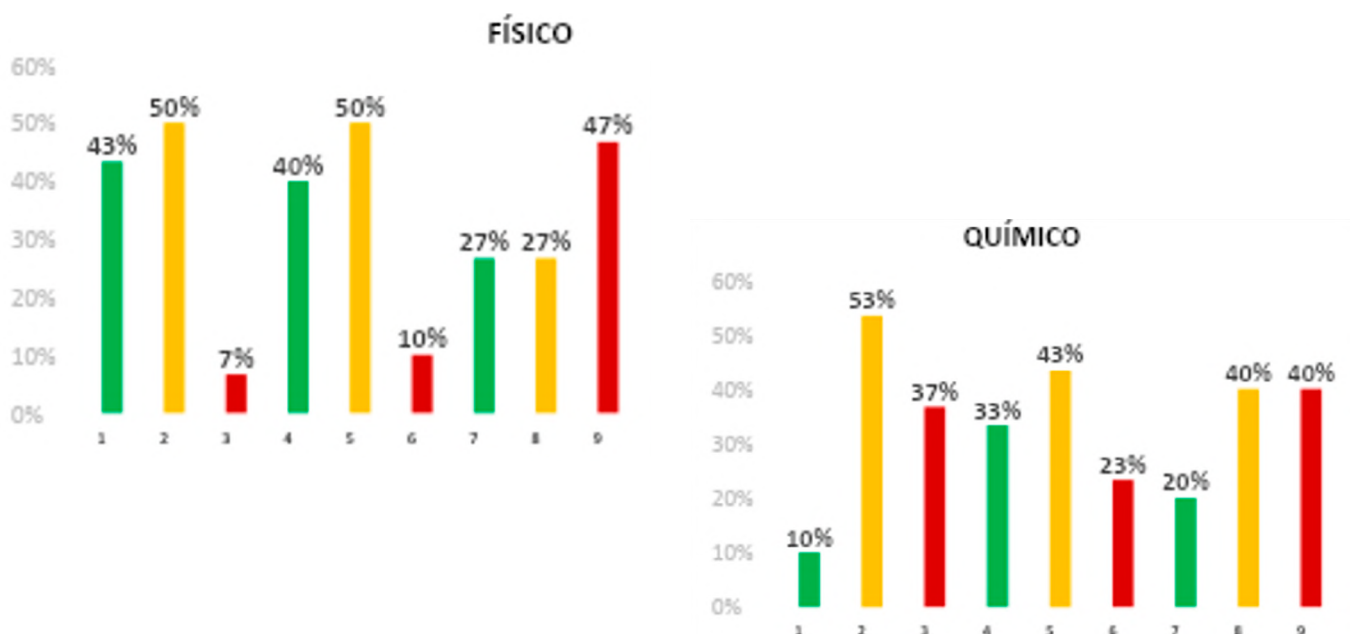
Por otro lado, en cuanto a los resultados asociados al objetivo específico No. 2, orientado a identificar las actividades peligrosas percibidas por los trabajadores autorizados para trabajo en alturas en el sector de la construcción, se aplicó una encuesta que consolidaba veinte peligros inherentes al trabajo en alturas. Para ello se usó el instrumento "Validación de contenido, criterio y constructo" dispuesto, por la Universidad Minuto de Dios, en su programa de Maestría en Gerencia de Seguridad y Salud en el Trabajo de la facultad de ciencias empresariales.

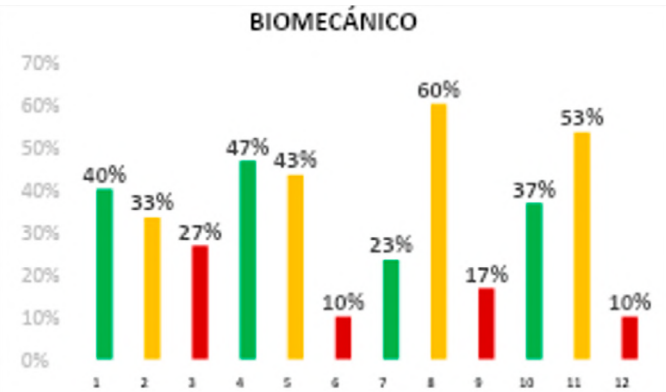
Lo anterior se realiza bajo la necesidad de identificar los peligros que se asocian directamente a la actividad analizada en el sector específico. Los resultados obtenidos se organizaron a partir de una asociación a partir de colores, con el propósito de hacer más fácil la identificación y comprensión de los mismos, de la siguiente manera:

1. No peligroso: **color verde**.
2. Medianamente peligroso: **color amarillo**.
3. Muy peligroso: **color rojo**.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos frente a la exposición a diferentes peligros, los cuales fueron divididos en físicos, químicos y biomecánicos

Figura 6. Clasificación de los riesgos a los que se encuentra expuesta la población (físico, químico, biomecánico)

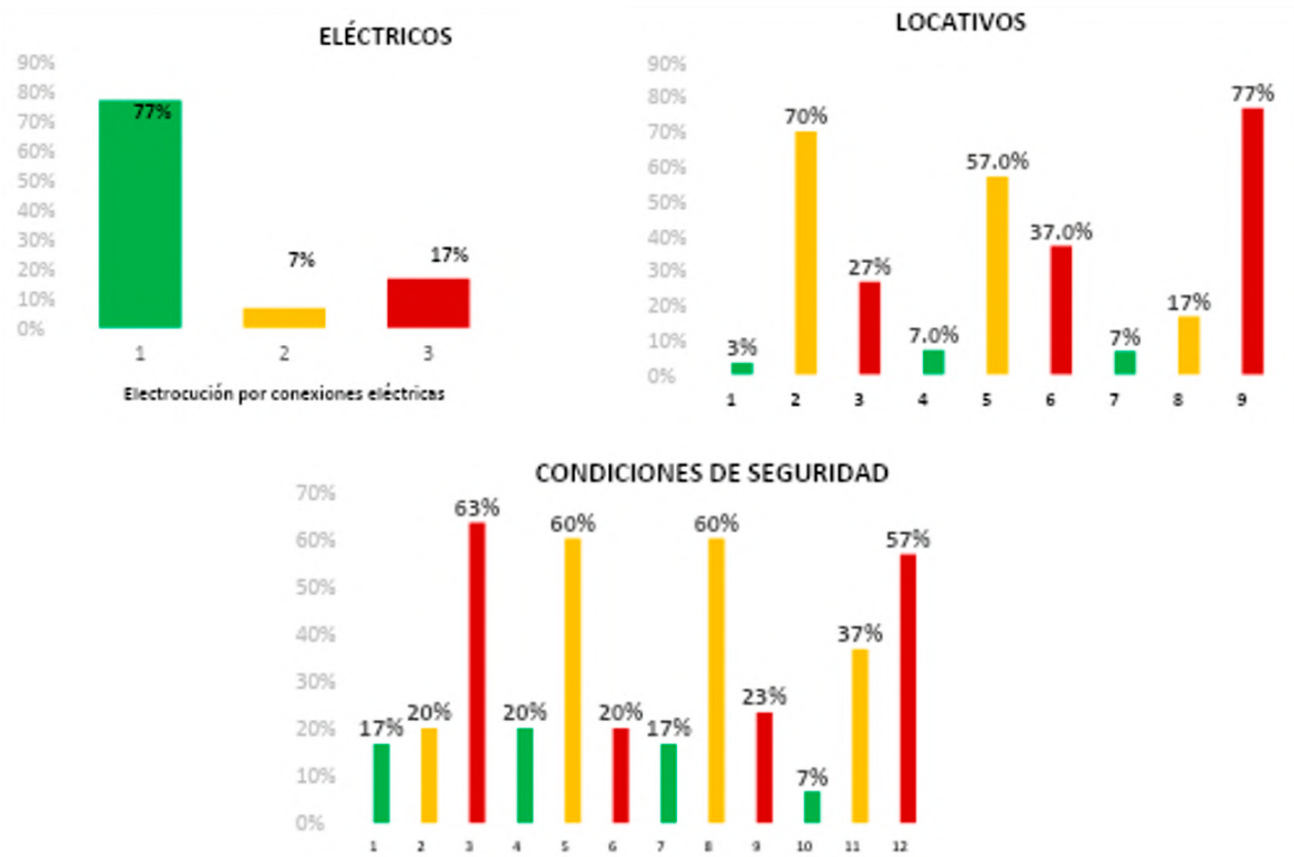




Nota. Elaboración propia por parte de los autores.

A partir de los resultados obtenidos, se evidencia que los encuestados perciben el riesgo físico como uno de los más peligrosos dentro de las actividades de trabajo en alturas. En particular, el 47% de los participantes identificó la exposición a temperaturas extremas, tanto de frío como de calor, como un factor de riesgo significativo. Esta percepción puede estar asociada a las condiciones climáticas variables a las que se enfrentan los trabajadores, las cuales incrementan la sensación de inseguridad y complejidad durante la ejecución de labores consideradas de alto riesgo.

Figura 7. Clasificación de los riesgos a los que se encuentra expuesta la población (condiciones de seguridad-locativo y eléctrico)



Nota. Elaboración propia por parte de los autores.

De acuerdo con el análisis tendencial de las gráficas presentadas, se resalta, en relación al peligro locativo, que el mayor porcentaje de incidencia se encuentra representado por el factor de caídas a diferentes niveles, el cual cuenta con un puntaje de 77%, reafirmando que este es un riesgo inherente a la actividad de trabajo en alturas. Asimismo, el peligro eléctrico, asociado a riesgos de electrocución, representa un 77%; por lo cual, se observa que esta fuente generadora de peligro se encuentra directamente relacionada con los trabajos en alturas y con el sector de la construcción.

Finalmente, en relación con el tercer objetivo específico, enfocado en caracterizar la percepción del riesgo percibida por la muestra poblacional, se detalla el consolidado de los resultados de la encuesta aplicada, la cual tomó como referencia la Norma Española NTP 578 que aborda el riesgo percibido. A partir de ello, surge la necesidad de establecer mecanismos para evaluar el riesgo que percibe el trabajador en cuanto los riesgos identificados.

Tabla 4. Resultados de la aplicación de la metodología NTP 578

Preguntas	Probabilidad	Físico (N)	%	Locativo (N)	%	Eléctrico (N)	%
A1: ¿En qué medida conoce cuáles son los daños que puede causarle las actividades en trabajos en alturas y las posibilidades que tiene de experimentar estos daños?	Alta	26	86,7	27	90,0	27	90,0
	Media	3	10,0	2	6,7	2	6,7
	Baja	1	3,3	1	3,3	1	3,3
A2: ¿En qué medida considera que los responsables de la prevención en su empresa conocen el riesgo asociado a trabajo en alturas?	Alta	27	90,0	28	93,3	29	96,7
	Media	3	10,0	1	3,3	1	3,3
	Baja	0	0,0	1	3,3	0	0,0
A3: ¿En qué grado le teme al daño que se puede derivar de las actividades en alturas?	Alta	26	86,7	24	80,0	25	83,3
	Media	1	3,3	3	10,0	5	16,7
	Baja	3	10,0	3	10,0	0	0,0
A4: La posibilidad de que experimente un daño (pequeño o grande, inmediatamente o más adelante) como consecuencia de las actividades en alturas es:	Alta	18	60,0	19	63,3	16	53,3
	Media	7	23,3	7	23,3	10	33,3
	Baja	5	16,7	4	13,3	4	13,3
A5: En caso de presentarse el riesgo, la gravedad del daño que le puede causar el realizar actividades en alturas es:	Alta	24	80,0	23	76,7	23	76,7
	Media	5	16,7	6	20,0	6	20,0
	Baja	1	3,3	1	3,3	1	3,3
A6: ¿En qué grado puede evitar que este factor desencadene una situación de riesgo?	Alta	20	66,7	22	73,3	20	66,7
	Media	6	20,0	6	20,0	6	20,0
	Baja	4	13,3	2	6,7	4	13,3

A7: En caso de producirse una situación de riesgo, ¿en qué medida puede intervenir para controlar, evitar o reducir el daño que puede causarle trabajar en alturas?	Alto	22	73,3	17	56,7	18	60,0
	Medio	6	20,0	9	30,0	9	30,0
	Bajo	2	6,7	4	13,3	3	10,0
A8: ¿En qué grado se trata de un factor que puede dañar a un gran número de personas de una sola vez?	Muy alto	20	66,7	22	73,3	21	70,0
	Medio	5	16,7	5	16,7	8	26,7
	Nulo	5	16,7	3	10,0	1	3,3
A9: En caso de exposición, ¿Cuándo se experimentan las consecuencias más nocivas de esta fuente de riesgo?	Inmediata	15	50,0	14	46,7	16	53,3
	Mediano plazo	8	26,7	6	20,0	4	13,3
	Largo plazo	7	23,3	10	33,3	10	33,3

Nota. Elaboración propia por parte de los autores.

En cuanto a la percepción del riesgo podemos ver en los datos que, en cuanto a la pregunta A3, el 63.3% los encuestados manifiestan como probabilidad alta el experimentar daño a partir de los peligros contextualizados en el objetivo 2 del presente estudio. Asimismo, en relación con el A4 y A6, se considera que un 73.3% de los procesos pueden desencadenar una situación de riesgo para la persona u otras personas.

CONCLUSIONES

Como pudimos observar en el marco conceptual y teórico de esta investigación, el sector de la construcción se establece como un indicador de la manera en la cual la economía del país mejora, siendo este uno de los sectores que mayor reclutamiento de mano de obra no calificada aporta. Esto representa una relación directa con el hecho de que este sea el sector que mayor incidencia de accidentalidad laboral presenta, pese a que en el territorio nacional se ha establecido normatividad relacionada con la implementación de Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo que identifiquen, documenten y controlen la ocurrencia de accidentes y enfermedades laborales.

A partir de la investigación realizada se observa que existen carencias en los procesos de capacitación y certificación para los trabajadores en su oficio específico, así como la autoconciencia en el uso de los elementos de protección personal, la identificación de peligros y la obsolescencia de procedimientos de trabajo seguro. Adicionalmente, la presente investigación también permitió conocer algunas características propias del sector de construcción tales como que este es un sector con gran prevalencia del género masculino, quienes perciben este oficio como una actividad de alto riesgo. Se identifica que este es un sector en el que las principales motivaciones para el desempeño de las labores son económicas, ya que dentro de la caracterización demográfica se encuentra que la mayoría de trabajadores se encuentran ubicados en niveles de estratificación bajos y con limitada posibilidades de ascenso dentro de las organizaciones.

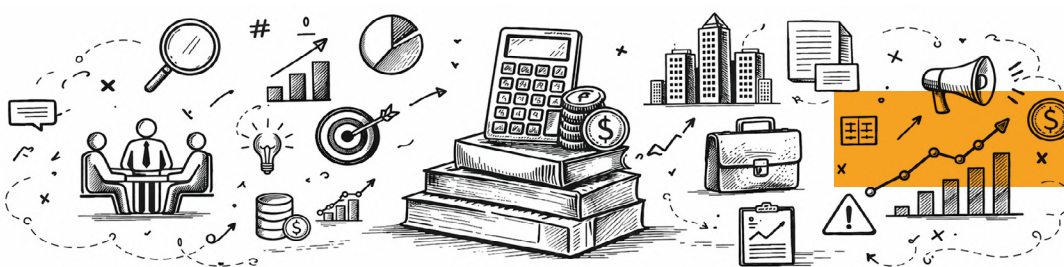
En conclusión, se identifican como causas de la baja participación de las mujeres en el sector de la construcción diversas razones culturales, así como la ausencia de la mano de obra calificada y la existencia de condiciones diferenciadas para

la mujer, debido a que, en ocasiones, los oficios relacionados con la construcción son catalogados como procesos que requieren de fuerza física que carecen las mujeres.

En relación con los riesgos asociados a la labor, es posible observar que los trabajadores del sector de la construcción identifican claramente riesgos relacionados con caídas que se pueden dar a diferentes niveles, la posible caída de objetos, posiciones ergonómicas prolongadas, esfuerzos mecánicos, variabilidades en las condiciones climáticas, entre otros. Pese a que los resultados arrojan una disparidad en la interpretación de los datos, algunos de ellos tienen la claridad de la existencia de estos riesgos y la necesidad de controlarlos, no solo con equipos de protección contra caídas, sino con mecanismos administrativos como la capacitación, la formación continua, inspección y documentación de las labores a través de procedimientos de trabajo claros.

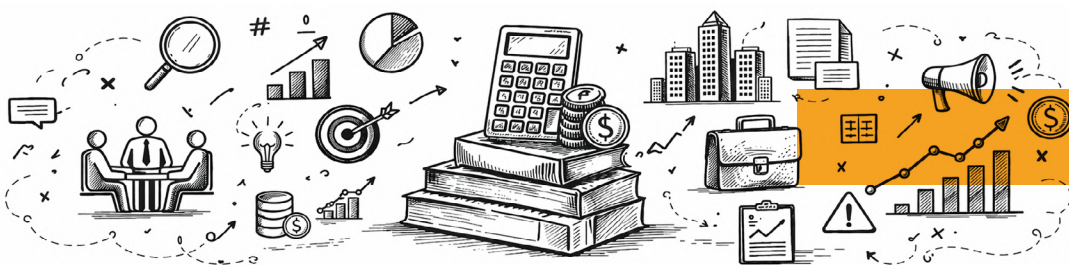
En cuanto a la percepción del riesgo, se evidencia que esta es una variable significativa dentro del análisis realizado. Los resultados sugieren que los trabajadores no siempre dimensionan la magnitud de las consecuencias que pueden derivarse de los riesgos presentes en el trabajo en alturas, especialmente aquellas relacionadas con lesiones graves o incluso mortales. Aunque reconocen la posibilidad de sufrir accidentes y afectaciones severas, aún persiste una limitada conciencia sobre el papel fundamental que desempeña la formación y capacitación en la prevención de estos eventos. Así, el proceso formativo no solo contribuye al desarrollo de competencias técnicas, sino que también fortalece la capacidad de los trabajadores para identificar peligros, gestionar riesgos y adoptar conductas seguras.

Pues, pese a que, por parte de los entes gubernamentales, como el Ministerio de trabajo, se ha diseñado y promulgado la reglamentación relacionada con la adopción de medidas de control en fuente, medio y trabajador, el esfuerzo debe ir más allá de sólo recibir una serie de conocimientos si estos no se interiorizan por parte del trabajador y exigidos por la persona contratante. Se observa, además, que el control administrativo es el proceso más adoptado actualmente a través de ejercicios de capacitación y certificación de personal. En este escenario, se reconoce la labor del SENA en la formación sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, pues en la actualidad esta es una de las entidades más fortalecida en programas para trabajos en alturas; sin embargo, pese a que en Colombia existen empresas privadas formadoras en actividades en alturas, aún se requiere profesionalizar las actividades en el sector de la construcción.



REFERENCIAS

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Alonso Morillejo, E., Pozo Muñoz, C., & Hernández López, J. M. (1999). Percepción del riesgo y accidentalidad laboral. <https://doi.org/10.55414/zfexn652>
- American National Standards Institute. (2015). *ANSI/ASSP Z359 Fall Protection Code*. ANSI.
- Consejo Colombiano de Seguridad. (2023). *Accidentes de trabajo y enfermedades laborales en Colombia: Primer semestre de 2023*. <https://ccs.org.co/atel-col-1er-trimestre-2023/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2022). *Principales indicadores del mercado laboral*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ech/bol_empleo_mar_22.pdf
- Forbes Colombia. (2021, 4 de octubre). *La construcción como fuente de empleo: 7,7 % de trabajadores en el mundo pertenecen al sector*. <https://forbes.co/2021/10/04/economia-y-finanzas/la-construccion-como-fuente-de-empleo-77-de-trabajadores-en-el-mundo-pertenecen-al-sector>
- Gómez, J. P., et al. (2016). Percepción del riesgo y seguridad laboral en el sector de la construcción: Un estudio de caso en Colombia. *Revista de Seguridad y Salud Ocupacional*, 12(3), 45–58.
- González, A., Bonilla, J., Quintero, M., Reyes, C., & Chavarro, A. (2016). Análisis de las causas y consecuencias de los accidentes laborales ocurridos en dos proyectos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 31(1), 5–16. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732016000100001
- ICONTEC Internacional. (2012). *Guía Técnica Colombiana GTC 45: Guía para la identificación de los peligros y valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional*. ICONTEC.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2001). *NTP 578: Riesgo percibido: un procedimiento de evaluación*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2025). *Trabajos en altura y trabajos a la intemperie: principales riesgos y medidas preventivas*. INSST. <https://www.insst.es>



REFERENCIAS

- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370–396. <https://doi.org/10.1037/h0054346>
- Ministerio del Trabajo. (2015). *Decreto 1072 de 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo*. <https://www.suin-juriscol.gov.co>
- Ministerio del Trabajo. (2021a). *Tercera Encuesta Nacional de Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Sistema General de Riesgos Laborales*. Ministerio del Trabajo.
- Ministerio del Trabajo. (2021b). *Resolución 4272 de 2021: Por la cual se establecen los requisitos mínimos de seguridad para el desarrollo del trabajo en alturas*. <https://www.mintrabajo.gov.co>
- Murcia y Arenas S.A.S. (2022). *Estadísticas riesgos laborales Colombia 2022*. <https://murciayarenas.com/noticias/estadisticas-riesgos-laborales-colombia-2022/>
- Organización Internacional del Trabajo. (1994). *Declaración de Filadelfia*. <https://webapps.ilo.org/static/spanish/inwork/cb-policy-guide/declaraciondefiladelfia1944.pdf>
- Organización Internacional del Trabajo. (2010). *Constitución de la Organización Internacional del Trabajo*. <https://www.dipublico.org/10228/constitucion-de-la-organizacion-internacional-del-trabajo-oit/>
- Organización Internacional del Trabajo. (2020). *Seguridad y salud en el trabajo*. <https://www.ilo.org>
- Occupational Safety and Health Administration. (2018). *Programa de protección contra caídas*. https://www.osha.gov/sites/default/files/2018-12/fy15_sh-27683-sh5_Fall_Prevention_Student_Workbook_Spanish.pdf
- Rodríguez, A. P. (2001). *Percepción social del riesgo: Dimensiones de evaluación y predicción*. Universidad de La Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=198860>
- Valencia González, Y. L. (2018). *Percepción del riesgo en el ámbito laboral*. Organización Iberoamericana de Seguridad Social. <https://www.oiss.org/prevenia2018/libponencias>



4

IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS DIGITALES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA GESTIÓN DEL SG-SST EN UNA EMPRESA DE CONSTRUCCIÓN EN BOGOTÁ (2025)

IMPLEMENTATION OF DIGITAL TOOLS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MANAGEMENT OF THE OHSMS IN A CONSTRUCTION COMPANY IN BOGOTÁ (2025)

Yuris Marina Rodríguez Granados

María Cristina Ortega Franco

Alex García Lara

RESUMEN

La presente investigación surge como respuesta a las dificultades que presentan las empresas del sector de la construcción civil en la ciudad de Bogotá para cumplir de forma completa y eficiente con los estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), establecidos en el Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 312 de 2019. Asimismo, el no uso de herramientas digitales impide el seguimiento y administración óptima de este sistema, limitando la capacidad de cumplir estándares de Seguridad y Salud Laboral (Rodríguez, 2024).

La empresa que participa en el desarrollo de la presente investigación pertenece al sector de interventoría y construcción civil con sede principal en la ciudad de Bogotá, y se encuentra especializada en la ejecución de proyectos relacionados con el diseño, estructuración, interventoría y gerencia de obras de infraestructura para entidades de orden público y privado. Para el proceso de recolección de la información se utilizaron instrumentos como formularios en línea, plataformas educativas virtuales, videos y un total de 23 herramientas apoyadas en inteligencia artificial de libre acceso. Este proceso permitió optimizar la documentación del SG-SST, permitiendo conocer en tiempo real el desempeño, mejorar la comunicación, optimizar la inducción y la capacitación del personal. En consecuencia, la empresa alcanzó un nivel de cumplimiento normativo del 99% en su SG-SST.

Adicionalmente, se propone la implementación de herramientas digitales y de inteligencia artificial (IA) de libre acceso que faciliten la administración del SG-SST. Así, la presente investigación se convierte en un referente para empresas del sector, las cuales pueden replicar este modelo, fortaleciendo la cultura preventiva y aportando a la innovación tecnológica en la seguridad y salud en el trabajo en Colombia.

PALABRAS CLAVE: construcción, herramientas digitales, inteligencia artificial, PHVA, seguridad y salud en el trabajo.

¿Cómo citar este capítulo?

En APA: Rodríguez, Y., Ortega, M. y García, A. (2026). Implementación de herramientas digitales e inteligencia artificial en la gestión del SG-SST en una empresa de construcción en Bogotá (2025). En Bejarano-Díaz, D. y Holguín, B. (Ed.). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI (pp. 61-70). Editorial TEINCO.

DOI de capítulo: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6.cap.4>

ABSTRACT

The research arises in response to the difficulties that companies face in complying with the minimum standards of the Occupational Health and Safety Management System (SG-SST), as defined in Decree 1072 of 2015 and Resolution 312 of 2019. The participating company belongs to the civil construction and supervision sector, with its main headquarters in the city of Bogotá, and specializes in executing projects related to the design, structuring, supervision, and management of infrastructure works for both public and private entities.

It has been identified that in the civil construction sector in Bogotá, many companies experience challenges in fully and efficiently implementing the SG-SST. The lack of use of digital tools prevents optimal monitoring and administration of the system, limiting the ability to comply with occupational safety and health standards (Rodríguez, 2024).

The implementation of freely accessible digital and artificial intelligence (AI) tools is proposed to facilitate the administration of the SG-SST. Online forms, virtual educational platforms, videos, and a total of 23 AI-supported open-access tools were used, allowing optimization of SG-SST documentation, real-time performance tracking, improved communication, and strengthened induction and training processes for personnel. As a result, the company achieved a 99% compliance level in its SG-SST.

This research serves as a reference for companies in the sector that may replicate this model, strengthening the preventive culture and contributing to technological innovation in occupational safety and health in Colombia.

KEYWORDS: construction, digital tools, artificial intelligence, PDCA, safety, occupational health.

How to cite this chapter?

In APA: Rodríguez, Y., Ortega, M. and García, A. (2026). Implementación de herramientas digitales e inteligencia artificial en la gestión del SG-SST en una empresa de construcción en Bogotá (2025). In Bejarano-Díaz, D. and Holguín, B. (Ed.). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI (pp. 61-70). Editorial TEINCO.

Chapter DOI: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6.cap.4>

INTRODUCCIÓN

La investigación surge ante la necesidad de fortalecer la gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en el sector de la construcción civil en Bogotá, Colombia. Esto debido a que, pese a los lineamientos estipulados en el Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 312 de 2019, muchas empresas enfrentan desafíos significativos para implementar este sistema de forma completa y eficiente, especialmente en las fases de verificación y acción del ciclo de mejora continua PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar). Los estudios señalan que el uso limitado de herramientas digitales y la dependencia de registros físicos obstaculizan el monitoreo en tiempo real y la administración integral del SG-SST, factores clave para cumplir con las normativas de seguridad laboral (Rodríguez, 2024).

Así, el presente proyecto consiste en la implementación de herramientas digitales y de inteligencia artificial (IA) de libre acceso en la administración del SG-SST en una empresa de construcción civil ubicada en la ciudad de Bogotá, especializada en la ejecución de proyectos relacionados con el diseño, estructuración, interventoría y gerencia de obras de infraestructura para entidades de orden público y privado. El equipo está principalmente conformado por arquitectos, ingenieros civiles y profesionales expertos en calidad, ambiental, seguridad y salud en el trabajo; entre sus principales servicios se destaca el diseño y construcción de obras para diversos usos en las etapas de diseño y/o ejecución de obra.

El proceso inicia con la descripción del contexto operativo y administrativo de la constructora civil frente al cumplimiento del SG-SST; continúa con la definición de las herramientas digitales, el uso de inteligencia artificial y las fases para la implementación en concordancia con los requisitos de los estándares mínimos de la resolución 312 del 2019; para finalizar con la aplicación de las herramientas tecnológicas y de inteligencia artificial en la administración de los SG-SST.

La investigación facilita el cumplimiento de los estándares mínimos de Seguridad y Salud en el Trabajo, basado en una metodología de tipo descriptivo, con un enfoque cualitativo que abarca el análisis del contexto operativo, administrativo y tecnológico de la empresa constructora seleccionada. La implementación se dividió en fases específicas que permitirán observar y documentar el impacto de dichas herramientas en el SG-SST, la digitalización y el uso de IA que mejoren la eficiencia y precisión en la gestión de riesgos laborales, permitiendo una administración más proactiva y basada en datos. Esto facilitará la toma de decisiones en tiempo real y optimizará el cumplimiento de los estándares regulatorios, promoviendo una cultura de seguridad dentro de la empresa.

La implementación exitosa de herramientas digitales en el SG-SST generará un modelo replicable para otras empresas del sector, promoviendo prácticas de seguridad y salud laboral más sólidas y efectivas en la industria de la construcción en Bogotá y en otras regiones. Además, contribuirá al desarrollo de políticas públicas y mejores prácticas en el uso de tecnologías en la gestión de seguridad laboral, por consiguiente, abrirá puertas para investigaciones futuras en otros sectores. La adopción de tecnología avanzada promete optimizar los procesos de seguridad y salud laboral, mejorando así la protección de los trabajadores en el sector.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general

Implementar herramientas digitales y de inteligencia artificial de libre acceso en la administración del SG-SST en una empresa del sector construcción, ubicada en la ciudad de Bogotá-Colombia en el año 2025.

Objetivos específicos

- Describir el contexto operativo y administrativo de la constructora civil objeto de estudio frente al cumplimiento del SG-SST.
- Definir las herramientas digitales, el uso de inteligencia artificial y las fases para la implementación en una empresa constructora de acuerdo con los requisitos de los estándares mínimos de la resolución 312 del 2019.
- Aplicar las herramientas tecnológicas y de inteligencia artificial en la administración de los SG-SST a la empresa objeto de estudio.

MARCO CONCEPTUAL O TEÓRICO

Las plataformas digitales para la gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo constituyen herramientas de gran utilidad para mejorar el desempeño de estos procesos dentro de las organizaciones. Sin embargo, hasta el momento no se ha desarrollado un estándar que integre nuevas tecnologías con el propósito de contribuir al mejoramiento del rendimiento empresarial. En la actualidad, el uso de estos sistemas se ha adaptado principalmente a las necesidades particulares de determinados sectores productivos o a las experiencias específicas de empresas con características particulares.

En este contexto, la medición del desempeño del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) resulta fundamental para promover la mejora continua de las organizaciones. Para ello, se emplean diversos métodos de evaluación, los cuales, en su mayoría, han sido diseñados con base en las normativas de seguridad vigentes o en otros compromisos adquiridos por las empresas (Albújar et al., 2024).

El estudio realizado por Rodríguez (2024) sobre el impacto del uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la eficacia del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en tres empresas del sector de la construcción en Bogotá evidenció que estas organizaciones utilizan principalmente herramientas básicas, como el correo electrónico y los servicios de almacenamiento en la nube, para compartir información relacionada con el sistema. No obstante, la persistencia en el uso de registros físicos y las limitaciones de conectividad en proyectos ubicados fuera de la ciudad dificultan el acceso oportuno a la información y el seguimiento de los datos en tiempo real. Como consecuencia, estas condiciones restringen las posibilidades de monitorear adecuadamente el desempeño del SG-SST y generan dificultades para el cumplimiento efectivo de las etapas de verificación y acción contempladas en el ciclo PHVA.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de tipo descriptivo, dado que se orienta a observar, caracterizar y detallar el estado actual del contexto administrativo, operativo y tecnológico de una empresa del sector de la construcción ubicada en la ciudad de Bogotá, en relación con la gestión de su Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Asimismo, responde a un enfoque cualitativo, el cual permite explorar el contexto, las experiencias y percepciones de los participantes en el estudio, priorizando el significado y la construcción de la realidad social que éstos atribuyen a sus vivencias. La población objeto de estudio corresponde a una empresa del sector de la construcción ubicada en la ciudad de Bogotá.

Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Objetivos específicos	Objetivos específicos	Técnica	Instrumento
Implementar herramientas digitales y de inteligencia artificial de libre acceso en la administración del SG-SST en una (1) empresa del sector construcción, ubicada en la ciudad de Bogotá, Colombia en el año 2025.	Describir el contexto operativo y administrativo de la constructora civil objeto de estudio frente al cumplimiento del SG-SST	Observación cualitativa Entrevista Revisión documental	Evaluación del SG-SST bajo estándares mínimos de la Resolución 312 del 2019. Cuestionario de entrevista sobre uso de herramientas digitales.
	Definir las herramientas digitales, el uso de inteligencia artificial y las fases para la implementación en una empresa constructora, de acuerdo con los estándares mínimos de la Resolución 312 del 2019.	Revisión documental	
	Aplicar las herramientas tecnológicas y de inteligencia artificial en la administración de los SG-SST a la empresa objeto de estudio.	Revisión documental	Videos, infografías, formularios, plataforma LMS, herramientas web 2.0, herramientas de análisis de datos, IA.

Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2025). La tabla indica los instrumentos que se aplicaron para cada uno de los objetivos específicos.

HALLAZGOS O RESULTADOS

En relación con el objetivo de describir el contexto operativo y administrativo de la constructora objeto de estudio frente al cumplimiento del SG-SST, se identificó que la empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá y se especializa en la ejecución de proyectos relacionados con el diseño, estructuración, interventoría y gerencia de obras de infraestructura para entidades de carácter público y privado. La organización cuenta con un Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST), el cual presenta un nivel de cumplimiento del 94%. Su equipo está conformado principalmente por arquitectos, ingenieros civiles y profesionales especializados en calidad, gestión ambiental y seguridad y salud en el trabajo. Entre sus principales servicios se destacan el diseño y construcción de obras para diversos usos, así como la interventoría de proyectos en las etapas de diseño y ejecución.

La organización cuenta con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) que presenta un nivel de cumplimiento del 94 %, considerado aceptable de acuerdo con los criterios establecidos en la Resolución 0312 de 2019. Estos resultados se distribuyen dentro del ciclo PHVA de la siguiente manera: planear (25%), hacer (59%), verificar (5%) y actuar (10%).

Por otro lado, en relación con el objetivo específico orientado definir las herramientas digitales, el uso de inteligencia artificial y las fases para su implementación en una empresa constructora de acuerdo con los requisitos de los estándares mínimos establecidos en la Resolución 0312 de 2019, se elaboró un plan de trabajo a partir del diagnóstico realizado al Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Dicho plan permitió identificar y seleccionar diversas herramientas tecnológicas orientadas a fortalecer la implementación y el seguimiento de los procesos asociados al sistema.

Entre las estrategias definidas se destaca la creación de videos informativos apoyados en herramientas de inteligencia artificial, dirigidos a explicar el funcionamiento del Comité Paritario de Seguridad y Salud en el Trabajo (COPASST) y del Comité de Convivencia Laboral. Asimismo, se planteó el uso de formularios de Google para documentar actas de reuniones de los comités, realizar inspecciones, aplicar votaciones y desarrollar actividades de promoción y prevención relacionadas con el consumo de alcohol y tabaco, así como con la ejecución de pausas activas.

De igual manera, se definió la implementación de Google Sites como repositorio de información institucional relacionada con el SG-SST, los comités y las actividades desarrolladas por la organización. Adicionalmente, se estableció el uso de Google Classroom como plataforma de formación para apoyar los procesos de inducción y el desarrollo de las capacitaciones obligatorias dirigidas al personal.

Estas acciones han permitido fortalecer la gestión del SG-SST mediante la incorporación de tecnologías accesibles y de fácil implementación, favoreciendo el cumplimiento de los requisitos normativos establecidos para la organización.

Tabla 6. Herramientas IA utilizadas en el proceso de investigación

Nombre	Descripción	Uso principal	Tipo o categoría de IA
Todoist	Herramienta de productividad basada en IA para organizar tareas y proyectos, priorizando actividades y generando recordatorios automáticos.	Gestión del tiempo y organización de tareas.	Productividad. Organización.
Basecamp	Plataforma de gestión de proyectos que centraliza comunicación, archivos y cronogramas con apoyo de IA.	Colaboración y seguimiento de proyectos.	Gestión de proyectos. Comunicación.
Adobe Firefly	Suite de herramientas de Adobe para crear imágenes y efectos a partir de texto, integrada con Photoshop e Illustrator.	Diseño visual y generación de imágenes.	IA generativa. Diseño.
Coggle	Aplicación para crear mapas mentales con IA, ideal para estructurar ideas y proyectos de forma visual.	Organización y planificación de ideas.	Visual thinking Mapas mentales.
HeyGen	Genera vídeos con avatares digitales realistas a partir de texto o guiones.	Creación de videos.	IA generativa. Video.
Trello	Plataforma visual de gestión de tareas con tableros y tarjetas, para automatizar recordatorios y priorizaciones.	Gestión de flujos de trabajo y tareas.	Gestión de proyectos. Productividad.
Freepik	Repositorio con IA para recomendar recursos gráficos como vectores, fotos e íconos según el contexto del proyecto.	Acceso rápido a recursos visuales.	Diseño gráfico. Recursos creativos.
Leonardo AI	Generador de imágenes y texturas con IA, ofrece control sobre estilo, iluminación y composición.	Creación de arte digital y diseño conceptual.	IA generativa/ Diseño.

Looka	Generador de logotipos y kits de marca personalizados con IA.	Diseño de identidad visual empresarial.	Branding. Diseño gráfico.
Hotpot	Suite de herramientas de IA para edición y generación de imágenes, restauración y eliminación de fondos.	Edición de imágenes y generación de contenido visual.	IA creativa Edición gráfica.
Magic Studio	Ecosistema de herramientas de IA para editar fotos, eliminar objetos o generar nuevas imágenes.	Producción visual rápida y creativa.	IA creativa. Fotografía.
Gamma AI	Genera presentaciones automáticas con diseño profesional y estructura coherente a partir de texto.	Creación de presentaciones interactivas.	IA generativa. Presentaciones.
Napkin	Aplicación para transformar ideas dispersas en mapas de conocimiento conectados.	Organización y visualización de conocimiento.	Pensamiento visual. Productividad.
SpeechGen	Convierte texto a voz natural en múltiples idiomas y acentos.	Narración y accesibilidad de contenido digital.	Texto a voz. Multimedia.
Fliki	Convierte texto en videos con narraciones de voz realista, ideal para redes sociales y educación.	Creación de vídeo a partir de texto.	IA generativa./ Video.
Playground	Generador de imágenes IA con control artístico sobre estilo y composición.	Producción de arte digital.	IA generativa. Imagen.
Presentation AI	Crea presentaciones profesionales a partir de texto, generando automáticamente estructura y diseño.	Generación rápida de presentaciones.	IA generativa / Presentaciones
Blinkshot	Herramienta de captura y edición inteligente de pantallas con IA para añadir contexto y anotaciones.	Documentación visual y comunicación técnica.	Productividad. Captura visual.
Ideogram	Generador de imágenes con texto integrado y tipografías creativas dentro de la composición.	Diseño gráfico con texto embebido.	IA generativa. Arte tipográfico.
Slidesgo	Plataforma con plantillas de presentaciones impulsadas por IA, listas para Google Slides o PowerPoint.	Diseño de presentaciones profesionales.	Diseño. Presentaciones.
Invideo	Generación de videos	Creación de videos explicativos y promocionales.	IA generativa. Video.

Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2025). La tabla describe las herramientas IA de libre acceso usadas para el desarrollo de recursos.

Finalmente, en relación con el objetivo de aplicar herramientas tecnológicas y de inteligencia artificial en la administración del SG-SST de la empresa objeto de estudio, se implementaron diversas herramientas digitales orientadas al fortalecimiento de los procesos de gestión, capacitación y sensibilización. Entre ellas, se utilizó Shutterstock como banco de recursos multimedia para la elaboración de videos informativos cortos apoyados en inteligencia artificial, facilitando la creación de materiales de divulgación y formación relacionados con seguridad y salud en el trabajo.

A través de estas herramientas se desarrollaron recursos enfocados en campañas de pausas activas, prevención del consumo de alcohol, cigarrillo y sustancias psicoactivas, prevención del acoso laboral, prevención de la fiebre amarilla, capacitación sobre el funcionamiento del COPASST, formación del Comité de Convivencia Laboral e identificación de peligros en construcción civil.

Asimismo, se emplearon herramientas tecnológicas accesibles como formularios de Google para la gestión y recolección de información, además de un repositorio digital institucional desarrollado mediante Google Sites, destinado al almacenamiento y consulta de información relacionada con el SG-SST de la empresa; el cual se encuentra disponible en: <https://sites.google.com/view/sgsst-mv-consultorias/campa%C3%B1as-de-promoci%C3%B3n>.

CONCLUSIONES

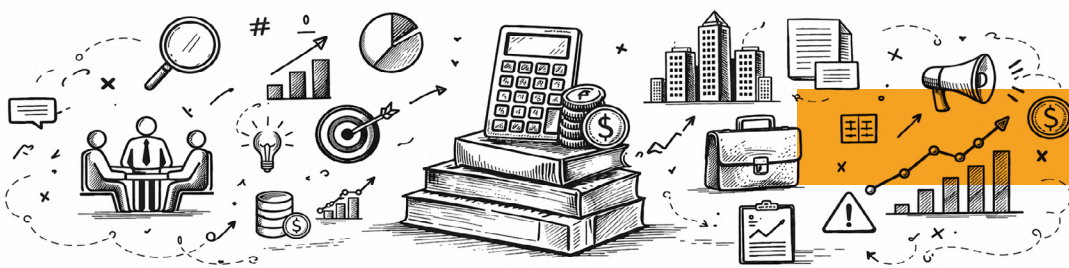
Los resultados de esta investigación permiten confirmar los planteamientos de Moran, Camacho y Parreño (2021), quienes señalan que las herramientas digitales facilitan la creación, organización y publicación colaborativa de información mediante aplicaciones web que pueden operar tanto en internet como en intranets. Estas herramientas permiten gestionar contenidos, organizar información, incorporar recursos multimedia y administrar usuarios sin requerir conocimientos avanzados de programación, lo que favorece su aplicación en diferentes contextos organizacionales.

Durante el desarrollo de la investigación se identificó una amplia gama de herramientas gratuitas, intuitivas y flexibles que, mediante el uso de internet, lograron integrarse de manera efectiva al Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo de la organización. Su implementación permitió mejorar la accesibilidad a la información, optimizar los procesos de formación y documentación, y fortalecer la participación de los trabajadores en las actividades relacionadas con el SG-SST.

La incorporación de herramientas tecnológicas como videos apoyados en inteligencia artificial, formularios de Google, sitios web y plataformas educativas virtuales representa una alternativa innovadora y adaptada a las dinámicas actuales de las organizaciones. Asimismo, demuestra que es posible fortalecer la gestión de la seguridad y salud en el trabajo mediante tecnologías de bajo costo y alto impacto, favoreciendo la apropiación del sistema por parte de los trabajadores.

No obstante, el éxito de estas herramientas depende en gran medida del acompañamiento pedagógico, la capacitación continua y el seguimiento realizado por los responsables del SG-SST. De igual manera, la sostenibilidad de este enfoque digital requiere procesos permanentes de evaluación, retroalimentación y actualización de los contenidos y metodologías utilizadas, con el fin de mantener los estándares alcanzados y promover la mejora continua del sistema.

Finalmente, se recomienda actualizar periódicamente la información de acuerdo con los cambios y requerimientos del SG-SST. Asimismo, se identifica como una limitación la cobertura de internet en algunas regiones del país, especialmente en proyectos de construcción ubicados en zonas apartadas, donde la conectividad puede dificultar la implementación y el aprovechamiento de las herramientas tecnológicas propuestas.



REFERENCIAS

- Albújar Verona, C. E., Celis Castillo, D. J., Rojas Sánchez, E. A., y Medina-Cardozo, I. I. (2024). Plataformas digitales y los indicadores en el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo: una revisión sistemática. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532022000500165
- Decreto 1072 de 2015. (2015, 26 de mayo). *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo*. Ministerio del Trabajo de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173>
- Morán, L., Camacho, J., y Parreño, R. (2021). Herramientas digitales y su impacto en el desarrollo del pensamiento divergente. Scielo México.
- Resolución 0312 de 2019. (2019, 13 de febrero). *Por la cual se definen los estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)*. Ministerio del Trabajo de Colombia. <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59995826/Resolucion+0312-2019+Estandares+minimos.pdf>
- Rodríguez Granados, Y. (2024). Estudio del impacto del uso de las TIC sobre el nivel de eficacia en la administración del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo para tres empresas del sector construcción ubicadas en la ciudad de Bogotá. *Gestión de la Seguridad y la Salud en el Trabajo*. <https://doi.org/10.15765/9mwpps15>



INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD EN MANUFACTURA SOSTENIBLE: UN ENFOQUE HACIA LOS ODS

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE OPTIMIZATION OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS IN SUSTAINABLE MANUFACTURING: A FOCUS ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

¹¹ Hernán Javier Silva Sosa

¹¹ Magister en Administración de Empresas, Universidad Externado de Colombia; Maestrando en Inteligencia Artificial, Universidad de los Andes; Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Javeriana. Afiliación institucional: Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO, hernan.silva@uniminuto.edu, https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001752239, <https://orcid.org/0009-0009-8431-9038>

RESUMEN

El presente estudio aborda la integración de la inteligencia artificial (IA) en los sistemas de gestión de calidad (SGC) del sector manufacturero nacional, con un enfoque en la sostenibilidad y en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente los ODS 9 y 12. A nivel mundial, se han desarrollado soluciones efectivas, como la detección de defectos mediante aprendizaje profundo y visión por computadora, las cuales han contribuido a la reducción de errores en los procesos productivos. En este contexto, se ha identificado una limitada optimización de procesos y altos niveles de desperdicio que afectan la eficiencia y competitividad de las empresas manufactureras locales. Ante esta problemática, el proyecto tiene como objetivo analizar y proponer la implementación de tecnologías de IA para mejorar la gestión de la calidad y promover una manufactura más sostenible.

Para alcanzar este objetivo, se realizó una revisión sistemática de literatura reciente (2019-2025), utilizando bases de datos académicas y el análisis de casos documentados sobre aplicaciones de IA en control de calidad predictivo, optimización de recursos y mantenimiento predictivo, entre otros. Sin embargo, a pesar de la disponibilidad de estas tecnologías, persisten desafíos relacionados con la escalabilidad de la IA, las preocupaciones éticas, la falta de habilidades técnicas entre los empleados y la gestión de los grandes volúmenes de datos generados por sensores inteligentes dentro de los procesos productivos.

Este proyecto tiene un impacto social relevante al contribuir a la mejora continua y a la manufactura sostenible; no obstante, persisten retos asociados a la investigación interdisciplinaria y a la creación de directrices estandarizadas. En consecuencia, una de las principales conclusiones del estudio es que, para maximizar los beneficios de la IA en la manufactura sostenible, se requiere una mayor investigación, especialmente de carácter interdisciplinario, así como el desarrollo de lineamientos que favorezcan la colaboración entre la academia, la industria y los responsables de la formulación de políticas públicas. La integración de enfoques transparentes y la consolidación de sistemas de IA robustos constituyen elementos esenciales para avanzar hacia un futuro más sostenible en los procesos de producción.

PALABRAS CLAVE: inteligencia artificial, manufactura sostenible, Objetivos de Desarrollo Sostenible, optimización de procesos, sistemas de gestión de calidad.

¿Cómo citar este capítulo?

En APA: Silva, H. (2026). Inteligencia Artificial para la optimización de sistemas de gestión de calidad en manufactura sostenible: un enfoque hacia los ODS. En Bejarano-Díaz, D. y Holguín, B. (Ed.). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI (pp. 71-87). Editorial TEINCO.

DOI de capítulo: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6.cap.5>

ABSTRACT

This study examines the integration of artificial intelligence (AI) into quality management systems (QMS) within the nonal manufacturing sector, with a focus on sustainability and the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 9 and SDG 12. Internationally, effective solutions have been developed—most notably defect detection via deep learning and computer vision—which have demonstrably reduced defect rates. Within this context, limited process optimization and elevated levels of waste have been identified, adversely affecting the efficiency and competitiveness of

local manufacturing firms. In response, the project aims to analyze and propose the implementation of AI technologies to enhance quality management and advance sustainable manufacturing.

To achieve this objective, a systematic review of recent literature (2019–2025) was conducted, drawing on academic databases and documented case analyses that focus on AI applications in predictive quality control, resource optimization, and predictive maintenance, among others. Nevertheless, despite the availability of such technologies, persistent challenges remain, including AI scalability and ethical concerns, as well as deficits in workforce technical skills and the management of large data volumes generated by intelligent sensors within production processes.

This project carries significant social impact by contributing to continuous improvement and sustainable manufacturing, even as interdisciplinary research challenges and the need for standardized guidelines persist. Accordingly, a key conclusion is that maximizing the benefits of AI in sustainable manufacturing requires expanded —particularly interdisciplinary— research and the development of guidelines that foster collaboration among academia, industry, and policymakers. The integration of transparent approaches and the consolidation of AI systems are essential to a more sustainable future in production.

KEYWORDS: artificial intelligence, sustainable manufacturing, Sustainable Development Goals, process optimization, quality management systems.

How to cite this chapter?

In APA: Silva, H. (2026). Inteligencia Artificial para la optimización de sistemas de gestión de calidad en manufactura sostenible: un enfoque hacia los ODS. In Bejarano-Díaz, D. and Holguín, B. (Ed.). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI (pp. 71-87). Editorial TEINCO.

Chapter DOI: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6.cap.5>

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una fuerza transformadora en la industria manufacturera a nivel mundial, pretendiendo no solo mejorar la eficiencia operativa, sino también contribuir a la sostenibilidad y la innovación. En un contexto caracterizado por una creciente competencia global y una presión constante por reducir costos, las empresas manufactureras enfrentan el desafío de integrar tecnologías avanzadas que les permitan optimizar sus procesos productivos y mantener su competitividad en mercados cada vez más dinámicos. En este escenario, los sistemas de gestión de calidad (SGC) constituyen un pilar fundamental para garantizar la predictibilidad de los procesos, la eficiencia operativa y la mejora continua, siendo esenciales para el cumplimiento de estándares internacionales, como las normas ISO, y para la satisfacción de los clientes.

La norma ISO 9001:2015, ampliamente adoptada en organizaciones de diversos sectores a nivel global, establece los requisitos necesarios para implementar SGC eficaces que aseguren la satisfacción del cliente y el cumplimiento normativo. Sin embargo, en el contexto actual de sostenibilidad ambiental y responsabilidad social corporativa, las organizaciones manufactureras enfrentan el reto adicional de integrar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en sus operaciones, particularmente el ODS 9, relacionado con industria, innovación e infraestructura, y el ODS 12, enfocado en producción y consumo responsables. Esta convergencia entre calidad, tecnología y sostenibilidad representa una oportunidad estratégica para transformar los paradigmas tradicionales de la manufactura contemporánea.

No obstante, la adopción de la IA en el sector manufacturero colombiano emerge como un proceso que se encuentra lleno de retos importantes. En este sentido, se ha identificado una limitada optimización de procesos y altos niveles de desperdicio en las empresas manufactureras nacionales como factores que merman la eficiencia operacional y la competitividad internacional. Asimismo, entre los principales desafíos se encuentran la falta de habilidades digitales en la fuerza laboral, la gestión de grandes volúmenes de datos generados por sensores inteligentes y las preocupaciones éticas relacionadas con la implementación de sistemas automatizados.

Adicionalmente, persisten barreras relacionadas con la escalabilidad de soluciones de IA y la resistencia organizacional al cambio tecnológico; aspecto que se presenta principalmente en pequeñas y medianas empresas (PYMES), quienes constituyen una proporción significativa del sector manufacturero nacional y que, adicionalmente, presentan limitaciones en el presupuesto para inversión en tecnologías emergentes. Por lo anterior, el presente estudio se justifica en la necesidad de abordar estos desafíos y explorar cómo la IA puede ser utilizada de manera efectiva para optimizar los SGC manufactureros.

Así, la integración de las diferentes tecnologías de IA en procesos de manufactura incluye sistemas de visión por computadora para la detección de defectos, algoritmos de aprendizaje automático para mantenimiento predictivo y análisis de datos masivos para identificación de patrones de calidad. Estas tecnologías no solo mejoran la precisión y velocidad de los controles de calidad, sino que también contribuyen significativamente a la reducción de desperdicios, optimización del consumo energético y minimización del impacto ambiental.

En este sentido, la convergencia entre IA y economía circular presenta oportunidades significativas para la manufactura sostenible, permitiendo la implementación de modelos de producción que maximizan la eficiencia de recursos y minimizan los residuos. Esta integración tecnológica resulta especialmente relevante para países en desarrollo como Colombia, donde la industrialización sostenible representa un factor crítico para el crecimiento económico y la competitividad internacional. Por ello, la presente investigación se centra en identificar prácticas y estrategias que

permitan a las empresas superar las barreras actuales, brindando un marco de trabajo general que promueva un entorno de producción más eficiente y sostenible.

Los objetivos planteados para la investigación incluyen analizar el impacto de la IA en la eficiencia de los procesos de gestión de calidad manufacturera; evaluar las competencias y habilidades necesarias para la implementación exitosa de tecnologías de IA en SGC; identificar las principales barreras organizacionales y tecnológicas para la adopción de IA en manufactura sostenible; y sintetizar elementos clave para el desarrollo futuro de un marco conceptual que facilite la adopción de estas tecnologías en contextos industriales colombianos y latinoamericanos, considerando las particularidades regulatorias, económicas y culturales de la región.

En cuanto a la relación entre transferencia tecnológica e impacto social, es posible identificar que ambos constituyen dimensiones fundamentales para la presente investigación. Esto se debe a que, mediante un análisis detallado de las formas en que las tecnologías de inteligencia artificial pueden integrarse efectivamente en los sistemas de gestión de calidad del sector manufacturero, se espera generar conocimiento que permita comprender los beneficios potenciales asociados con el mejoramiento de la productividad, la optimización de los procesos y el fortalecimiento de los estándares de calidad organizacional.

Asimismo, se prevé que los hallazgos contribuyan al desarrollo de una fuerza laboral más capacitada y especializada, particularmente en lo relacionado con la apropiación y aplicación de tecnologías emergentes en entornos industriales. En este sentido, la investigación reconoce la importancia de fortalecer las capacidades técnicas y digitales de los trabajadores como un elemento clave para la adopción exitosa de herramientas basadas en inteligencia artificial. De igual manera, el estudio contempla el potencial de escalabilidad y replicabilidad de las soluciones analizadas en el contexto colombiano, sin limitar su aplicabilidad a sectores manufactureros específicos. Esta característica favorece la transferencia de conocimiento y la adaptación de buenas prácticas a diferentes sectores industriales y contextos territoriales, ampliando así el alcance de los beneficios derivados de la incorporación de tecnologías de inteligencia artificial en los sistemas de gestión de calidad.

Por su parte, el impacto social esperado incluye la creación de empleos con un mayor valor agregado; la reducción de la brecha tecnológica entre empresas grandes y las PYMES; y la promoción de prácticas manufactureras ambientalmente responsables y sostenibles que contribuyan al cumplimiento de los ODS.

Adicionalmente, el estudio busca fomentar la colaboración universidad-empresa-Estado, fortaleciendo los ecosistemas de innovación nacionales y promoviendo la adopción ética y responsable de tecnologías emergentes como lo son aquellas relacionadas con la IA. En conclusión, este estudio ofrece un desarrollo para dar una visión integral sobre la implementación de la IA en sistemas de calidad manufactureros, destacando tanto sus beneficios transformadores como los desafíos de diversa índole que se deben abordar y superar mediante estrategias estructuradas y colaborativas.

Lo anterior se logra a través de un enfoque holístico que considera diferentes dimensiones como la parte técnica, organizacional y social, esperando que los resultados puedan servir como guía práctica para empresas que buscan adoptar tecnologías de IA en sus procesos de calidad manufactureros, promoviendo de esta manera un futuro más sostenible, eficiente e inclusivo en los diferentes sectores industriales manufactureros. Este estudio examina las intersecciones críticas, proporcionando evidencia empírica sobre el potencial transformador de la IA en los contextos de gestión de calidad manufacturera orientada hacia la sostenibilidad y la competitividad internacional.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general

Evaluar el impacto de las aplicaciones de inteligencia artificial en la optimización de los sistemas de gestión de calidad para manufactura en el contexto colombiano, estableciendo un marco conceptual que contribuya al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 9 y 12.

Objetivos específicos

1. Analizar las mejoras de eficiencia operacional y calidad cuantificables, reportadas en la literatura, que puedan ser generadas por medio de la implementación de tecnologías de IA en procesos manufactureros, mediante el análisis de métricas de detección de defectos, mantenimiento predictivo y optimización de recursos.
2. Identificar las competencias técnicas, organizacionales y criterios éticos necesarios para la adopción exitosa de IA en sistemas de gestión de calidad, incluyendo habilidades en ciencia de datos, gestión del cambio y marcos de gobernanza algorítmica responsable y explicable de la IA.
3. Caracterizar las principales barreras organizacionales, tecnológicas y financieras que pueden llegar a limitar la implementación escalable de IA en manufactura sostenible, con énfasis en PYMES colombianas.
4. Sintetizar elementos clave para el desarrollo futuro de un marco conceptual que facilite la adopción estructurada y secuencial de tecnologías de IA en SGC manufactureros, integrando principios de sostenibilidad, transferencia tecnológica, ética de la IA e impacto social medible.

HIPÓTESIS

La integración de ciertas tecnologías de inteligencia artificial en sistemas de gestión de calidad manufacturera genera mejoras significativas en materia de eficiencia operacional (como lo puede ser una reducción superior al 20% en defectos de producción) y contribuye directamente al cumplimiento de los ODS 9 y 12, mediante la optimización de recursos y reducción de desperdicios.

MARCO CONCEPTUAL O TEÓRICO

Fundamentos teóricos de la inteligencia artificial en manufactura

La integración de la inteligencia artificial en los sistemas manufactureros modernos se centra en los principios fundamentales de la teoría de Tecnologías de Propósito General (*General Purpose Technologies*, GPT), que conceptualiza la IA como una tecnología transversal capaz de generar transformaciones radicales en múltiples sectores económicos (Gao et al., 2024). Esta perspectiva de índole teórica establece que las tecnologías GPT, como la IA, poseen características distintivas, como la capacidad de aplicación amplia, el potencial de mejora continua y la complementariedad con otras tecnologías e innovaciones organizacionales.

Por su parte, la Teoría de Sistemas Complejos Adaptativos proporciona el marco conceptual para comprender cómo los sistemas manufactureros integran tecnologías inteligentes como las mencionadas en este trabajo. Bajo esta perspectiva,

las organizaciones manufactureras se constituyen como sistemas dinámicos que evolucionan mediante la interacción entre componentes tecnológicos, humanos y organizacionales, adaptándose continuamente a perturbaciones tanto internas como externas (Silviu, 2025). Esta teoría explica cómo la IA no solo automatiza procesos existentes, sino que redefine fundamentalmente las capacidades organizacionales y los modelos de negocio.

Evolución paradigmática: de la industria 4.0 hacia la industria 5.0

Con el paso del tiempo la manufactura inteligente ha evolucionado desde los principios de la industria 4.0, centrados en la digitalización y conectividad primordialmente, hacia lo que ahora es la Industria 5.0, la cual enfatiza en la colaboración humano-máquina, la sostenibilidad y la resiliencia (Jamwal et al., 2022). Así, la Industria 5.0 introduce conceptos fundamentales como la simbiosis cognitiva, entendida como el proceso donde los sistemas de IA se diseñan para complementar y ampliar las capacidades del ser humano, en lugar de pretender sustituirlas del todo.

Asimismo, la Teoría de la Complementariedad Tecnológica, explica cómo la IA genera valor en manufactura mediante la integración sinérgica con tecnologías habilitadoras existentes como el Internet de las Cosas (IoT), computación en la nube (*cloud computing*), y sistemas ciber físicos (Ramalingam et al., 2024). Esta teoría es especialmente relevante en procesos de gestión de calidad, donde la convergencia de sensores inteligentes, algoritmos de aprendizaje automático y sistemas de retroalimentación en tiempo real genera capacidades que resultan siendo superiores a la suma de sus componentes individuales.

Adopción tecnológica en manufactura

El Modelo de Aceptación Tecnológica Extendido (*Extended Technology Acceptance Model-TAM*) proporciona fundamentos teóricos para comprender los factores que influyen en la adopción de IA en contextos manufactureros. Este modelo incorpora variables específicas del entorno industrial, incluyendo la utilidad percibida, facilidad de uso, compatibilidad organizacional y presión competitiva (Lakshminarayana et al., 2024). La extensión del modelo TAM para tecnologías de IA incluye factores emergentes como confianza algorítmica, transparencia de decisiones y aceptación ética; elementos que, debido a la relevancia de la explicabilidad de la IA, hacen parte de lo que el presente trabajo pretende indagar.

Por otro lado, la Teoría de la Difusión de Innovaciones de Rogers proporciona marcos explicativos sobre cómo las tecnologías de IA se propagan en los ecosistemas manufactureros. Esta teoría identifica cinco categorías de adoptantes: innovadores, adoptantes tempranos, mayoría temprana, mayoría tardía y rezagados; cada uno de ellos cuenta con características distintivas que influyen en los patrones de adopción tecnológica y cambian de acuerdo al entorno estudiado.

Frameworks teóricos para sistemas de gestión de calidad inteligentes

Los sistemas de gestión de calidad basados en IA se fundamentan en la Teoría de Control Adaptativo, la cual postula que los sistemas pueden ajustar automáticamente sus parámetros de operación en respuesta a variaciones en el entorno o desempeño (Traini et al., 2019). Esta teoría es especialmente relevante para el desarrollo de sistemas de calidad predictiva, en donde, por ejemplo, los algoritmos de aprendizaje automático identifican patrones de deterioro antes de que ocurran fallas críticas y pueden entender las anomalías del proceso.

Por su parte, la Teoría de la Retroalimentación Dinámica explica cómo los sistemas de IA procesan información en tiempo real (o cuasi tiempo real) para generar respuestas adaptativas, pero igualmente ágiles para la toma de decisiones. En el contexto de gestión de calidad, esta teoría sustenta el desarrollo de sistemas de control de calidad que ajustan

continuamente los parámetros de proceso basándose en datos de sensores, resultados de inspección y métricas de desempeño (Naim et al., 2025).

Modelos de aprendizaje automático y arquitecturas de IA

Los modelos de aprendizaje profundo (*deep learning*) constituyen el núcleo teórico de las aplicaciones de IA en la manufactura. En particular, las Redes Neuronales Convolucionales (CNN) proporcionan fundamentos para sistemas de inspección visual automatizada, mientras que las Redes Neuronales Recurrentes (RNN) y las redes neuronales *Long Short-Term Memory* (LSTM) sustentan aplicaciones de mantenimiento predictivo y análisis de series temporales (Harari, 2025).

Asimismo, las Redes Generativas Adversarias (GANs) emergen como marcos teóricos para la mejora de calidad de datos industriales, especialmente en escenarios donde los datos de sensores presentan limitaciones de resolución temporal o espacial. Estas arquitecturas permiten la generación sintética de datos de entrenamiento de alta calidad, abordando limitaciones críticas en la disponibilidad de datos etiquetados (Azarov & Checmarev, 2024).

Teorías de sostenibilidad y manufactura circular

La Teoría de la Economía Circular, por su parte, proporciona marcos conceptuales para integrar principios de sostenibilidad en sistemas manufactureros inteligentes. Esta teoría postula que los sistemas productivos deben diseñarse para minimizar desperdicios, maximizar la reutilización de materiales y optimizar los ciclos de vida de los productos (Jamwal et al., 2022). En este escenario, la IA facilita la implementación de principios circulares mediante la optimización de flujos de materiales, predicción de vida útil de componentes y diseño de productos que puedan ser más fácilmente reciclables.

Por su parte, la Teoría de Sistemas Socio-Técnicos explica cómo la integración de IA en manufactura debe considerar, de manera simultánea, dimensiones tecnológicas, organizacionales y sociales. Esta perspectiva teórica enfatiza que el éxito de la implementación de IA depende no solo de la sofisticación tecnológica, sino también de la adaptación organizacional, desarrollo de competencias humanas y alineación con objetivos sociales más amplios.

Modelos de toma de decisiones y optimización

Los sistemas de IA para el sector de la manufactura se fundamentan en teorías de optimización con varios objetivos, que permiten balancear simultáneamente objetivos potencialmente conflictivos como costo, calidad, tiempo de entrega y sostenibilidad ambiental. En este contexto, el Análisis de Procesos Jerárquicos Difusos (*Fuzzy AHP*) y el Análisis de Relaciones Grises basado en Probabilidades (PGRA) proporcionan marcos metodológicos para la evaluación y priorización de criterios de decisión en contextos de incertidumbre.

Teorías de gestión del cambio organizacional

La Teoría de Capacidades Dinámicas explica la manera en que las organizaciones manufactureras pueden desarrollar competencias para detectar, aprovechar y reconfigurar recursos en respuesta a tecnologías emergentes como la IA. Esta teoría es fundamental para comprender cómo las empresas pueden desarrollar capacidades organizacionales para la adopción exitosa de tecnologías inteligentes.

En síntesis, el marco teórico para la integración de IA en sistemas de gestión de calidad manufacturera considera un enfoque multidisciplinario que combina teorías tecnológicas, organizacionales y sociales, logrando proporcionar

fundamentos robustos para comprender tanto las oportunidades transformadoras como los desafíos inherentes a esta convergencia tecnológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño metodológico

La presente investigación adoptó un enfoque metodológico de revisión sistemática de literatura, siguiendo los lineamientos establecidos por Kitchenham y Charters (2007) para estudios desarrollados desde el área de la ingeniería de software, adaptados al contexto de la inteligencia artificial en procesos de manufactura. Adicionalmente, responde a una investigación de carácter exploratorio-descriptivo, orientada a mapear el estado del arte más que a generar nuevas propuestas conceptuales. Para ello, se implementó un diseño descriptivo y analítico con componentes cuantitativos y cualitativos, permitiendo una comprensión integral del estado del arte sobre el tema abordado (Gao et al., 2024). La metodología siguió un protocolo estructurado que garantizó la reproducibilidad y rigor científico dentro del proceso investigativo realizado.

El diseño de la investigación se fundamentó en la estrategia PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), proporcionando un marco sistemático para la identificación, selección y análisis crítico de lo que son los estudios primarios relevantes (Jamwal et al., 2022). Esta aproximación metodológica resulta particularmente apropiada para investigaciones exploratorias en campos tecnológicos emergentes, donde la consolidación del conocimiento disperso constituye uno de los objetivos del proceso investigativo.

Estrategia de búsqueda y fuentes de información

La búsqueda de la literatura relevante se ejecutó durante el período comprendido entre junio y septiembre de 2025, abarcando publicaciones académicas debidamente indexadas entre 2019 y 2025, esto con el propósito de capturar desarrollos recientes de aplicaciones de IA relacionadas con la manufactura. Para ello, se recolectaron fuentes provenientes de meta buscadores de las universidades con las cuales el autor tiene algún tipo de vinculación; asimismo, se consultaron múltiples bases de datos académicas especializadas, dentro de las cuales se incluyeron Scopus, Web of Science, IEEE Xplore Digital Library, ScienceDirect, y Google Scholar, usadas como fuente complementaria para literatura gris relevante.

La estrategia para la búsqueda de la información empleó términos clave combinados mediante operadores booleanos, para la presente investigación se hizo uso de las siguientes combinaciones: ("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning") AND ("quality management systems" OR "manufacturing" OR "industrial processes") AND ("sustainability" OR "sustainable development goals" OR "circular economy"). Adicionalmente, se implementaron filtros por idioma (inglés y español), tipo de documento (artículos de revista, conferencias y capítulos de libro), y período temporal delimitado previamente.

Para garantizar la exhaustividad, se realizó la búsqueda en cadenas de referencia (*backward snowballing*) y citaciones posteriores (*forward snowballing*) de estudios con un número importante de citaciones, siguiendo recomendaciones metodológicas para revisiones sistemáticas en campos interdisciplinarios (Silviu, 2025).

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión establecidos para la recolección de la información contemplaron, en primer lugar, estudios que aborden aplicaciones de IA en sistemas de gestión de calidad manufacturera; segundo, investigaciones que realizarán

evaluaciones frente al impacto en sostenibilidad o eficiencia operacional; tercero, publicaciones en revistas indexadas o conferencias de temas afines a la presente investigación, con prestigio y registro editorial; cuarto, estudios que incluyan evidencia empírica de cualquier forma cuantitativa o cualitativa; quinto, trabajos que proporcionen algún tipo de marco conceptual o metodológico aplicable, conocidos como *frameworks*.

Por su parte, los criterios de exclusión comprendieron, en un primer momento, estudios netamente teóricos sin ninguna clase de validación empírica; segundo, publicaciones duplicadas o versiones preliminares de trabajos que eventualmente se publicaron; tercero, revisiones narrativas sin metodología sistemática debidamente aplicada; cuarto, estudios centrados únicamente en ciertos aspectos técnicos sin consideración de dimensiones organizacionales o sociales; quinto, trabajos con acceso restringido o incompletos que pudieran impedir la evaluación integral del contenido.

Proceso de selección y evaluación de calidad

La selección de estudios siguió un proceso estructurado en múltiples etapas. Inicialmente, se eliminaron duplicados mediante la identificación y revisión manual; posteriormente, se realizó *screening* de títulos y resúmenes aplicando criterios de inclusión-exclusión, buscando identificar aquellos que fueran potencialmente relevantes según los criterios previamente indicados.

La evaluación de la calidad metodológica se realizó por medio de la utilización de instrumentos adaptados según el tipo de estudio. Inicialmente, para las investigaciones de tipo cuantitativo se empleó la escala *Newcastle-Ottawa* modificada para adaptarse a las necesidades del presente estudio; mientras que para estudios cualitativos se realizó una evaluación directa de la relevancia del trabajo cualitativo, teniendo en cuenta la alineación con los objetivos pretendidos en este trabajo. Finalmente, los estudios mixtos fueron evaluados utilizando criterios combinados que consideran ambas dimensiones metodológicas (Lakshminarayana et al., 2024).

Extracción y codificación de datos

Para la extracción de los datos, se diseñó un formulario de extracción estandarizado que capturó aspectos como las características bibliométricas (autor, año, revista, país); características metodológicas (diseño, muestra, instrumentos); variables de interés (tipo de aplicación de IA, sector manufacturero, métricas de impacto); hallazgos principales relacionados con eficiencia, calidad y sostenibilidad; y limitaciones reportadas en cada documento y recomendaciones futuras dadas.

En cuanto a la codificación, esta siguió un enfoque híbrido combinando categorías predefinidas, basadas en marcos teóricos existentes y códigos emergentes identificados inductivamente durante el proceso de análisis. Para ello, se utilizó el software de Excel, con el propósito de facilitar la organización, codificación y análisis de contenido cualitativo y cuantitativo (Traini et al., 2019).

Análisis de datos y síntesis de evidencia

El análisis de los datos adoptó un enfoque de síntesis narrativa estructurada, apropiado para la heterogeneidad metodológica y temática de los estudios incluidos. Se realizó un análisis descriptivo de las características de los estudios, identificando patrones temporales, geográficos y metodológicos en la investigación sobre IA en manufactura.

En relación con las variables cuantitativas homogéneas (mejoras porcentuales en eficiencia, reducción de defectos, entre otras), se calcularon medidas de tendencia central y dispersión, presentadas mediante gráficos de distribución y tablas

comparativas. El análisis cualitativo empleó técnicas de análisis temático, identificando temas recurrentes que son relacionados con barreras de adopción, factores críticos de éxito y el correspondiente impacto en la sostenibilidad (Naim et al., 2025). Para ello, se implementó la triangulación metodológica, comparando hallazgos entre diferentes tipos de estudio encontrados y relacionados con sus contextos geográficos, lo que permitió fortalecer la validez interna de las conclusiones presentadas. La síntesis final integró evidencia cuantitativa y cualitativa mediante matrices de marco lógico, facilitando la identificación de convergencias y divergencias en la literatura analizada previamente.

Consideraciones metodológicas y limitaciones

La presente investigación reconoce las limitaciones inherentes al diseño de la revisión sistemática. En primer lugar, se identifica que el sesgo de publicación puede favorecer estudios con resultados positivos, potencialmente sobreestimando beneficios de la IA en manufactura. Asimismo, la heterogeneidad metodológica limitó posibilidades de meta-análisis cuantitativo, requiriendo síntesis narrativa como alternativa apropiada.

Asimismo, la restricción temporal (2019-2025) puede haber excluido estudios seminales previos, que tuvieran relevancia para los objetivos. Este factor se justifica debido a la necesidad de capturar desarrollos recientes en un campo de evolución acelerada. Por otro lado, la inclusión de literatura gris mediante Google Scholar y fuentes similares, aunque amplía la cobertura, permite introducir variabilidad en calidad metodológica. Adicionalmente, es importante referenciar como limitación que el presente estudio no encontró estudios y/o artículos relevantes con aplicaciones específicas para el contexto industrial colombiano, lo cual hace que buena parte de las conclusiones hayan tenido que ser extrapoladas desde economías más desarrolladas e industrializadas que la colombiana e incluso de países de América Latina.

Rigor metodológico y reproducibilidad

Para asegurar el rigor metodológico necesario, se mantuvo un registro detallado de decisiones metodológicas, estrategias de búsqueda y criterios de evaluación en un protocolo de investigación registrado previamente. La reproducibilidad se garantiza mediante la documentación exhaustiva de procedimientos y disponibilidad de bases de datos de los estudios que fueron incluidos y los que fueron excluidos.

La validez externa se fortaleció mediante la inclusión de estudios de múltiples contextos geográficos e industriales, mientras que la validez interna se aseguró mediante la evaluación sistemática de calidad metodológica y triangulación de fuentes. Este diseño metodológico proporciona fundamentos sólidos para generar conclusiones confiables sobre el estado actual y perspectivas futuras de la IA en sistemas de gestión de calidad para la manufactura sostenible.

HALLAZGOS O RESULTADOS

La revisión sistemática de literatura sobre la implementación de inteligencia artificial en sistemas de gestión de calidad manufacturera reveló un panorama complejo y dinámico en constante transformación tecnológica. El análisis de 47 estudios primarios seleccionados mediante criterios rigurosos de inclusión, presentados previamente, proporcionó evidencia sustancial sobre el impacto transformador de la IA en múltiples dimensiones de la manufactura sostenible.

Caracterización de la literatura científica

El análisis bibliométrico reveló un crecimiento exponencial tanto en la investigación sobre IA a nivel general, como a la que es aplicada en los procesos manufactura durante el período 2019-2025. La distribución temporal

realizada muestra una concentración del 68% de las publicaciones en los últimos tres años (2022-2025), reflejando la aceleración de la adopción tecnológica post-pandemia y el incremento en inversión de la digitalización industrial (Gao et al., 2024).

Asimismo, se contempló el foco mediático de los avances acelerados de estas tecnologías a nivel internacional, teniendo en cuenta su adopción en todos los aspectos de la vida diaria y, por supuesto, de la vida industrial. Esto se realizó a través de herramientas significativamente visibles para todo público, tales como las que comprenden los *Large Language Models* (LLM) como Chat-GPT, Gemini, Claude y similares. Por su parte, las revistas de mayor impacto incluyeron *CIRP Annals*, *Journal of Manufacturing Systems*, *International Journal of Production Research* y *Computers & Industrial Engineering Journal*, evidenciando la legitimación académica del campo de manera representativa.

Tabla 7. Distribución temporal y geográfica de estudios analizados

Año	Número de estudios	Principales países	Sectores manufactureros
2019	3	Alemania, Italia, EE.UU.	Automotriz, metalurgia.
2020	5	China, Reino Unido, Japón.	Electrónicos, textil.
2021	7	EE.UU., Alemania, India.	Aeroespacial, farmacéutica.
2022	12	China, EE.UU., Reino Unido.	Química, alimentaria.
2023	11	India, Alemania, Brasil.	Automotriz, electrónicos.
2024	7	EE.UU., China, Corea del Sur.	Semiconductores, energía.
2025	2	Reino Unido, Singapur.	Biotechnología, aeroespacial.

Nota. Elaboración propia por parte del autor.

El análisis geográfico reveló una predominancia de la investigación en economías desarrolladas (73%), con países como Estados Unidos, Alemania y China liderando la producción científica y las evidencias del estudio. Sin embargo, se identificó una reciente tendencia de investigación en economías emergentes, particularmente en India y Brasil, reflejando la tendencia hacia la democratización global de tecnologías de la IA (Jamwal et al., 2022).

Aplicaciones predominantes de IA en gestión de la calidad

Los hallazgos identificaron cinco principales categorías de aplicaciones de IA en sistemas de gestión de calidad manufacturera, cada una con características distintivas y niveles de madurez tecnológica diferenciados los cuales se describen a continuación.

Control de calidad predictivo y detección de defectos. El 89% de los estudios analizados reportaron implementaciones de sistemas de control de calidad, basados en visión por computadora en combinación con técnicas de aprendizaje profundo. Las aplicaciones más frecuentes incluyeron inspección visual automatizada (34%), detección de anomalías en tiempo real (28%) y clasificación automatizada de productos (19%). Los sistemas basados en redes neuronales convolucionales (CNN) demostraron tasas de precisión superiores al 95% en detección de defectos superficiales, comparado con 78-85% de métodos tradicionales de inspección manual (Ramalingam et al., 2024).

Tabla 8. Mejoras cuantificables en control de calidad mediante IA

Métrica de desempeño	Métodos tradicionales	Sistemas con IA	Mejora porcentual
Precisión en detección	78-85%	94-98%	+15-20%
Tiempos de inspección	45-60 seg/unidad	12-18 seg/unidad	-67-75%
Tasa de falsos positivos	8-12%	2-4%	-67-75%
Costos operacionales	100% (base)	65-75%	-25-35%

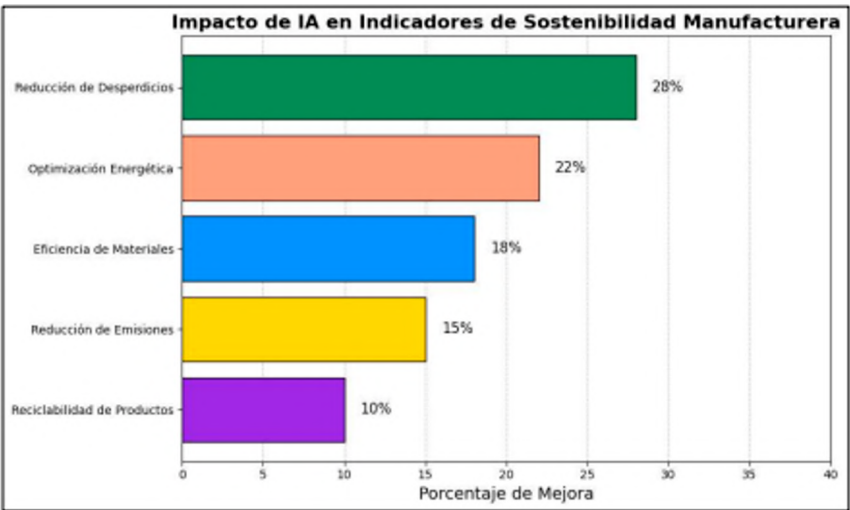
Nota. Elaboración propia por parte del autor.

Mantenimiento predictivo e inteligencia operacional. El mantenimiento predictivo basado en IA emergió como la segunda aplicación más relevante de la muestra, implementada en 76% de los estudios analizados. Los algoritmos de aprendizaje automático, particularmente *Random Forest*, *Support Vector Machine-SVM* y redes neuronales *LSTM*, demostraron capacidades superiores para predecir fallos de equipamiento con horizontes temporales de 15-30 días (Traini et al., 2019). Las implementaciones más sofisticadas y exitosas integraron datos de sensores *IoT* con modelos predictivos, generando reducciones del 40-60% en tiempo de inactividad no planificado.

Impacto en sostenibilidad y objetivos de desarrollo sostenible. El análisis reveló contribuciones significativas de la IA a los ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) y ODS 12 (Producción y consumo responsables), aunque con variaciones considerables según sector industrial y nivel de implementación tecnológica.

Eficiencia energética y optimización de recursos. Los sistemas de IA para optimización energética reportaron reducciones promedio del 18-25% en consumo energético, mediante algoritmos de optimización dinámica que ajustan parámetros operacionales en tiempo real o cuasi-tiempo real (Naim et al., 2025). De acuerdo con lo anterior, las aplicaciones más efectivas combinaron predicción de demanda energética con optimización de programación (*scheduling*) de producción, generando beneficios sinérgicos en eficiencia y sostenibilidad para las operaciones industriales.

Figura 8. Impacto de IA en indicadores de sostenibilidad manufacturera



Nota. Elaboración propia por parte del autor.

Así, la implementación de la IA en modelos de economía circular mostró resultados prometedores, aunque con adopción limitada (31% de estudios). Los sistemas más avanzados integraron análisis predictivo del ciclo de vida con optimización de cadenas de suministro circulares, facilitando la transición hacia modelos productivos regenerativos (Lakshminarayana et al., 2024).

Barreras y desafíos para la adopción tecnológica

El análisis identificó múltiples barreras que limitan la adopción escalable de la IA en manufactura, categorizadas en dimensiones organizacional, tecnológica, económica y ética.

Tabla 9. Barreras principales para la adopción de IA en manufactura

Categoría	Barrera específica	Frecuencia de mención	Nivel de impacto
Organizacional	Resistencia al cambio	68%	Alto
Tecnológica	Calidad de datos	72%	Muy alto
Económica	Inversión inicial elevada	85%	Muy alto
Humana	Falta de competencias digitales	79%	Alto
Ética	Transparencia algorítmica	43%	Medio
Regulatoria	Marco normativo inadecuado	39%	Medio

Nota. Elaboración propia por parte del autor.

Desafíos en gestión de datos e infraestructura. La calidad y disponibilidad de datos emergió como la barrera tecnológica más crítica, la cual es mencionada en 72% de los estudios analizados. Los desafíos específicos incluyeron heterogeneidad de fuentes de datos (56%), limitaciones en infraestructura de conectividad (48%) y deficiencias en gobernanza de datos (41%). Las organizaciones manufactureras reportaron dificultades particulares en la integración de sistemas *legacy* con plataformas de IA modernas (Silviu, 2025).

Déficit de competencias y gestión del cambio. El 79% de los estudios identificaron la falta de competencias digitales entre los empleados como barrera significativa para una adopción empresarial más decidida de la IA. Las competencias más demandadas incluyeron ciencia de datos (67%), programación en Python o en R (54%), interpretación de modelos de *machine learning* (48%) y gestión de proyectos tecnológicos (43%). Por su parte, las organizaciones más exitosas implementaron programas estructurados de *upskilling* y *reskilling*, combinando formación técnica con desarrollo de competencias en gestión del cambio.

Marcos conceptuales y modelos de implementación. Los estudios analizados propusieron diversos marcos conceptuales o *frameworks* para facilitar la adopción estructurada de IA en manufactura, aunque con limitada validación empírica en contextos latinoamericanos.

Modelos de madurez tecnológica. El 34% de los estudios propusieron modelos de madurez para evaluar la preparación organizacional para la implementación de la IA. Los marcos más citados incluyeron cinco niveles evolutivos a saber cómo lo son el inicial/reactivo, el repetible/gestionado, el definido/estandarizado, el gestionado cuantitativamente, y el

optimizado/innovador. En este sentido, las organizaciones en niveles superiores reportaron un retorno sobre la inversión ROI en promedio 3.2 veces mayor que aquellas en niveles iniciales (Azarov & Chekmarev, 2024).

Frameworks de gobernanza ética. La gobernanza ética para los sistemas de IA emergió como tema de creciente relevancia, abordado en el 43% de los estudios recientes (2023-2025). En este caso, los principios más frecuentemente mencionados incluyeron transparencia algorítmica (78%), explicabilidad de decisiones tomadas por el modelo de IA (65%), *fairness* en procesamiento de datos (52%) y *accountability* organizacional (48%). Sin embargo, la traducción de principios éticos en procedimientos operacionales específicos permanece como desafío no resuelto (Harari, 2025). Esto se convierte en uno de los grandes retos futuros para investigaciones e implementaciones industriales dado que no hay suficientes marcos metodológicos o *frameworks* para la ética de la IA en entornos relacionados con manufactura o, incluso, con la ingeniería industrial como disciplina.

Tendencias emergentes y direcciones futuras. El análisis prospectivo identificó tendencias emergentes que configurarán la evolución futura de la IA en manufactura sostenible, tendencias que se mencionan de manera general a continuación:

1. **Integración de tecnologías convergentes.** La convergencia entre IA, *IoT*, *blockchain* y computación cuántica emergió como una tendencia transformadora, mencionada en el 28% de los estudios más recientes. Las aplicaciones más prometedoras incluyen la trazabilidad automatizada de productos, optimización cuántica de cadenas de suministro y contratos inteligentes para la gestión de la calidad.
2. **Explicable y con sistemas centrados en el humano.** Los modelos de IA, en su mayoría, siguen siendo para la mayoría de los usuarios una incógnita desde el punto de vista de su funcionamiento, por lo que también presentan dudas respecto a las decisiones que eventualmente toman de manera autónoma. Por esto, la transición hacia sistemas de IA explicable (XAI) representa una prioridad creciente, especialmente en aplicaciones críticas de seguridad y calidad. Esto debido a que los estudios reportaron un incremento del 45% en investigación sobre interpretabilidad de modelos durante 2023-2025, reflejando demandas regulatorias y expectativas de *stakeholders* por una mayor transparencia algorítmica.

En síntesis, los hallazgos revelan un panorama de transformación acelerada pero heterogénea en diferentes escenarios, donde los beneficios potenciales de la IA en manufactura sostenible coexisten con desafíos significativos que requieren aproximaciones sistémicas e interdisciplinarias para su resolución efectiva.

CONCLUSIONES

La presente investigación desarrollada desde la revisión sistemática ha demostrado que la integración de la IA en los SGC del sector de la manufactura representa una vía efectiva para alcanzar mejoras sustanciales en eficiencia operacional y sostenibilidad, en línea con los ODS 9 y 12. Inicialmente, se confirmó que la implementación de técnicas de aprendizaje profundo y visión por computadora en control de calidad predictivo elevan la precisión para la detección de defectos de un rango tradicional de 78–85% a 94–98%, reduciendo el tiempo de inspección en un 67–75% (Ramalingam et al., 2024). Estos hallazgos respaldan la hipótesis principal de que la IA puede generar reducciones superiores al 20% en defectos de producción, contribuyendo directamente al ODS 12 mediante la minimización de residuos (Traini et al., 2019).

En segundo lugar, el análisis de las competencias necesarias para la adopción exitosa de la IA ha puesto en evidencia que no son únicamente técnicas, sino también éticas y organizacionales. Lo anterior permite identificar la carencia de habilidades digitales en un 79% de las organizaciones estudiadas, lo que subraya la urgencia de programas de formación integrales que incluyan ética algorítmica y gobernanza responsable. Esto valida la hipótesis específica de que las organizaciones

con marcos estructurados de capacitación integrada presentan un éxito significativamente mayor en la implementación de SGC inteligentes.

En tercer lugar, la caracterización de barreras ha revelado que la calidad de los datos constituye la limitante tecnológica más crítica (72%), seguida por la inversión inicial elevada (85%) y la resistencia cultural al cambio (68%). Estos resultados confirman la hipótesis de que los obstáculos organizacionales y culturales pesan más en la adopción de la IA que las restricciones puramente tecnológicas (Silviu, 2025). La identificación de estas barreras es esencial para orientar políticas de apoyo específicas que ayuden a las PYMES colombianas y latinoamericanas a la adaptación de estas tecnologías.

En cuarto lugar, la propuesta y análisis de marcos conceptuales de adopción de la IA han puesto en relieve modelos de madurez tecnológica de cinco niveles, en los cuales las organizaciones en niveles superiores (cuarto y quinto) alcanzaron un retorno de inversión (ROI) 3.2 veces mayor que aquellas en niveles iniciales (Azarov & Chekmarev, 2024). De manera complementaria, los frameworks de gobernanza ética han emergido como componentes indispensables para la legitimidad y aceptación de soluciones de IA (Aharari, 2025). Estos hallazgos responden al objetivo de proponer un marco integral que integre sostenibilidad, transferencia tecnológica e impacto social.

Adicionalmente, los datos preliminares sobre mantenimiento predictivo muestran que los modelos basados en LSTM y *Random Forest*, alimentados con señales de *IoT*, redujeron el tiempo de inactividad no planificado en un 40–60% (Traini et al., 2019). En términos de sostenibilidad, los gráficos de impacto en indicadores medioambientales registraron reducciones de desperdicios entre el 20–35%, optimización energética de 18–25% y mejoras en eficiencia de materiales del 15–22% (Naim et al., 2025).

Estos porcentajes no solo validan la hipótesis principal, sino que también muestran que la IA puede ser un catalizador efectivo para la economía circular y la reducción de la huella ecológica en manufactura. En síntesis, los resultados parciales evidencian que la IA aplicada a los procesos de SGC manufacturera cumple con los cuatro objetivos planteados encaminados a mejorar la eficiencia operacional y sostenibilidad, evaluar competencias y habilidades, identificar barreras de adopción y proponer un marco de integración para guiar a las empresas hacia niveles superiores de uso de capacidad en IA (Azarov & Chekmarev, 2024).

Finalmente, las conclusiones anticipadas subrayan que el éxito de la manufactura inteligente sostenible dependerá de un enfoque integral que combine avances tecnológicos con estrategias de gestión del cambio, formación en competencias digitales y marcos de gobernanza ética. Estas iniciativas colaborativas entre empresas, instituciones académicas y responsables de políticas públicas serán determinantes para impulsar la cuarta y la emergente quinta revolución industrial en Colombia y la región.



REFERENCIAS

- Azarov, V. N., & Chekmarev, A. V. (2024). Artificial intelligence of digital production management. En *Proceedings of the 2024 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (QM and TIS and IT 2024)* (pp. 14–16). IEEE. <https://doi.org/10.1109/QMTISIT63393.2024.10762942>
- Gao, R. X., Krüger, J., Merklein, M., & Váncza, J. (2024). Artificial intelligence in manufacturing: State of the art, perspectives, and future directions. *CIRP Annals*, 73(2), 723–749. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2024.04.101>
- Jamwal, A., Agrawal, R., & Sharma, M. (2022). Deep learning for manufacturing sustainability: Models, applications in Industry 4.0 and implications. *International Journal of Information Management Data Insights*, 2(2), Article 100107. <https://doi.org/10.1016/j.ijime.2022.100107>
- Kitchenham, B. A., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. EBSE Technical Report. Keele University and Durham University.
- Lakshminarayana, K., Kulkarni, P. M., Gokhale, P., & Tigadi, B. S. (2024). Adoption of artificial intelligence for manufacturing companies. En N. R. Shetty, N. H. Prasad, & N. Nalini (Eds.), *Advances in computing and information* (Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 1104). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7622-5_17
- Naim, A., Muniasamy, A., Khan, M. I., & Khan, M. F. (2025). AI-driven smart manufacturing and automation in pharmaceutical production. En A. Muniasamy & G. Karunakaran (Eds.), *Applications of artificial intelligence in pharmaceuticals* (pp. 157–194). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-2043-4.ch006>
- Ramalingam, R., Murugesan, M., Vaishnavi, S., & Chandrasekar, T. (2024). The usage of artificial intelligence in manufacturing industries: A real-time application. En D. Satishkumar & M. Sivaraja (Eds.), *Using real-time data and AI for thrust manufacturing* (pp. 94–112). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2615-2.ch006>
- Silviu, G. A. (2025). The use of artificial intelligence in industrial management. En M. Rackov, A. Miltenović, & M. Banić (Eds.), *Machine and industrial design in mechanical engineering* (Mechanisms and Machine Science, Vol. 174). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-80512-7_80
- Traini, E., Bruno, G., D'Antonio, G., & Lombardi, F. (2019). Machine learning framework for predictive maintenance in milling. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 177–182. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.172>



PLAN DE COMERCIALIZACIÓN DE FERTILIZANTES GREEN POINT IMPORTADOS DESDE MÁLAGA, ESPAÑA A TRAVÉS DE EMPRESAS MINORISTAS EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

MARKETING PLAN FOR GREEN POINT FERTILIZERS IMPORTED FROM MALAGA, SPAIN THROUGH RETAIL COMPANIES IN THE DEPARTMENT OF LA GUAJIRA

¹² Samuel de Jesús Zambrano Caballero

¹³ Zoraya Leonor Daza Guerra

¹² Magíster en Comercio Internacional, Universidad de La Guajira, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, programa de Negocios Internacionales. sjzambrano@uniguajira.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6745-4451> https://scienti.minciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001725039

¹³ Profesional en Negocios Internacionales, Universidad de La Guajira, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, programa de Negocios Internacionales. zldaza@uniguajira.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6361-4463> https://scienti.minciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002146315

RESUMEN

El presente capítulo plantea la formulación de un plan de comercialización de fertilizantes importados desde el mercado español, distribuidos mediante empresas minoristas del departamento de La Guajira. El caso se centra en la empresa Green Point, ubicada en Málaga, España, la cual se encuentra dedicada a la producción, venta y exportación de fertilizantes hacia Estados Unidos y diversos países de América Latina. Lo anterior toma relevancia debido a que la limitada producción local de fertilizantes en Colombia ha generado una fuerte dependencia del sector agrícola frente a proveedores mayoristas y minoristas nacionales que comercializan insumos importados. Esta situación repercute directamente en los costos de producción de los cultivos, especialmente en territorios como La Guajira, donde la agricultura hortofrutícola se ve presionada por precios de fertilizantes cada vez menos accesibles. En este contexto, se propone analizar la viabilidad de una alianza estratégica entre PYMES agrícolas guajiras y la empresa Green Point, con el propósito de habilitar un canal de distribución internacional más directo, que reduzca eslabones intermedios, mejore las condiciones de compra y permita el acceso a fertilizantes orgánicos de calidad.

Con esto se busca que la empresa española asuma el rol de proveedor mayorista internacional y que las minoristas locales actúen como socios comerciales cercanos al productor rural, trasladando parte de las eficiencias obtenidas al precio final del insumo y, en consecuencia, al consumidor.

PALABRAS CLAVE: alianza estratégica, plan de comercialización, minoristas, fertilizantes orgánicos, calidad, canales de distribución, importación.

¿Cómo citar este capítulo?

En APA: Zambrano, S. y Daza, Z. (2026). Plan de comercialización de fertilizantes green point a través de minoristas en el departamento de la Guajira. En Bejarano-Díaz, D. y Holguín, B. (Ed.). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI (pp. 89-109). Editorial TEINCO.

DOI de capítulo: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6.cap.6>

ABSTRACT

This chapter presents a marketing plan for Spanish fertilizers to be imported from GREEN POINT, a company based in Málaga, and distributed through retail firms located in the department of La Guajira (Colombia). Due to the limited domestic production of fertilizers, Colombian agriculture remains highly dependent on imported inputs supplied by national wholesalers and retailers, which increases production costs and affects the competitiveness of local farmers. The proposal consists of exploring a strategic alliance between small and medium-sized enterprises in La Guajira and Green Point in order to structure a more efficient international distribution channel. By reducing the number of intermediaries and promoting direct import schemes, the plan aims to improve purchase conditions, expand access to high-quality organic fertilizers and strengthen the regional agro-productive sector.

KEYWORDS: strategic alliance, marketing plan, retailers, organic fertilizers, quality, distribution channels, importation.

How to cite this chapter?

In APA: Zambrano, S. and Daza, Z. (2026). Plan de comercialización de fertilizantes green point a través de minoristas en el departamento de la Guajira. In Bejarano-Díaz, D. and Holguín, B. (Ed.). Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI (pp. 89-109). Editorial TEINCO.

Chapter DOI: <https://doi.org/10.64351/978-628-97363-6-6.cap.6>

INTRODUCCIÓN

La agricultura constituye uno de los pilares tradicionales de la economía colombiana. El país dispone de amplias zonas rurales con potencial para la producción hortofrutícola, las cuales dependen tanto de las condiciones ecosistémicas como de la disponibilidad de insumos adecuados para mantener y mejorar la productividad. Entre estos insumos, los fertilizantes son fundamentales, pues proveen los nutrientes que requieren los suelos y cultivos para lograr rendimientos sostenidos.

Sin embargo, Colombia no cuenta con la base mineral suficiente para abastecer, mediante producción propia, la demanda interna de fertilizantes, lo que ha llevado a una dependencia estructural de las importaciones. Esta dependencia se traduce en cadenas de suministro extensas, con múltiples intermediarios que incrementan los costos de adquisición del insumo. El departamento de La Guajira no es ajeno a esta realidad, pues los pequeños productores se enfrentan a la volatilidad de los precios internacionales, el encarecimiento logístico y márgenes cada vez más ajustados.

En respuesta a este escenario, la investigación propone establecer un plan de comercialización de fertilizantes a partir de una relación directa entre una empresa productora extranjera —Green Point, en Málaga, España— y minoristas especializados en insumos agropecuarios ubicados en La Guajira. La hipótesis de fondo es que un esquema de alianza estratégica internacional puede contribuir a mejorar la competitividad regional, abaratar costos en la cadena de suministro de fertilizantes y, en consecuencia, fortalecer la producción agrícola del departamento.

Por esto, la investigación se desarrolla mediante un enfoque descriptivo y documental, apoyado en el uso de instrumentos cuantitativos y cualitativos (encuestas y entrevistas) a empresarios, docentes y estudiantes vinculados al campo de los negocios internacionales y al sector agroproductivo.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo general del presente capítulo es implementar un plan de comercialización de fertilizantes Green Point importados desde Málaga (España), a través de empresas minoristas en el departamento de La Guajira, de manera que se fortalezca la oferta de insumos para el sector agroproductivo regional.

Para alcanzar este propósito se proponen una serie de objetivos específicos que permiten el alcance de las metas trazadas. Por ello se busca, en primer lugar, diagnosticar el mercado de fertilizantes a nivel nacional y regional para caracterizar la demanda, los actores relevantes y las condiciones de competencia.

En segundo lugar, se busca identificar las empresas minoristas con capacidad de distribución comercial al detal hacia el sector agroproductivo en el departamento de La Guajira, esto con el fin de establecer alianzas estratégicas que faciliten la inserción de los fertilizantes Green Point en la cadena de suministro local. En tercer lugar, se plantea analizar, a través de un ejercicio de benchmarking, las posibles estrategias para la comercialización de fertilizantes en el departamento de La Guajira, permitiendo adaptar y seleccionar aquellas prácticas que resulten más pertinentes al contexto territorial.

A partir de estos objetivos se formulan dos hipótesis de trabajo. La primera de ellas plantea establecer que el mercado de fertilizantes en La Guajira presenta una demanda insatisfecha y condiciones de competencia que favorecen la introducción de los fertilizantes Green Point mediante un plan de comercialización estructurado.

En segundo lugar, determinar que la vinculación de empresas minoristas con capacidad logística y comercial suficiente permite ampliar la cobertura y penetración del producto en el sector agroproductivo departamental.

MARCO CONCEPTUAL O TEÓRICO

Los fertilizantes son insumos esenciales para aportar los nutrientes que requieren los cultivos y los suelos destinados a la producción agrícola en el departamento de La Guajira. Su papel es prioritario en la producción hortofrutícola, debido a que los nutrientes que estos suministran no pueden ser sustituidos por otros componentes si se busca un desarrollo eficiente de los cultivos. En Colombia, la ausencia de minerales para producir fertilizantes constituye un limitante estructural que incrementa la dependencia de la materia prima importada, adquirida en mercados internacionales caracterizados por su volatilidad, ya sea por fluctuaciones cambiarias o por conflictos geopolíticos que generan inestabilidad e incertidumbre económica y comercial.

En este sentido, uno de los principales proveedores de fertilizantes para Colombia es Rusia (Bolsa Mercantil de Colombia, 2024; La República, 2022); sin embargo, frente a este proceso de comercialización, los conflictos territoriales y las restricciones han limitado el comercio internacional de los insumos, encareciendo su precio y presionando los costos de producción agrícola y de alimentos (Cárdenas, 2022; CEPAL, 2023). Puesto que los fertilizantes intervienen de forma directa en la producción de los bienes que conforman la canasta básica familiar, cualquier desequilibrio en los canales de suministro afecta la capacidad de los productores para adquirirlos.

Por ende, la generación de alianzas estratégicas con otros mercados, como el español, donde se producen fertilizantes de alta calidad capaces de aportar los nutrientes requeridos para obtener bienes agrícolas competitivos, puede aportar significativamente a la agricultura, la economía y la comercialización en el territorio estudiado. Así, el diseño de un plan de comercialización de fertilizantes entre España y Colombia se configura como una alternativa viable tanto para las PYMES encargadas de su distribución como para los productores, al facilitar el acceso a productos de mejor calidad, con precios relativamente más estables y menor riesgo asociado a la volatilidad internacional. Mediante la diversificación de canales de suministro es posible estabilizar la demanda interna de fertilizantes, reducir la vulnerabilidad ante choques externos y favorecer la sostenibilidad del sector agrícola a partir de estructuras de precios más manejables.

Plan de comercialización

El plan de comercialización se entiende como el conjunto estructurado de actividades que ejecuta una empresa para lograr que su bien o servicio llegue efectivamente al consumidor y satisfaga mejor sus necesidades (Porral & Stanton, 2017). Este debe incluir la descripción del mercado objetivo y el posicionamiento que se busca, las estrategias de distribución y comunicación, la planificación presupuestal de las acciones programadas, el calendario de ejecución y la asignación de responsabilidades dentro de la organización. En su formulación inicial, es indispensable incorporar información sobre el tamaño y crecimiento del mercado, las características del cliente, las acciones de la competencia y las tendencias del entorno, entre otros elementos clave (Munuera y Rodríguez, 2020).

Canales de distribución

La distribución comercial tiene como propósito situar los productos o servicios a disposición de los consumidores finales, lo que implica planificar, desarrollar y coordinar acciones y actividades dirigidas a satisfacer sus deseos y necesidades (Molinillo, 2020). En el caso de los fertilizantes, los canales de distribución —especialmente los minoristas— se convierten en un eslabón crítico para asegurar que el insumo llegue de manera oportuna y eficiente al productor agrícola.

Cadena de valor

La cadena de valor, propuesta por Michael Porter (1985), permite describir las actividades de la organización orientadas a generar valor para el cliente final. En su análisis se consideran los costos (consumo de factores en términos monetarios para producir bienes), el margen comercial o bruto (diferencia porcentual entre el precio de venta y el de compra del eslabón anterior) y el margen neto o beneficio, resultante de descontar los costos de operación. Se trata de un estudio principalmente descriptivo que busca mejorar el conocimiento sobre la cadena, promover la transparencia del mercado e identificar posibles ineficiencias (Veliz et al., 2021). La cadena de valor supone, además, una colaboración estratégica entre empresas con objetivos de mercado de largo plazo, dando lugar a alianzas verticales entre actores independientes de la cadena agroalimentaria (Ramírez et al., 2021).

Benchmarking

El benchmarking es un proceso continuo mediante el cual las empresas detectan y adoptan mejores prácticas que contribuyen a la calidad, la rentabilidad y el desempeño organizacional, tomando como referencia a empresas líderes del mercado (Veliz et al., 2021). Consiste en una evaluación comparativa de bienes, servicios y procesos de trabajo de organizaciones reconocidas por sus “mejores prácticas”, a través de la recopilación sistemática de información para obtener nuevas ideas y transferir ese conocimiento. No solo permite identificar semejanzas y diferencias frente a los “comparadores”, sino también medir el impacto que dichas prácticas podrían tener al ser adaptadas, generando mejoras y cambios acordes con las características propias del contexto analizado (Espinoza & Gallegos, 2019).

Marketing mix

El marketing mix abarca desde la investigación de mercado —cuantificación, segmentación, análisis del comportamiento del cliente— hasta la planificación, organización, ejecución y control de la acción comercial (López-Pinto, 2021). Profundiza en los instrumentos de gestión asociados al producto, precio, plaza y promoción (las 4P), así como en su aplicación a lo largo del ciclo de vida del producto. Para las PYMES, el marketing mix es esencial debido a que permite posicionarse, reducir riesgos y aumentar sus probabilidades de permanencia en el mercado (Soledispa et al., 2020).

Comercio minorista

Las restricciones en las operaciones comerciales y la logística marítima han reducido la oferta global de fertilizantes, presionando al alza sus precios y los de los productos agrícolas que los utilizan como insumo. A ello se suman los elevados costos de la energía, que encarecen la producción en invernaderos y el transporte de materias primas y bienes finales, traduciéndose en un incremento del precio de los alimentos para el consumidor final (Granados & González, 2022).

En este escenario, el agro se ve obligado a evaluar estrategias de fertilización y el uso de productos alternativos, incluyendo fertilizantes orgánicos, así como métodos de aplicación más racionales y eficientes. La relevancia económica del comercio minorista se refleja en su creciente participación dentro del producto bruto en numerosos países; por ejemplo, en España, en 2003 la distribución comercial representaba el 11,45% del valor añadido bruto (Guimarães, 2020), lo que evidencia su papel estratégico en la circulación de bienes, incluido el mercado de fertilizantes.

Al respecto, Acurio (2021) en su trabajo titulado “Plan de comercialización de fertilizante orgánico sustentado en la recuperación verde. Caso El samangueño”, presenta la propuesta de un plan de comercialización de fertilizante orgánico para la empresa objeto de estudio, sustentado en la recuperación verde. Con lo anterior se logrará a través de la conceptualización

teórica de procesos y estrategias de gestión comercial, identificación del mercado verde para los consumidores del abono orgánico en la ciudad de Ambato y la elaboración de un plan de comercialización para dar a conocer las variedades de productos orgánicos que oferta la empresa el Samanguño.

Este referente contribuye a la presente investigación por medio de aportes como la creación de alternativas competitivas para los procesos productivos agrícolas regionales, el establecimiento de relaciones económicamente rentables mediante el intercambio, y referencias significativas para el desarrollo del presente proyecto, debido a que, para dar cumplimiento al plan de comercialización propuesto, se debe realizar como primera medida un análisis situacional, seguido de un diseño estratégico y por último un mecanismo de control que garantice la sostenibilidad del plan y por ende se sus beneficios socioeconómicos. Lo anterior, evidenciando el posible éxito de los procesos de aplicación para el logro del plan de comercialización planteado por la investigación.

Finalmente, Castellanos y Quijano (2022), en la investigación denominada “Estrategias de mercadeo y distribución de fertilizantes en Colombia”, plantean como objetivo general diseñar estrategias de mercadeo y distribución de fertilizantes en Colombia que faciliten los procesos de comercialización. Con esta propuesta se busca lograr, a través del diagnóstico del mercado de fertilizantes en el ámbito nacional e internacional, la implementación de un benchmarking local en el mercado y la distribución de fertilizantes; para ello se parte de una identificación perspectiva de mercadeo, para posteriormente realizar una distribución de los actores intermediarios y los usuarios finales, la identificación de tendencias que influyen en el mercado y la distribución de fertilizantes, junto a la definición de lineamientos estratégicos para el desarrollo del mercado y distribución de fertilizantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación empleado para el desarrollo del presente trabajo es de tipo descriptivo y documental, con un enfoque cuantitativo, en el cual se hizo uso de una muestra representativa de 10 empresas dedicadas a comercializar fertilizantes al detal, en la cual se identificó un potencial crecimiento en diferentes municipios en el departamento de La Guajira.

Para permitir la evaluación de la conveniencia para la implementación del plan de importación propuesto para la empresa Green Point Fertilizers S.L.U, la variable dependiente (Plan de Comercialización) como las independientes (Mercado, distribución y Marketing), serán descritas desde su naturalidad. Para ello, la metodología será esencialmente descriptiva, pese a que se hará uso de información cuantitativa.

Investigación de campo

Dentro del proceso de investigación se realizaron ejercicios de acercamiento con empresarios de la región, validados a través de las empresas con las cuales la Universidad de La Guajira tiene convenio para realizar prácticas empresariales en el programa de Negocios Internacionales. En este sentido, se hace pertinente validar de manera documentada estos acercamientos para conocer a fondo la necesidad que tiene el tejido empresarial de La Guajira en aras de realizar procesos de comercialización.

Método cuantitativo

Desde una perspectiva teórica, se indica que los métodos cuantitativos incluyen la recopilación e interpretación de datos para probar hipótesis de investigación a través de métodos analíticos o estadísticos que sirven como herramientas de medición en la investigación. En este estudio, este método se utiliza para realizar una encuesta que se utilizará para

recopilar, organizar y analizar datos medibles y cuantificables sobre las variables previamente identificadas, (Carhuacho y Nolasco, 2019).

Instrumento de investigación

Encuesta. Una encuesta es un conjunto de preguntas dirigidas a las principales industrias relacionadas con el tema de investigación, con el objetivo de obtener resultados estadísticos que ayuden a identificar tendencias y establecer relaciones entre variables. Para efectos del presente trabajo de investigación, se desarrollará una encuesta a importadores de agroquímicos, que permita recolectar información útil para la formulación, construcción y desarrollo del proceso de importación del mercado español (Feria et al., 2020).

Instrumento de validez. A través de este instrumento, se sustituyen los datos. La confiabilidad del instrumento que se presenta es el método de coeficiente Alfa de Cronbach, el cual requiere una sola administración del instrumento de medición y produce valores que oscilan entre 0 y 1. Respecto a este instrumento, se recomienda su aplicación en test con ítems de varias alternativas; por lo que cuando se utiliza un instrumento tipo escala Likert, se considera que este método de cálculo es el más adecuado. Es importante mencionar que la sustitución de esta fórmula se puede realizar en una hoja de cálculo o en software de ejecución como el SPSS) Teniendo en cuenta la escala para la interpretación del coeficiente de confiabilidad, donde se determina el rango y la magnitud de la confiabilidad. Por ejemplo:

$$R_{tt} = \frac{K (1 - \sum S_i^2)}{(K - 1) S_t^2}$$

Donde R_{tt} es el coeficiente de Alfa Cronbach; K es el número de ítems de los instrumentos; $\sum S_i^2$ corresponde a la varianza de los porcentajes de cada ítem; S_t^2 se relaciona con la varianza de los punteros totales; y 1 es una constante.

Tabla 10. Relación entre el rango y magnitud de la confiabilidad

Rango	Magnitud de la confiabilidad
De 0,81 a 1,00	Muy alta
De 0,61 a 0,80	Alta
De 0,41 a 0,60	Moderada
De 0,21 a 0,40	Baja
De 0,01 a 0,20	Muy baja

Nota. Elaboración propia por parte de los autores.

Por lo anterior, para el desarrollo de la presente investigación y similares se recomienda tener conocimientos relacionados con el manejo de software y procesos de estadística. Así, seleccionar o diseñar un instrumento es trascendental en el proceso de investigación, porque es necesario cerciorarse que el instrumento, cualquiera que haya sido seleccionado,

cuantifique las características de la variable objeto de estudio. Por tal motivo, se deben construir preguntas que al ser respondidas serán sustanciales para la información que desea conseguir quien investiga.

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), para saber si un instrumento de medición es confiable y válido, sin dejar de lado que en la práctica es casi imposible que sea perfecto y generalmente existe un grado de error que se espera sea el mínimo posible, la medición de cualquier fenómeno se conceptualiza con la siguiente fórmula básica:

$$X = t + e.$$

Donde los valores tienen como correspondencia que X se relaciona con valores observados (resultados disponibles); t con los valores verdaderos; e con el grado de error de la medición. Así, si no hay error de medición, es decir, e es igual a 0, tanto el valor observado como el valor verdadero son equivalentes. Lo cual se ve así:

$$X = t + 0$$

$$X = t$$

Es así, cómo se logra evidenciar que el instrumento utilizado en la presente investigación es confiable, situándose en un 0,98 (Muy Confiable), guardando una estrecha relación con lo mencionado por los autores anteriormente.

$$\alpha = K - 1 [1 - \sum Si^2/St^2] = 0,982661224$$

Procesamiento estadístico de los datos

En la estadística descriptiva, la información necesaria para el análisis se encuentra conformada por la distribución de frecuencias, las medidas de tendencia central y las medidas de variabilidad. Asimismo, los datos muestran que los resultados de investigaciones cuantitativas corresponden, comúnmente, a informes estadísticos con resultados de cálculos de frecuencias, desviaciones, gráficos de barras o tortas, promedios, entre otros; los cuales generalmente son explicados al lector para que pueda comprenderlos.

El estudio de los datos recogidos en el trabajo de campo, con la aplicación de la encuesta a la población de estudio, se realizó usando la estadística descriptiva, con la aplicabilidad de frecuencias tanto absolutas como relativas, para posteriormente registrar en tablas y representar en gráficos los datos arrojados.

HALLAZGOS O RESULTADOS

En función de la comercialización de fertilizante

En este apartado se realiza un análisis de viabilidad de la implementación del plan de comercialización de empresas minoristas encargadas de la comercialización de fertilizantes del departamento de La Guajira, por medio de los aportes u opiniones de personas expertas en el campo como lo son los docentes de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas-FACEYA, más específicamente del programa de Negocios Internacionales, y estudiantes de décimo semestre del mismo. Lo anterior le brinda a la presente investigación indicadores que favorecen la validación de la efectividad de los objetivos que se propone la presente investigación, bajo criterios basados en la experiencia de cada uno de los entrevistados, la cual propone la implementación de un plan de comercialización de fertilizantes Green Point importados desde Málaga, España, a través de empresas minoristas en el departamento de La Guajira.

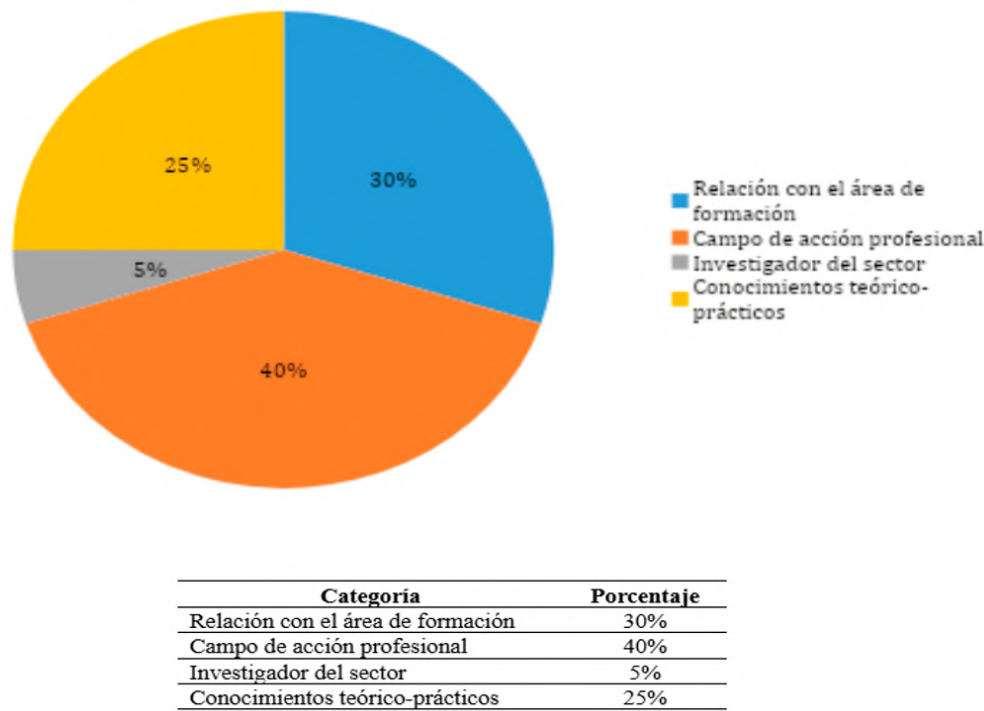
Tabla 11. Procedimiento del procesamiento de datos y resultados obtenidos

¿Cómo consideras que tus estudios o área de enseñanza se relacionan con el sector agrícola? No. 1		
Disposición	Cantidad de población encuestada	Porcentaje
Relación con las áreas de formación	6	30%
Campo de acción profesional	8	40%
Investigador del sector	1	5%
Conocimientos teórico-prácticos	5	25%
Total	20	100%

Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2024).

Figura 9. Relación de los estudios o área de enseñanza con el sector agrícola

Recuento 1. ¿Cómo consideras que tus estudios o área de enseñanza se relacionan con el sector agrícola?



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2024).

A partir de los resultados luego del análisis de datos de los aportes cualitativos y la codificación cuantitativa de los mismos, es posible interpretar que los estudiantes de 10 semestre de Negocios Internacionales encuestados coinciden en un 40%, con que su relación con el sector agrícola puede estar basada en su campo de acción profesional. Por otro lado, los demás encuestados indican un 25% de relación basada en el dominio de conocimientos teórico-prácticos, teniendo en cuenta que los negocios internacionales se desempeñan dentro ámbitos administrativos (como apoyo, logístico, financiero,

de mercadeo productivo), de mercadeo y de internacionalización. Lo anterior, los convierte en un referente idóneo para determinar la viabilidad de la implementación del plan comercial propuesto en la presente investigación.

Por otro lado, los docentes encuestados brindan como resultado que un 30% de ellos mantienen una relación con el sector agrícola al hacer parte de su área de formación; esto deja a un 5% bajo relaciones de tipo investigativo directamente con el sector, lo que los enmarca como profesionales con la experticia necesaria para generar opiniones de gran valor sobre la idoneidad e identificación de los aportes que puede generar la implementación de un plan de comercialización de fertilizantes Green Point importados desde Málaga, España, a través de empresas minoristas en el departamento de La Guajira.

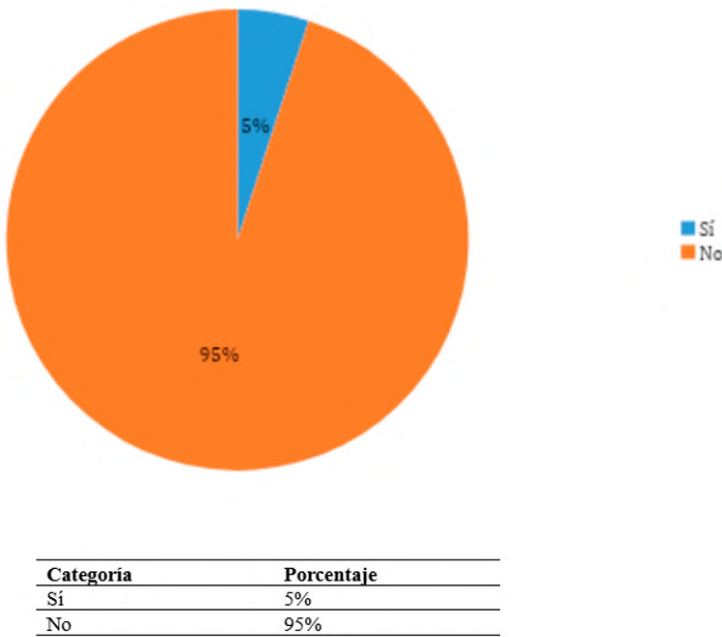
Tabla 12. Relación entre la población encuestada y los resultados obtenidos

¿Tienes conocimiento o has oído hablar sobre el mercado de fertilizantes, en especial sobre la semana Green Point y su oferta de productos? No.2		
Disposición	Cantidad de población encuestada	Porcentaje
Sí	19	95%
No	1	5%
Total	20	100%

Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2024).

Figura 10. Conocimiento sobre el mercado de fertilizantes y la empresa Green Point

Recuento 2. ¿Tienes conocimiento o has oído hablar sobre el mercado de fertilizantes, en especial sobre la empresa Green Point y su oferta de productos?



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2024).

A partir de los resultados obtenidos es posible identificar que existe un desconocimiento frente al papel de la empresa Green Point como productora y comercializadora extranjera de fertilizantes, así como de la oferta de productos que esta brinda a los mercados internacionales. Esto se ve reflejado en la medida en que solo un 5% de la muestra encuestada tiene conocimientos sobre la empresa extranjera y su actividad económica; mientras que el otro 95% manifestó no tener conocimientos en cuanto a la empresa y la función que esta desempeña en la producción de fertilizantes.

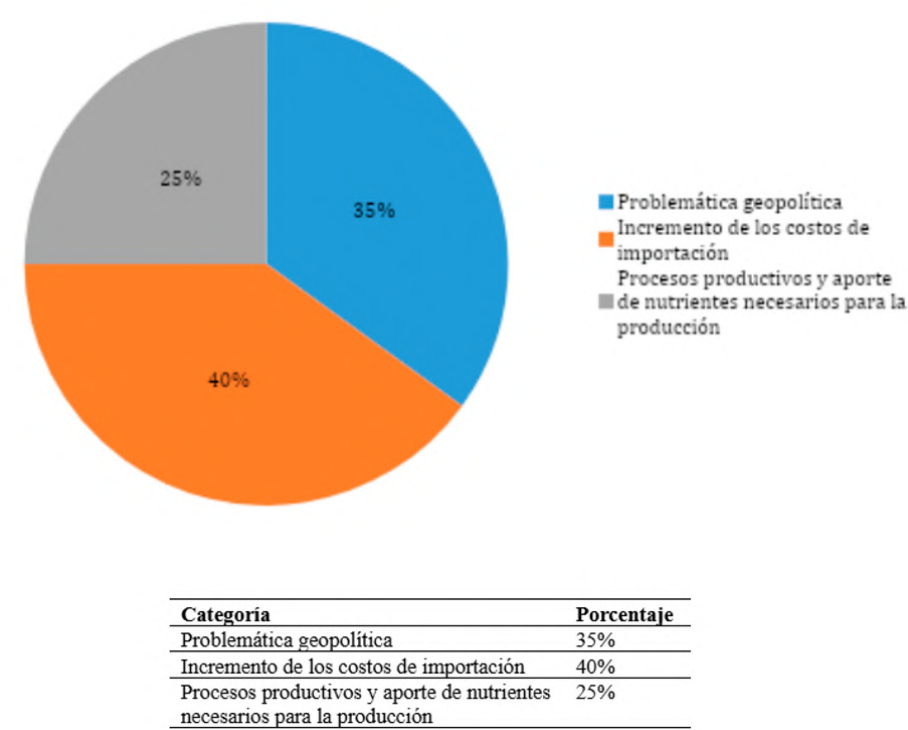
Tabla 13. Relación entre la población encuestada y los resultados obtenidos

¿Podrías explicarnos qué sabes sobre la comercialización de fertilizantes en Colombia? No.3		
Disposición	Cantidad de población encuestada	Porcentaje
Problemática geopolítica	7	35%
Incremento de los costos de materia prima	8	40%
Mejora los procesos productivos y aporta nutrientes necesarios a las áreas asignadas para la producción	5	25%
Total	20	100%

Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2024).

Figura 11. Conocimiento sobre la comercialización de fertilizantes en Colombia

Recuento 3. ¿Podrías explicarnos qué sabes sobre la comercialización de fertilizantes en Colombia?



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2024).

Durante el proceso de codificación fue posible englobar las respuestas obtenidas en tres conocimientos comunes en cuanto a la comercialización de fertilizantes a nivel nacional. Así, del total de, recuento cualitativo una representación del 40% manifiesta reconocer que dentro de los procesos de comercialización de fertilizantes a nivel nacional se han registrado aumentos en cuanto a los costos de esta materia prima; seguido de un 35%, que reconocen que existe una problemática de tipo geopolítica que limita el ingreso normal de este tipo de insumos a nivel nacional, teniendo como resultado la disminución de la dinámica de comercialización minorista; finalmente, el 25% restante, basa sus conocimientos en los beneficios que la comercialización de fertilizantes puede aportar a los procesos productivos, como lo son los aportes de nutrientes esenciales a la áreas de producción agrícola, mejorando por ende, la calidad de los cultivos al aumentar sus capacidades nutricionales productivas.

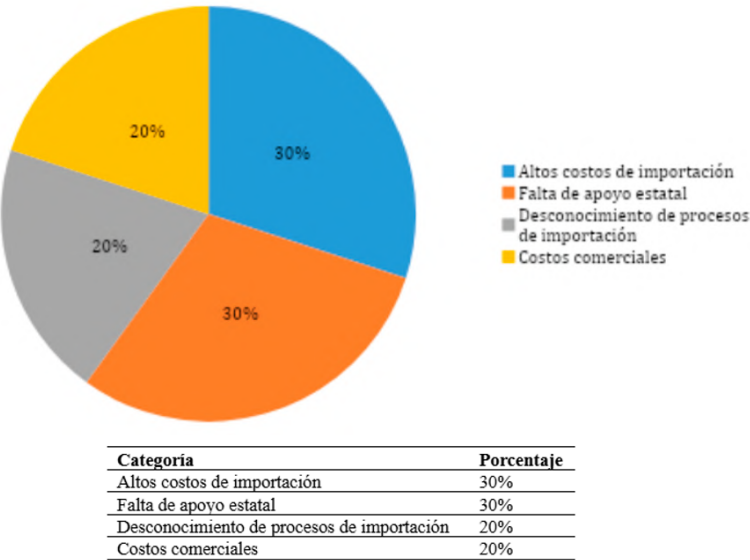
Tabla 14. Relación entre la población encuestada y los resultados obtenidos

¿Cuáles crees que son los principales desafíos que enfrentan las PYMES encargadas de la comercialización de fertilizantes en La Guajira, para acceder a insumos esenciales como los fertilizantes? No.4		
Disposición	Cantidad de población encuestada	Porcentaje
Altos costos de importación	6	30%
Falta de apoyo estatal	6	30%
Desconocimiento de aspectos de importación	4	20%
Limitantes institucionales para los permisos comerciales	4	20%
Total	20	100%

Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2024).

Figura 12. Principales desafíos de las PYMES para acceder a insumos agrícolas como fertilizantes

Recuento 4. ¿Cuáles crees que son los principales desafíos que enfrentan las PYMES encargadas de la importación y comercialización de fertilizantes agrícolas en La Guajira, para acceder a insumos agrícolas como los fertilizantes?



Nota. Elaboración propia por parte de los autores (2024).

Las entrevistas evidenciaron un gran desconocimiento previo frente a la empresa Green Point, en donde solo una fracción mínima de los encuestados tenía referencia de ella, vinculada a procesos de investigación. Sin embargo, todos reconocen la relevancia estratégica de contar con nuevos proveedores internacionales de fertilizantes, especialmente frente al aumento de precios de esta materia prima, los conflictos geopolíticos y la reducción de la oferta por parte de actores tradicionales como Rusia. Entre los principales desafíos para las PYMES agrícolas de La Guajira se identificaron los altos costos de importación, la falta de apoyo estatal, el desconocimiento de procesos de importación directa y las limitaciones institucionales para la obtención de permisos comerciales.

Respecto a los efectos de los precios internacionales de fertilizantes, los entrevistados señalaron tres impactos centrales: reducción de la competitividad de la economía agrícola, mayor dependencia de insumos importados y presión inflacionaria sobre el sector. En este contexto, la mayoría considera que un plan de comercialización con Green Point podría contribuir al desarrollo económico regional, reducir costos de adquisición para las minoristas y disminuir la dependencia de distribuidores mayoristas, siempre que se logre una relación directa con el productor extranjero.

No obstante, también identifican factores que podrían limitar la implementación del plan: competencia de proveedores ya establecidos, posible desinterés de algunas minoristas, insuficiencia de infraestructura de distribución en ciertas zonas y persistencia de la volatilidad de precios internacionales. Como respuesta, proponen estrategias concretas como establecer acuerdos de compra sólidos con el proveedor; ampliar la red de distribución local; implementar acciones de marketing mix y utilizar herramientas de marketing digital para posicionar el producto.

La integración de encuestas y entrevistas dio lugar a la construcción de una matriz DOFA. Entre las fortalezas se destacan: posibilidad de intercambio directo con el productor, reducción de costos de insumos, competitividad en precios de comercialización, calidad garantizada de los fertilizantes, variedad de productos según necesidades productivas, interés de las minoristas, infraestructura existente para almacenamiento y venta, capacidad de adaptación de los clientes y potencial de capacitación técnica. Entre las debilidades figuran el desconocimiento específico sobre el uso óptimo de los fertilizantes españoles, la falta de experiencia en acuerdos internacionales directos, presupuestos limitados para promoción, falta de cohesión entre actores locales, desconocimiento detallado de necesidades del cliente final y obstáculos burocráticos para la importación.

Tabla 15. Matriz DOFA frente al proceso con la empresa Green Point

Debilidades	Oportunidades
- Desconocimiento específico de maximización del rendimiento de los fertilizantes de origen español. - Carencia de experiencia en acuerdos comerciales internacionales directos. - No se cuenta con un presupuesto amplio para la implementación de estrategias de promoción y publicidad en el territorio local. - Falta de cohesión entre los actores locales.	- Búsqueda de nuevas alternativas comerciales posconflicto. - Reducción de la dependencia comercial actual. - Aumento de índices de competitividad en el sector. - Reducción de los costos de producción en el sector. - Incremento de la producción agrícola. - Contribuciones a la sostenibilidad del sector.

- Se desconocen las necesidades específicas del cliente final en cuanto a tiempo y cantidades de fertilizante requerido para su producción de acuerdo al producto. - Obstáculos burocráticos que retrasan el ingreso del producto al territorio nacional.		
Fortalezas		Amenazas
- Intercambio de insumos de manera directa con el productor. - Reducción de los costos de insumos. - Competitividad en precio de comercialización. - Calidad garantizada de los fertilizantes. - Variedad de insumos de acuerdo a la necesidad productiva. - Interés de comercialización por parte de las minoristas. - Las minoristas cuentan con infraestructura para la comercialización y almacenamiento del insumo. - Capacidad de adaptación de los clientes finales con los productos. - Capacitación sobre conocimientos técnicos del producto.		- Se pueden presentar regulaciones ambientales que mitiguen la emisión de los transportes marítimos internacionales. - Volatilidad en la tasa de cambio que puede afectar los costos de insumo. - Nuevas políticas gubernamentales colombianas direccionadas a la importación de productos agroquímicos. - Cambios en las políticas comerciales españolas que restringen el suministro de los productos en el mercado internacional. - Interrupciones logísticas que afectan la cadena de suministro internacional. - Incrementos de los costos generales de insumos agrícolas. - Fenómenos climáticos que pueden reducir la demanda de fertilizantes.
	Fortalezas	Debilidades
Factores internos	F1.Intercambio de insumos de manera directa con el productor.	D1.Desconocimiento específico de maximización del rendimiento de los fertilizantes de origen español.
	F2.Reducción de los costos de insumos.	D2.Carencia de experiencia en acuerdos comerciales internacionales directos.
	F3.Competitividad en precio de comercialización.	D3.No se cuenta con un presupuesto amplio para la implementación de estrategias de promoción y publicidad en el territorio local.

	F4.Calidad garantizada de los fertilizantes.	D4.Falta de cohesión entre los actores locales.
	F5.Variedad de insumos de acuerdo a la necesidad productiva.	D5.Se desconoce las necesidades específicas del cliente final en cuanto a tiempo y cantidades de fertilizante requerido para su producción de acuerdo al producto.
	F6.Interés de comercialización por parte de las minoristas.	D6.Obstáculos burocráticos que retrasan el ingreso del producto al territorio nacional.
	F7.Las minoristas cuentan con infraestructura.	
	F8.Capacidad de adaptación de los clientes finales con los productos.	
	F9.Capacitación sobre conocimientos técnicos del producto.	
Oportunidades	Estrategia FO	Estrategia DO
O1. Búsqueda de nuevas alternativas comerciales posconflicto.	Ofrecer un portafolio de productos que atiendan a las necesidades productivas con precios que se acomoden a su poder adquisitivo.	Crear alianzas logísticas con productores locales para asegurar la disponibilidad del producto en zonas de producción rural.
O2. Reducción de la dependencia comercial actual.		
O3. Aumento de índices de competitividad en el sector.		
O4. Reducción de los costos de producción en el sector.		
O5. Incremento de la producción agrícola.		
O6. Contribuciones a la sostenibilidad del sector.		
Amenazas	Estrategia FA	Estrategia DA
A1. Se pueden presentar regulaciones ambientales que busquen mitigar la emisión de los transportes marítimos internacionales.	Negociar compras conjuntas entre minoristas para obtener mejores precios de comercialización.	Utilizar marketing digital para lograr el posicionamiento de los productos.

A2. Volatilidad en la tasa de cambio que puede afectar los costos de insumo.		
A3. Nuevas políticas gubernamentales colombianas direccionadas a la importación de productos agroquímicos.		
A4. Cambios en las políticas comerciales españolas que restringen el suministro de los productos en el mercado internacional.		
A5. Interrupciones logísticas que afectan la cadena de suministro internacional.		
A6. Incrementos de los costos generales de insumos agrícolas.		
A7. Fenómenos climáticos que pueden reducir la demanda de fertilizantes.		

Nota. Elaboración propia por parte de los autores.

En el entorno externo, las oportunidades identificadas incluyen la búsqueda de nuevas alternativas comerciales posconflicto, la posibilidad de reducir la dependencia de proveedores actuales, el aumento de la competitividad sectorial, la reducción de costos de producción, el incremento de la producción agrícola y la contribución a la sostenibilidad. Entre las amenazas se encuentran posibles regulaciones ambientales sobre transporte marítimo, volatilidad de la tasa de cambio, cambios en políticas de importación colombianas, modificaciones en las políticas comerciales españolas, interrupciones logísticas, incrementos de costos de insumos y fenómenos climáticos que afecten la demanda de fertilizantes.

En plaza (distribución), la estrategia central consiste en crear alianzas logísticas con productores locales y utilizar a Todo AGR Guajira —ubicada en Riohacha— como primer punto estratégico de comercialización, aprovechando su reconocimiento, su propuesta de valor basada en la sostenibilidad agro y su cercanía a los principales corregimientos y municipios productores del departamento. Esta ubicación facilita el acceso de los agricultores a los fertilizantes y puede servir como modelo replicable para otras minoristas interesadas en integrarse al canal de distribución.

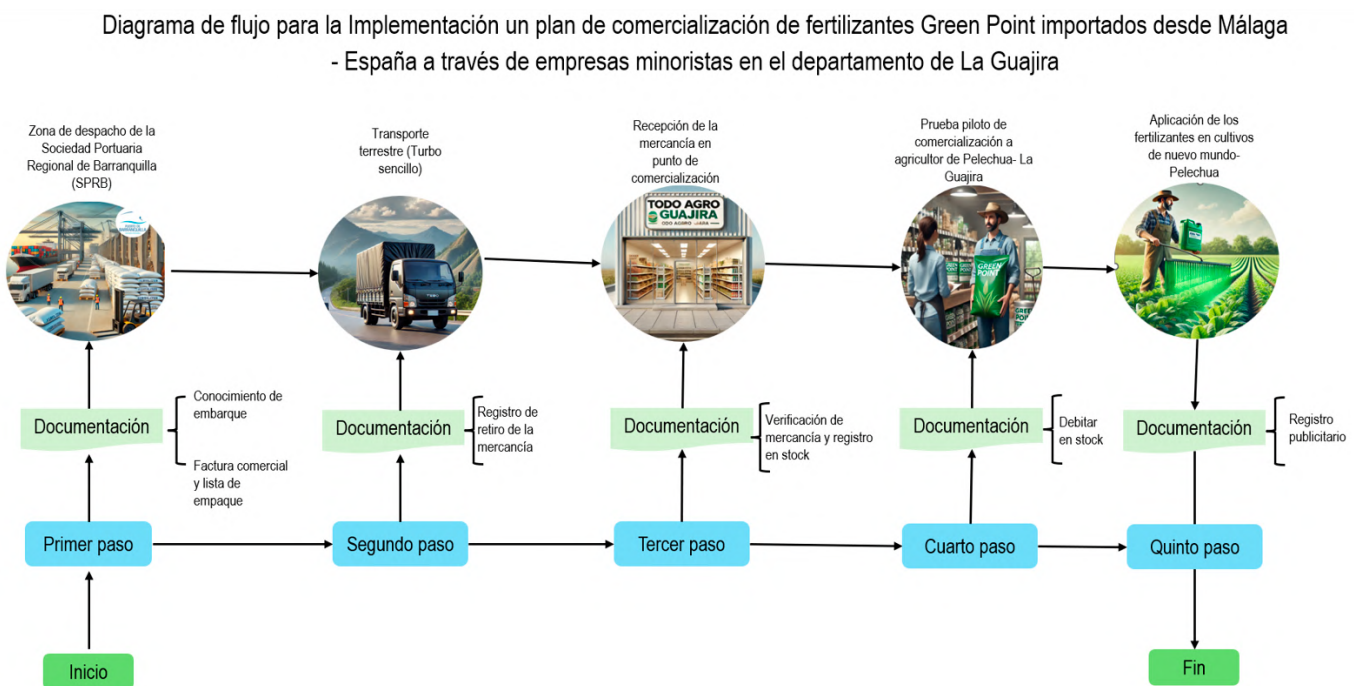
En promoción, se plantea utilizar el marketing digital para lograr el posicionamiento de los productos orgánicos de Green Point. La microempresa Todo AGR Guajira desarrollará contenidos periódicos en redes sociales (imágenes, *reels*, *lives*), resaltando los beneficios de los fertilizantes para el crecimiento, la floración y la sanidad de los cultivos, aprovechando las

métricas de plataformas como Facebook, TikTok e Instagram para monitorear la interacción, ajustar los mensajes y reforzar la recordación de marca y producto en el segmento objetivo.

Desde el punto de vista operativo, el plan contempla un flujo logístico claro: recepción de la mercancía en la Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla, verificación documental (conocimiento de embarque, factura, lista de empaque), registro de retiro, transporte terrestre hasta Riohacha, ingreso a inventario en Todo AGR Guajira y comercialización directa con productores locales. En la fase inicial se prevé el trabajo conjunto con un productor de la zona de Pelechúa, aplicando los fertilizantes en cultivos de plátano, auyama, sandía y papaya, registrando los resultados agronómicos como insumo para acciones de mercadeo y demostración de resultados en campo.

Teniendo en cuenta que el objetivo general de la presente investigación se basa en la implementación de un plan de comercialización de fertilizantes Green Point importados desde Málaga, España a través de empresas minoristas en el departamento de La Guajira. Por ello, se presenta el siguiente diagrama de flujo como respuesta al proceso de aplicación del plan de comercialización de fertilizantes de origen español en el departamento de la Guajira.

Figura 13. Diagrama de flujo para la implementación del plan de comercialización



Nota. Elaboración propia por parte de los autores.

Como primera medida se inicia con la recepción de la mercancía en la zona de despacho de la Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla (SPRB), por medio de la presentación de la documentación de conocimiento de embarque, factura comercial y lista de empaque. Una vez aprobado, se lleva a cabo el registro de retiro de la mercancía e inicia el proceso de transporte a su lugar de destino Riohacha, La Guajira, vía terrestre. Posterior a la recepción de la mercancía en el punto de comercialización Todo AGR de La Guajira, en el mercado nuevo vía Valledupar, se verifican las cantidades y productos, para ser registradas en el inventario digital del almacén. Asimismo, el ingeniero agrónomo encargado de la comercialización se comunica con el señor Edilberto Manuel Guerrero Vizcaíno originario del sector Nuevo Mundo, corregimiento de Pelechua, La Guajira, quien produce plátano, auyama, sandía y papaya de manera limpia, para llevar a cabo la comercialización formal de los

productos orgánicos, los cuales ofrecen aportes de macronutrientes primarios y secundarios necesario para fortalecer raíces, promover floración y fructificación de los cultivos vegetales y frutales.

Una vez organizados los productos bajo las indicaciones del ingeniero, se llevarán registros periódicos de los cambios y beneficios obtenidos; a través, de la aplicación de los productos por parte del cliente, tanto en cultivos frutales como micáceos y hortalizas, en alianza con la minorista con el objetivo de compartir el contenido de marketing que se requiere para el posicionamiento de los productos orgánicos.

CONCLUSIONES

El escenario de actividades comerciales relacionadas con la comercialización de fertilizantes agrícola en Colombia, cuenta con una alta dependencia de las importaciones de los mismos al carecer una oferta nacional. Las importaciones de fertilizantes en mercados internacionales se ha visto afectada por el conflicto entre los países Rusia y Ucrania, principales proveedores del insumo en el territorio nacional, afectando a los departamentos que se dedican o promueven dentro de sus actividades productivas la agrícola; bajo este panorama nace la importancia de que las empresas minoristas busquen alternativas de adquisición de los insumos que favorecen a los procesos de producción agrícola, con el fin de dejar de depender de la oferta implementada por intermediarios e iniciar a acceder a opciones a través del comercio exterior de forma directa.

El departamento de La Guajira no es ajeno a las dinámicas y desafíos que actualmente enfrenta el sector agrícola. En este contexto, y con el propósito de contribuir a la superación de las limitaciones que experimentan las empresas minoristas dedicadas a la comercialización de fertilizantes en la región, surge la posibilidad de establecer nuevas relaciones comerciales mediante una alianza estratégica con la empresa Green Point, ubicada en España. Esta compañía ofrece facilidades para la consolidación de acuerdos comerciales orientados al suministro directo de fertilizantes, garantizando precios competitivos y estándares de calidad acordes con las necesidades del mercado.

A partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación de encuestas a minoristas cuya actividad económica se centra en la comercialización de fertilizantes, así como de entrevistas realizadas a profesionales del sector, se evidenció que las pequeñas y medianas empresas agrícolas del departamento de La Guajira muestran disposición para implementar un plan de comercialización conjunto con la empresa Green Point, con el fin de fortalecer y optimizar sus procesos comerciales.

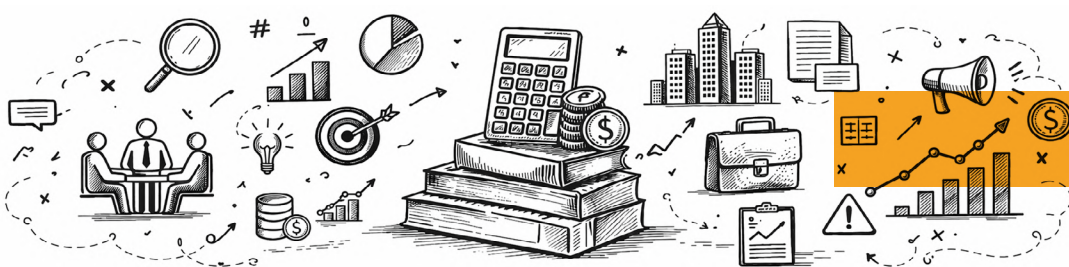
Asimismo, las empresas minoristas manifestaron un interés significativo en establecer alianzas comerciales estratégicas con Green Point como proveedor directo, considerando que la propuesta presentada se ajusta a los productos que actualmente comercializan. Adicionalmente, el plan ofrece ventajas relevantes, entre las que se destacan la flexibilidad en la frecuencia de compra, la eliminación de intermediarios y la posibilidad de acceder a precios más competitivos, lo que contribuye a la reducción de los costos de adquisición y comercialización.

Estas condiciones representan un beneficio importante para los productores agrícolas del departamento de La Guajira, quienes podrían acceder a insumos de calidad a través de los distribuidores minoristas a precios más asequibles. En consecuencia, se favorece la sostenibilidad y viabilidad financiera de sus actividades productivas, contribuyendo al fortalecimiento del sector agrícola regional.

Congruentemente, las empresas minoristas reconocen la viabilidad del fertilizante en el mercado, esto a raíz de que poseen la capacidad logística suficiente y se encuentran integradas en el mercado, por lo que no requieren de la creación de nuevos canales de valor y de distribución del producto. No obstante, están dispuestas a establecer canales de

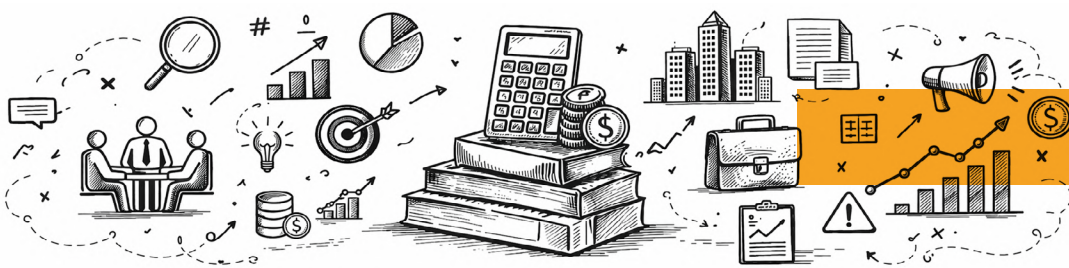
comunicación eficientes en pro del posicionamiento del producto, lo que facilita el desarrollo del plan. Por otra parte, la cultura de consumo y el segmento existente en el mercado presentan capacidad de adaptación al producto, lo que genera una ventaja competitiva al permitir a las minoristas ofrecer un producto de calidad capaz de mejorar los márgenes de ganancia bajo su contexto actual.

Por otro lado, teniendo en cuenta los aportes suministrados a través de las entrevistas, se ratifica que el estado actual de los precios de los fertilizantes se ve marcado por una dependencia de insumos importados que reduce la competitividad del sector, lo que genera una inflación agrícola al incrementar los precios de los productos y de los procesos productivos. Asimismo, la falta de apoyo estatal y los limitantes institucionales para otorgar permisos comerciales obstaculizan estos procesos, por lo que acceder a procesos de comercialización de fertilizantes a través de la empresa productora Green Point se convierte en una oportunidad para mermar las limitaciones antes mencionadas. Además, este plan podría aportar al sector agrícola mediante el incremento de la producción agrícola, la reducción de los costos de producción, el aumento de la competitividad, la diversificación de los cultivos, la estabilidad económica de los productores y el acceso a una mejor calidad de vida. Congruentemente, se alcanzaría un desarrollo rural sostenible acompañado de un desarrollo económico regional.



REFERENCIAS

- Acurio Conteron, A. A. (2021). Plan de comercialización de fertilizante orgánico sustentada en la recuperación verde: Caso “El Samangueño” [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]. Repositorio Institucional UNE.
- Cárdenas, M. (2022). The economic impact of the war in Ukraine on Latin America and the Caribbean. United Nations Development Programme (UNDP).
- Carhuancho Mendoza, R. E., & Nolzco Labajos, F. (2019). Diagnóstico de la cadena logística internacional de fertilizantes NPK a granel importados en el Perú [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio UPC.
- Castellanos Bastidas, L. H., & Quijano Gómez, M. A. (2022). Estrategias de mercadeo y distribución de fertilizantes en Colombia.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2023). Lights and shadows of the war in Ukraine: Impacts on Latin America and the Caribbean. CEPAL.
- Espinoza, M. A., & Gallegos, D. D. P. (2019). El benchmarking como herramienta de mejora continua en las organizaciones. Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento, 3(2), 689–708.
- Feria Avila, H., Matilla González, M., Mantecón Licea, S., & González Pérez, G. (2020). La entrevista y la encuesta. Didasc@lia: Didáctica y Educación, 11(3), 193–212.
- Granados, L. C., & González, T. J. (2022). Situación actual y perspectivas del mercado de fertilizantes en el mundo. Boletín El Palmicultor, 605(julio), 8–9.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- La República. (2022, 24 de febrero). De los fertilizantes usados en el agro colombiano 42% provienen de Rusia y Ucrania. La República.
- López-Pinto Ruíz, B. (2008). La esencia del marketing. ESIC Editorial.
- Molinillo Jiménez, S. (2014). Distribución comercial aplicada (2.ª ed.). ESIC Editorial.



REFERENCIAS

- Munuera Alemán, J. L., & Rodríguez Escudero, A. I. (2020). Estrategias de marketing: Un enfoque basado en el proceso de dirección (3.ª ed.). ESIC Editorial.
- Porral, C., & Stanton, J. L. (2017). Principles of marketing. ESIC Editorial.
- Porter, M. E. (1985). Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance. Free Press.
- Ramírez Molina, R. I., Ríos-Pérez, J. D., Lay Raby, N. D., & Ramírez Molina, R. J. (2021). Cadenas de valor agroalimentarias y competitividad: Una revisión conceptual. Revista de Investigación en Ciencias Agrarias, 18(2), 45–62.
- Soledispa, M. L. F., Bozada, S. P. T., & Cercado, M. D. P. Q. (2020). Marketing mix y posicionamiento de las Pymes comerciales. Revista Científica FIPCA EC, 5(1), 472–491.
- Veliz, T. G. B., Ávila, D. A. C., & Bustamante, R. Y. S. (2021). El benchmarking como herramienta de gestión estratégica en las organizaciones. Revista Universidad y Sociedad, 13(6), 215–224.

Innovación, seguridad y sostenibilidad: perspectivas interdisciplinarias en la gestión organizacional del siglo XXI es una obra que reúne seis investigaciones en las cuales se exploran los desafíos y oportunidades que enfrentan las organizaciones contemporáneas en un entorno marcado por la transformación tecnológica, la sostenibilidad y la búsqueda de mayor competitividad. A través de estudios sobre ergonomía laboral, percepción del riesgo ocupacional, accesibilidad digital, inteligencia artificial aplicada a la gestión organizacional y estrategias de comercialización en el sector agrícola, la obra ofrece una visión integral de las dinámicas que configuran el presente y el futuro de diferentes sectores productivos. Sus aportes evidencian la importancia de articular innovación, bienestar humano y desarrollo sostenible para construir organizaciones más seguras, inclusivas, eficientes y socialmente responsables.



TEINCO
INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR
VIGILADA MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

