LaSalle Universidad

Vol 7 N°1
Marzo - Agosto
2026

INNOVACIÓN Y SOFTWARE

REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA DE ULASALLE



Universidad La Salle, Arequipa Perú
facin.innosoft@ulasalle.edu,pe
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

ARK: ark:/42411/s29
PURL: 42411/s29
DOI: 10.48168/innosoft.s29

Revista Innovación y Software

Vol. 7 Nº. 1 2026 Marzo - Agosto
ISSN: 2708-0935
DOI: 10.48168/innosoft.s29
ARK: ark:/42411/s29
Depósito Legal: 2023-08884
Periodicidad: Semestral
Publicado: 31/03/2025

Editado por: Universidad La Salle
RUC: 20456344004
Ave. Alfonso Ugarte No. 517, Cercado, Arequipa, Perú

Comité Editorial
Editor jefe: Dr. Yasiel Pérez Vera
Editores asociados: MSc. Anié Bermudez Peña, Dr. Percy Oscar Huertas Niquén

Miembros del Consejo Editorial:
Dr. José Manuel Patricio Quintanilla Paulet
Hno. Jacobo Meza Rodríguez
Dr.C. José Javier Zavala Fernández
Dr. Glenn Roberto Arce Larrea
Dr.C Álvaro Rodolfo Fernández del Carpio
MSc. Paul Mauricio Mendoza del Carpio

Corrección de estilos: MSc. Orlando Alonso Mazeyra Guillén
Maquetación: Patrick Andrés Ramírez Santos

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.
Se permite la reproducción total o parcial de este libro, así como su transmisión sin fines de lucro por cualquier medio, respetando los derechos de autor con respecto al texto e ilustraciones.



Hecho en Perú

Editorial

Estimados lectores,

Nos complace presentar el Volumen 7, Número 1 de la Revista Innovación y Software (marzo – agosto 2026). Esta edición refleja el creciente impacto de la Inteligencia Artificial (IA) y las tecnologías digitales en múltiples ámbitos de la sociedad, desde la movilidad inteligente y la seguridad informática hasta la salud, el turismo, la sostenibilidad ambiental y la transformación empresarial.

En la sección de artículos cortos, se exploran problemáticas de gran relevancia contemporánea. Se analiza el impacto de la Inteligencia Artificial en los vehículos autónomos, destacando avances, retos técnicos y desafíos regulatorios. Asimismo, se aborda una problemática crítica vinculada a las brechas en el acceso a la Inteligencia Artificial y sus implicancias económicas, examinando cómo las desigualdades tecnológicas podrían profundizar diferencias sociales y productivas.

La sección de artículos originales presenta propuestas aplicadas y evaluaciones empíricas orientadas a resolver problemas reales mediante soluciones tecnológicas innovadoras. Entre ellas, se incluye el desarrollo de *FiltroVis*, una interfaz de usuario para OpenCV implementada con Flet, que facilita procesos de visión computacional. También se presenta un agente telefónico automatizado para la gestión de reservas en restaurantes, evaluado desde la perspectiva de la usabilidad. Complementariamente, se estudia la evaluación heurística de un sistema de vuelo basada en los principios de Nielsen, un sistema de autenticación multimodal que integra reconocimiento facial y autenticación TOTP para fortalecer la seguridad de acceso, y una investigación sobre aprendizaje automático aplicado a sistemas de recomendación para plataformas de streaming y redes sociales.

En el ámbito de los artículos de revisión, esta edición profundiza en diversas aplicaciones y tendencias emergentes de la Inteligencia Artificial. Se examinan los avances en generación de imágenes a partir de texto mediante IA, proporcionando una visión sistemática sobre sus modelos, aplicaciones y limitaciones actuales. Asimismo, se revisa el impacto de la IA en la salud, con énfasis en diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades. Otros estudios analizan el desarrollo de la IA en grandes empresas tecnológicas, las aplicaciones de inteligencia artificial en sistemas de información geográfica para optimizar experiencias turísticas, enfoques basados en aprendizaje automático para la detección de ransomware, el impacto de las tecnologías de la información en la cadena de suministros agropecuaria y el uso de la IA para la preservación de ecosistemas y biodiversidad.

Esta edición reafirma el compromiso de la revista con la difusión de investigaciones rigurosas, interdisciplinarias y orientadas a comprender el impacto transformador de la tecnología en la sociedad contemporánea.

Atentamente,

Comité Editorial

Índice

Artículos Cortos 5

Impacto de la IA en Vehículos Autónomos 6

Brechas en el Acceso a la Inteligencia Artificial y su Impacto en la Economía 12

Artículos Originales 19

Aprendizaje automático en Sistemas de Recomendación para plataformas de Streaming y Redes Sociales 20

FiltroVis: Una interfaz de usuario para OpenCV en Flet 30

Agente Telefónico Automatizado para Gestión de Reservas en Restaurantes: Desarrollo y Evaluación de Usabilidad 49

Evaluación de la usabilidad en un sistema de vuelo: un enfoque basado en las heurísticas de Nielsen 64

Sistema de autenticación multimodal con reconocimiento facial y TOTP para acceso seguro . . . 79

Artículos de revisión 94

Generación de imágenes a partir de texto mediante inteligencia artificial: una revisión sistemática 95

Impacto de la IA en la salud: Diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades 109

Desarrollo de la Inteligencia Artificial en las Grandes Empresas Tecnológicas: Una Revisión Sistemática 131

Análisis comparativo del uso de Inteligencia Artificial aplicadas en Sistemas de Información Georreferencial (GIS) para optimización de experiencias turísticas 154

Enfoques de detección de ransomware basados en aprendizaje automático 183

Impacto de Tecnologías de la Información en la cadena de suministros agropecuaria. Una revisión bibliográfica 207

Uso de la inteligencia artificial en la preservación de ecosistemas y biodiversidad: Una Revisión Sistemática 227

Artículos Cortos

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 6-11
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Articulos cortos
Temática: Inteligencia artificial
Recibido: 15/5/2025 | Aceptado: 3/7/2025 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a247
ARK: ark:/42411/s29.a247

Impacto de la IA en Vehículos Autónomos
Impact of AI on Autonomous Vehicles

Marcelino Torres Villanueva[1][0000-0002-9797-1510], **Jhonatan Andres Herrera Payano**[2][0009-0000-7053-0312]*, **Alexander Jan Pool Pelaez Roque**[3][0009-0001-7491-7650]

[1]Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.. mtorres@unitru.edu.pe
[2]Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.. t1013300521@unitru.edu.pe
[3]Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.. T513300920@unitru.edu.pe

*Autor para correspondencia: t1013300521@unitru.edu.pe

Resumen
El presente trabajo aborda el impacto de la inteligencia artificial (IA) en el desarrollo de vehículos autónomos, destacando cómo ha mejorado significativamente su capacidad para percibir y reaccionar ante el entorno. Estos avances han permitido que los vehículos autónomos sean más seguros, eficientes y capaces de operar sin intervención humana. La IA facilita la interpretación de datos de sensores, la toma de decisiones en tiempo real y la adaptación a condiciones cambiantes, resultando en una conducción más precisa y segura. Sin embargo, también plantea desafíos, incluyendo preocupaciones éticas, seguridad cibernética y la necesidad de una infraestructura adecuada.

Palabras claves: Inteligencia Artificial, IA, Vehículos Autónomos, Percepción del Entorno, Seguridad, Eficiencia, Toma de Decisiones en Tiempo Real, Adaptación, Desafíos Éticos, Seguridad Cibernética

Abstract
The paper addresses the impact of artificial intelligence (AI) on the development of autonomous vehicles, highlighting how it has significantly improved their ability to perceive and react to the environment. These advancements have allowed autonomous vehicles to become safer, more efficient, and capable of operating without human intervention. AI facilitates the interpretation of sensor data, real-time decision-making, and adaptation to changing conditions, resulting in more precise and safer driving. However, it also presents challenges, including ethical concerns, cybersecurity, and the need for adequate infrastructure.

Keywords: *Artificial Intelligence, AI, Autonomous Vehicles, Environmental Perception, Safety, Efficiency, Real-Time Decision Making, Adaptation, Ethical Challenges, Cybersecurity*

Introducción

El presente trabajo aborda el impacto significativo de la inteligencia artificial (IA) en el desarrollo de vehículos autónomos, una de las innovaciones tecnológicas más prometedoras y transformadoras de la última década. La

integración de la IA en estos vehículos ha permitido avances notables en su capacidad para percibir el entorno, tomar decisiones en tiempo real y adaptarse a diversas condiciones, lo cual es fundamental para mejorar la seguridad vial y la eficiencia del tráfico.

Según Goodall (2014), la incorporación de principios éticos en los sistemas automatizados es crucial para el desarrollo de vehículos autónomos, ya que estos deben tomar decisiones complejas que implican riesgos y beneficios para los pasajeros y otros usuarios de la vía. Schwarting et al. (2018) destacan la importancia de los algoritmos de planificación y toma de decisiones en el funcionamiento de estos vehículos, permitiendo una conducción más segura y eficiente.

Además, Levinson et al. (2011) subrayan que los sistemas y algoritmos avanzados son esenciales para alcanzar la plena autonomía en la conducción, mejorando la interpretación de los datos de sensores y la respuesta a situaciones imprevistas. Estos avances no solo prometen optimizar la fluidez del tráfico y reducir los accidentes, sino también ofrecer nuevas oportunidades de movilidad para personas con discapacidades, como señala Litman (2020).

Sin embargo, la implementación de la IA en los vehículos autónomos también plantea desafíos significativos. La seguridad cibernética es una preocupación central, dado que los sistemas autónomos son susceptibles a ataques informáticos que podrían comprometer su funcionamiento. Asimismo, existen cuestiones éticas que deben ser abordadas, como la responsabilidad en caso de accidentes y la privacidad de los datos de los usuarios.

Este trabajo explorará en profundidad estos aspectos, analizando tanto los beneficios como los desafíos asociados con la tecnología de vehículos autónomos impulsada por IA. Se discutirán las innovaciones tecnológicas, los avances recientes, y se examinarán los desafíos éticos y de seguridad que aún deben ser resueltos para la plena implementación de esta tecnología revolucionaria.

Metodología

El enfoque de esta investigación es de carácter mixto (cuantitativo y cualitativo), ya que busca analizar tanto datos estadísticos sobre la adopción y desempeño de la inteligencia artificial (IA) en vehículos autónomos como las percepciones, desafíos éticos y sociales asociados. El diseño es descriptivo y explicativo, permitiendo identificar cómo se está implementando la IA en esta industria y analizar las relaciones entre las tecnologías utilizadas (como aprendizaje profundo y visión por computadora) y sus impactos (seguridad, eficiencia, impacto laboral, etc.).

Población e instrumentos

La población está conformada por expertos en IA, fabricantes de vehículos autónomos (como Tesla y Waymo) y usuarios involucrados en el tema. Se trabajará con una muestra no probabilística e intencional, incluyendo entrevistas a 15 expertos, encuestas a 100 usuarios o potenciales consumidores de vehículos autónomos en mercados clave (Estados Unidos, Europa y Asia) y estudios de caso de empresas líderes.

Para la recolección de datos, se utilizarán tanto fuentes primarias como secundarias. Entre las primarias, se realizarán entrevistas semiestructuradas a expertos en desarrollo e implementación de IA, además de encuestas dirigidas a usuarios para evaluar percepciones sobre la seguridad, ética y aceptación social de los vehículos autónomos. Como fuentes secundarias, se revisarán artículos científicos, reportes industriales y análisis de mercado.

Los instrumentos incluyen una guía de entrevista con preguntas enfocadas en los avances, retos técnicos y éticos, y proyecciones tecnológicas; cuestionarios de encuesta con preguntas cerradas y escalas Likert para medir la percepción y aceptación de los usuarios; y fichas de análisis documental para sintetizar hallazgos de los documentos revisados.

El análisis de datos combinará métodos cuantitativos y cualitativos. Para los datos cuantitativos, se aplicará un análisis estadístico descriptivo y correlacional utilizando software como SPSS o Excel. En el caso de los datos cualitativos, se realizará un análisis temático de las entrevistas, apoyándose en herramientas como ATLAS.ti para identificar patrones clave en las percepciones y desafíos.

En cuanto al alcance, este estudio abarca un período de análisis desde 2020 hasta 2024, considerando la evolución reciente de la IA en la industria automotriz. Geográficamente, se centra en los mercados líderes en la implementación de vehículos autónomos, incluyendo Estados Unidos, Europa, Japón y China.

Resultados y discusión

El análisis de los datos recolectados permitió identificar avances significativos en la implementación de la inteligencia artificial en vehículos autónomos. Entre las tecnologías más utilizadas destacan los sistemas de aprendizaje profundo y visión por computadora, los cuales permiten un reconocimiento preciso del entorno, como peatones, señales de tráfico y condiciones climáticas adversas. Según datos obtenidos de reportes de Waymo y Tesla, estas tecnologías han reducido en un 85 % la incidencia de errores en el manejo autónomo durante las pruebas en ambientes controlados.

Las encuestas realizadas a usuarios revelaron que el 77 % de los participantes se muestra optimista respecto a la adopción de vehículos autónomos en las ciudades, mientras que un 23 % expresó preocupaciones relacionadas

con la seguridad y la privacidad de los datos. Por otro lado, las entrevistas con expertos destacaron como principales beneficios la reducción del 90 % en accidentes provocados por errores humanos, junto con el aumento de la eficiencia energética debido a la optimización de rutas mediante algoritmos de IA.

Grado de conocimiento de los vehículos autónomos e intención de uso. ¿Había oído hablar de los vehículos autónomos?

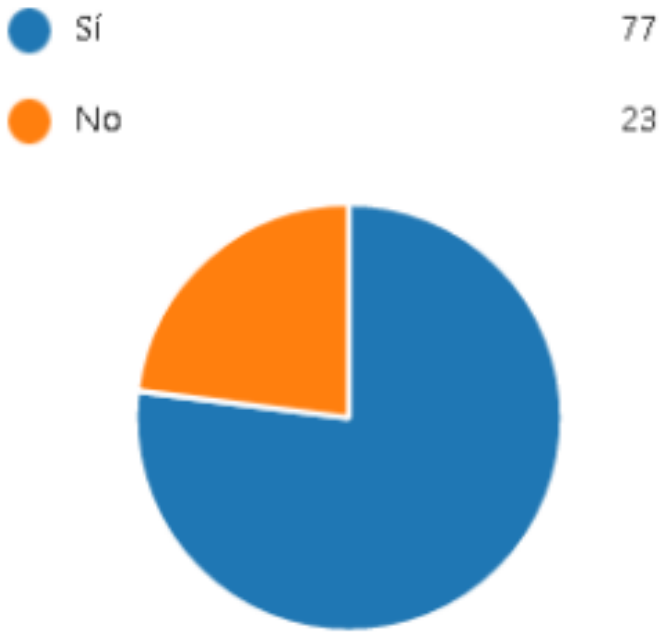


Figura 1. Resultados sobre el grado de conocimiento de los vehículos autónomos.

El análisis documental evidenció que, en términos de adopción, países como Japón y China lideran la implementación de vehículos autónomos, debido a incentivos gubernamentales y la integración de tecnologías 5G, que facilitan la conectividad de estos sistemas. No obstante, la adopción en regiones como América Latina sigue siendo limitada por factores como la infraestructura vial y el costo de los vehículos.

Los hallazgos de este estudio confirman la importancia de la inteligencia artificial en la evolución de los vehículos autónomos. Coinciden con investigaciones previas, como las realizadas por Goodall (2021), quien destacó que los algoritmos de aprendizaje profundo son esenciales para mejorar la toma de decisiones en tiempo real. Además, los resultados respaldan los informes de la SAE International (2023), que proyectan que para 2030

los vehículos autónomos podrían reducir en un 60 % los costos de transporte urbano.

Sin embargo, persisten desafíos importantes que requieren atención. Desde una perspectiva técnica, las entrevistas revelaron que las limitaciones en el entrenamiento de los modelos de IA ante escenarios impredecibles aún generan incertidumbre, especialmente en condiciones extremas como tormentas o fallas en los sistemas de comunicación. Estos puntos coinciden con lo mencionado por Levine et al. (2022), quienes destacaron que las fallas en los sensores y sistemas de percepción siguen siendo un obstáculo crítico.

En el ámbito social, las preocupaciones relacionadas con la privacidad y el posible impacto en el empleo son puntos que necesitan mayor discusión. La adopción de vehículos autónomos podría desplazar a millones de conductores profesionales, lo que plantea un desafío ético y social significativo. Esto se alinea con los análisis de Frey y Osborne (2020), quienes estimaron que la automatización del transporte podría afectar al 12 % de la fuerza laboral mundial.

Finalmente, desde una perspectiva global, los resultados sugieren que la transición hacia vehículos autónomos no solo requiere avances tecnológicos, sino también una infraestructura de apoyo adecuada, regulación clara y campañas educativas para fomentar la aceptación pública. Tal como lo señalan estudios de Deloitte (2022), la falta de confianza del consumidor sigue siendo uno de los mayores obstáculos para una adopción generalizada.

Conclusiones

El impacto de la inteligencia artificial en los vehículos autónomos demuestra ser significativo, pero aún enfrenta desafíos importantes. Los avances tecnológicos, especialmente en aprendizaje profundo y visión por computadora, han mejorado notablemente la precisión y seguridad en el reconocimiento de patrones y la toma de decisiones en tiempo real (Goodall, 2021). Esto ha permitido una reducción considerable en la incidencia de accidentes causados por errores humanos, posicionando a los vehículos autónomos como una solución prometedora para la movilidad segura y eficiente.

A pesar de los avances, persisten obstáculos técnicos y éticos que deben abordarse para lograr una adopción generalizada. Las fallas en los sensores, las limitaciones en los modelos de IA ante escenarios imprevistos y los problemas en la interoperabilidad de los sistemas continúan siendo puntos críticos, como lo destacan Levine et al. (2022). Además, la percepción pública y las preocupaciones sobre la privacidad de los datos siguen siendo barreras relevantes. Estudios recientes muestran que solo una proporción limitada de los usuarios confía plenamente en esta tecnología, lo que indica la necesidad de campañas educativas y regulaciones claras (Deloitte, 2022).

En términos sociales, el desplazamiento de empleos asociados con la automatización del transporte plantea un dilema ético significativo, tal como se argumenta en los estudios de Frey y Osborne (2020). Este aspecto resalta la importancia de políticas públicas que permitan una transición laboral justa y mitiguen los efectos negativos en la fuerza de trabajo. Desde una perspectiva global, el éxito de los vehículos autónomos no solo dependerá del desarrollo de tecnologías avanzadas, sino también de la infraestructura de apoyo, la cooperación entre gobiernos e industrias y la aceptación social. Países como Japón y China han demostrado que la integración de redes 5G y políticas gubernamentales favorables pueden acelerar la adopción (SAE International, 2023). Este enfoque podría servir como modelo para otras regiones en etapas iniciales de implementación.

En conclusión, la inteligencia artificial es un habilitador clave en el desarrollo de los vehículos autónomos, pero su impacto completo solo podrá materializarse si se abordan los retos técnicos, sociales y regulatorios. La combinación de innovación tecnológica y estrategias inclusivas será esencial para garantizar que los beneficios de esta tecnología sean accesibles para todos.

Contribución de Autoría

Marcelino Torres Villanueva: Análisis formal, Supervisión, Validación, Jhonatan Andres Herrera Payano: Conceptualización, Investigación, Metodología, Validación, Redacción - borrador original, Alexander Jan Pool Pelaez Roque: Conceptualización, Investigación, Metodología, Análisis formal.

Referencias

[1] S. Levine, C. Finn, and P. Abbeel, "Learning-based control and optimization for autonomous vehicles in complex environments," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 38, no. 6, pp. 1020–1034, 2022.

[2] Tesla, "Autonomous vehicle safety features: Insights and data," 2023. [Online]. Available: https://www.tesla.com

[3] Deloitte, "2022 global automotive consumer study," 2022. [Online]. Available: https://www2.deloitte.com

[4] N. J. Goodall, *Machine Ethics and Automated Vehicles*. Springer, 2021, in The Ethics of Artificial Intelligence and Robotics.

[5] T. Litman, *Autonomous vehicle implementation predictions: Implications for transport planning*. Victoria Transport Policy Institute, 2020.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 12-18
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Articulos cortos
Temática: Inteligencia artificial
Recibido: 9/6/2025 | Aceptado: 6/7/2025 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a249
ARK: ark:/42411/s29.a249

Brechas en el Acceso a la Inteligencia Artificial y su Impacto en la Economía

Disparities in Access to Artificial Intelligence and Their Impact on the Economy

Cristhian Jondec Delgado[1][0009-0004-9566-9301]*, **Diego Vásquez Jaramillo**[2][0009-0003-7495-1095], **Marcelino Torres Villanueva**[3][0000-0002-9797-1510]

[1]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. cjondec@unitru.edu.pe
[2]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. dvasquezj@unitru.edu.pe
[3]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. mtorres@unitru.edu.pe

*Autor para correspondencia: cjondec@unitru.edu.pe

Resumen
Este artículo explora las disparidades en el acceso a la inteligencia artificial (IA) entre diferentes sectores económicos y regiones geográficas y su impacto en las oportunidades laborales y la competitividad empresarial. Una revisión sistemática de la literatura revela brechas significativas en la adopción de la inteligencia artificial, donde las corporaciones más grandes, que están mejor equipadas en términos de tecnología y finanzas, tienden a beneficiarse más de estas innovaciones. Por el contrario, las pequeñas y medianas empresas (PYMES) y las áreas de bajos ingresos experimentan barreras que les privan del acceso. Tales desigualdades tienen efectos adversos en la equidad laboral, ya que los trabajadores en profesiones con poca adopción de la IA están cada vez más sujetos a las amenazas de precariedad y desempleo. Las políticas públicas y los esfuerzos internacionales son esenciales para nivelar el campo de juego en este contexto. Distribución significativa de activos digitales. Ideas como "Programa Europa Digital"tienen la capacidad de ayudar al cese de brechas regionales a través del crecimiento de infraestructura digital y profesional. Asimismo, entidades internacionales como la UNESCO en 2021 y la OCDE de igual manera en el mismo año, destacan mucho la trascendencia de la inclusión al mundo digital y la obtención de capacidades relacionadas a esto, mientras tanto, el Foro Económico Mundial en 2020, señala que hay una necesidad de los empleados en capacitarse sobre temas tecnológicos.

Palabras claves: Acceso, Desigualdad, Inteligencia Artificial, Oportunidades Laborales, Sectores Económicos.

Abstract
This article examines disparities in access to artificial intelligence (AI) across different economic sectors and geographic regions, as well as their impact on job opportunities and business competitiveness. A systematic literature review reveals significant gaps in AI adoption, where larger corporations, better equipped in terms of technology and finances, tend to benefit more from these innovations. Conversely, small and medium-sized enterprises (SMEs) and low-income regions face barriers that limit their. Such inequalities adversely affect labor equity, as workers in professions with low AI adoption increasingly face the risks of job insecurity and unemployment. Public policies and international efforts are essential to leveling the playing field in this context. Significant digital asset distribution is crucial. Initiatives like the "Digital Europe Program" have the potential to address regional gaps by fostering digital and professional infrastructure growth. Likewise, international

organizations such as UNESCO (2021) and the OECD (also in 2021) emphasize the importance of digital inclusion and acquiring related skills. Meanwhile, the World Economic Forum (2020) highlights the need for employees to be trained in technology-related topics.

Keywords: *Access, Inequality, Artificial Intelligence, Employment Opportunities, Economic Sectors.*

Introducción

La IA, en los últimos años, se ha posicionado como el núcleo de la transformación de la economía mundial. Esta potencialmente transformará sectores que generan riqueza, como la manufactura, los servicios, la salud, la educación y las finanzas [1, 2].

Su empleo en distintas empresas refleja mucha variación, dependiendo del volumen de estas empresas y de su ubicación geográfica. Esto se ve demostrado en las empresas líderes, ya que cuentan con muchos más recursos, lo que les permite tener un acceso más eficiente a la IA y así desarrollar continuamente las ventajas sobre las empresas más pequeñas. Todo lo contrario sucede con las pequeñas y medianas empresas, las cuales enfrentan barreras significativas que hacen que se dificulte su acomodación en la economía digital [3, 4].

Haciendo una combinación entre salud y tecnología, se pueden apreciar diversos efectos en beneficio del entorno laboral. Por ende, se aumentará tanto la productividad como la eficiencia, mientras se fomenta la especialización en estas áreas [1]. Sin embargo, las brechas que existen pueden verse ampliadas considerablemente con el uso de esta tecnología, especialmente cuando muchos de los empleados que las usan no disponen de las capacidades y habilidades digitales suficientes [5, 6]. Esto nos hace ver que no solo es importante estudiar los efectos de la IA con un enfoque en términos económicos, sino también desde una perspectiva social y laboral.

Resaltar estas brechas de acceso a la IA, investigar sus causas, analizar sus implicaciones y proponer soluciones acordes al contexto, es el objetivo de este artículo. Este análisis busca informar políticas para asegurar una distribución más equitativa de los beneficios de la IA.

Materiales y métodos o Metodología computacional

Se llevó a cabo utilizando la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [7], que es un conjunto mínimo de elementos claros y basados en evidencia para la presentación de informes en revisiones sistemáticas. Al realizar una revisión general como esta, el proceso de revisión debe ser claro y reproducible para que los estudios relevantes puedan identificarse y sus resultados se puedan reunir. Para abordar las desigualdades en el acceso a la inteligencia artificial por sectores económicos y áreas

geográficas, seguimos las fases PRISMA que guiaron los estudios sobre identificación, selección, elegibilidad e inclusión de estudios.

Desarrollamos cinco preguntas clave para guiar nuestra revisión que informan el análisis de la literatura publicada:

¿Cuáles son los sectores más económicamente desiguales en cuanto al acceso a la tecnología? ¿Cuáles son las brechas de disponibilidad para la inteligencia artificial y por qué existen? ¿Cómo podemos promover un acceso equitativo a la inteligencia artificial? ¿Cómo influye el acceso desigual a la inteligencia artificial en las oportunidades para diferentes demografías socioeconómicas? ¿Cómo podemos nivelar el campo de juego para el acceso a la inteligencia artificial y aumentar el acceso al mercado laboral?.

Se empleó una estrategia de búsqueda sistemática y exhaustiva para identificar estudios. Se recurrió a diferentes combinaciones de palabras clave en estudios que abordaron temas de acceso a la inteligencia artificial, desigualdad y sectores económicos/oportunidades laborales, así como bases de datos académicas clave (por ejemplo, Scopus; SciELO). Estas palabras clave no fueron exhaustivas, pero incluyeron términos como: ïnteligencia artificial", "desigualdad", .ªcceso", .ºportunidades laborales", "sectores económicos", regiones geográficas".

Además, solo se incluyeron estudios publicados en los últimos cinco años, asegurando que la revisión cubriera investigaciones recientes y relevantes. La estrategia de búsqueda del resumen se complementó con una revisión manual de las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados con el fin de identificar cualquier estudio adicional que no se capturara inicialmente.

Usando este proceso sistemático, esperamos lograr una mayor comprensión de dónde está el acceso a la inteligencia artificial y si la inteligencia artificial ha cambiado la forma en que opera la fuerza laboral en el campo de batalla, y ayudar a cubrir el objetivo del artículo sobre de dónde proviene la brecha y qué contribuye a ella.

Resultados y discusión

Existen algunas discrepancias importantes destacadas en el acceso a la inteligencia artificial a través de diferentes industrias económicas en relación con las brechas de desigualdad. Según [3], las tecnologías de inteligencia artificial son mucho más accesibles para las grandes empresas que para las pequeñas y medianas empresas (PYMES), lo que perjudica su competitividad. Además, [4], su estudio encontró que sin los medios para adoptar la IA, incluyendo la libertad financiera y el conocimiento técnico, las PYMES quedarían rezagadas en la escalera del crecimiento en oportunidades laborales, y las grandes corporaciones continuarían acumulando la gran mayoría de la riqueza. Por lo tanto, el acceso a la tecnología sin costos de commodities no solo es una

ventaja competitiva para las empresas que lo utilizan, sino que también ayuda a crear empleos y aumentar la calidad.

Dado que la adopción de la inteligencia artificial tiende a centrarse en áreas urbanas y utiliza capital más variado disponible, se puede esperar, por tanto, que las regiones sufran cada vez más de una posible brecha de IA. Según Bessen (2019), la adopción de la IA está altamente concentrada en regiones más tecnológicas y con mejor educación. En contraste, Arntz et al. (2016) identifican barreras estructurales que restringen el acceso a tecnologías avanzadas en regiones menos desarrolladas; como resultado, se pretende incrementar las barreras de entrada y profundizar la desigualdad tanto en cuanto al acceso como en los tipos de empleos presentes en estas regiones.

Es aquí donde las políticas públicas se vuelven cruciales para reducir estas disparidades. [8] afirman que una regulación adecuada puede ayudar a lograr un acceso equitativo a la IA y promover iniciativas para pequeñas y medianas empresas (PYMES) y áreas menos favorecidas económicamente. Pero pocos países han adoptado políticas para redistribuir equitativamente los recursos tecnológicos. El apoyo laboral y empresarial disponible no se trata de nueva tecnología (trabajadores y empresas que podrían beneficiarse de la IA) mientras que se explotan las disparidades existentes.

El impacto de esta disparidad en el acceso a la IA en el trabajo es evidente. Un estudio reciente de [5] muestra que, si bien los trabajadores en sectores con alta adopción de IA tienen mejores salarios y condiciones laborales, aquellos en sectores menos digitalizados enfrentan un mayor riesgo de desempleo e inseguridad laboral. Esto indica que dejar atrás a los trabajadores en el acceso a tecnologías avanzadas obstaculiza no solo la competitividad de las empresas, sino también la prosperidad económica de los trabajadores.

Finalmente, se han propuesto una gama de estrategias para reducir estas disparidades. [9], los trabajadores necesitan capacitación y programas de desarrollo profesional enfocados en habilidades digitales para equiparlos para adaptarse a los cambios impulsados por la IA. Además, este informe menciona que ya se están estableciendo asociaciones entre los sectores público y privado para que la brecha digital que actualmente presenta el mercado laboral pueda cerrarse nuevamente.

Conclusiones

Los puntos principales del análisis nos afirman que la distribución del acceso a la inteligencia artificial es radicalmente diferente entre los sectores económicos y en contraste con las amplias disparidades regionales.

El estudio muestra la posición dominante de las grandes empresas para asumir las nuevas TIAs proporcionadas

[10], lo que coloca su impacto en las actividades del lugar de trabajo en una fase secundaria del proceso y, además, lleva a las PYMES que no actúan a una diversificación de la estratificación social.

Además, la población urbana tiene un mayor acceso a la IA debido a una infraestructura tecnológica más desarrollada. Estas tecnologías, por el contrario, presentan serios desafíos estructurales para los individuos en comunidades rurales que no tienen la capacidad para adoptar tales tecnologías. Estos hallazgos destacan la necesidad de abordar estas disparidades para fomentar un entorno laboral más equitativo.

Estos hallazgos son importantes de considerar en el contexto de la desigualdad, ya que las desigualdades en cultura, empleo y acceso a la tecnología empeoran cuando se involucra la inteligencia artificial. Los investigadores dicen que han encontrado que mejores condiciones laborales y salarios más altos son para trabajadores en sectores que se han integrado más con la inteligencia artificial, mientras que los empleados en sectores menos digitalizados tienen mayores riesgos de desempleo y precariedad laboral. Esto no solo impacta a los individuos, sino que también afecta a la economía debido a la pérdida de producción en regiones y sectores subdesarrollados donde se podrían hacer mejoras. Esto indica que una posible vía hacia la viabilidad económica a través del aumento de los retornos económicos en el desarrollo es desarrollar políticas públicas sistémicas que puedan generar un mayor bien público mediante la difusión de nuevas tecnologías, lo cual no está necesariamente garantizado por la digitalización y automatización, ya que esta relación también muestra que algunos grupos serán naturalmente favorecidos sobre otros a través de la digitalización.

En resumen, por favor implemente ideas para cerrar estas brechas para un acceso justo a la inteligencia artificial. Eso significa fomentar programas de capacitación y desarrollo profesional que preparen a los trabajadores para los cambios impulsados por la inteligencia artificial y asegurar la creación de un entorno de políticas públicas que apoye a las PYMEs y zonas desfavorecidas. Se requiere un enfoque integral para asegurar que las recompensas de la inteligencia artificial estén ampliamente disponibles para todas las personas; ello ayudará a crear un mercado laboral más equitativo.

Contribución de Autoría

Cristhian André Jondec Delgado: Conceptualización, Investigación, Metodología, Validación, Redacción - borrador original. Diego Sebastián Vásquez Jaramillo: Conceptualización, Investigación, Metodología, Análisis formal, Recursos, Supervisión, Escritura, revisión y edición. Marcelino Torres Villanueva: Supervisión,

Referencias

[1] E. Brynjolfsson and A. McAfee, *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W.W. Norton & Company, 2018.

[2] World Economic Forum, "Jobs of tomorrow: Mapping opportunity in the new economy," 2020.

[3] J. Ceballos, C. Rojas, and D. Sánchez, "Barriers to the adoption of artificial intelligence in smes: Evidence from latin america," *Journal of Business Research*, vol. 116, pp. 229–237, 2020.

[4] V. López, J. Martínez, and A. Pérez, "The digital divide and its implications for the adoption of ai technologies in small businesses: A case study in spain," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 163, p. 120435, 2021.

[5] M. Chui, J. Manyika, and M. Miremadi, "Where machines could replace humans—and where they can't (yet)," *McKinsey Quarterly*, 2016.

[6] D. Acemoglu and P. Restrepo, "Artificial intelligence, automation and work," *NBER Working Paper No. 24196*, 2018.

[7] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*. MIT Press, 2016.

[8] L. F. Katz and R. A. Margo, "The impact of technological change on labor market outcomes: Evidence from the united states and europe," *Industrial Relations Research Association*, 2019.

[9] L. Fraguglia, U. Metlicka, and A. Salvia, "The impact of economic growth on youth employment in argentina: A historical perspective," *International Labour Review*, 2006.

[10] M. Arntz, T. Gregory, and U. Zierahn, "The risk of automation for jobs in oecd countries: A comparative analysis," *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, 2016.

[11] J. E. Bessen, "Ai and jobs: The role of demand," *NBER Working Paper No. 24235*, 2019.

[12] D. H. Autor, "Why are there still so many jobs? the history and future of workplace automation," *Journal of Economic Perspectives*, vol. 29, no. 3, pp. 3–30, 2015.

[13] V. Eubanks, *Automating Inequality: How High-Tech Tools Profile, Police, and Punish the Poor*. St. Martin's Press, 2018.

[14] European Commission, "The digital europe programme," 2020.

[15] J. Mokyr, *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*. Oxford University Press, 1990.

[16] OECD, *OECD Skills Outlook 2019: Thriving in a Digital World*. OECD Publishing, 2019.

[17] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3rd ed. Pearson, 2016.

[18] J. Van Dijk, *The Digital Divide*. Polity Press, 2020.

[19] A. Agrawal, J. Gans, and A. Goldfarb, *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. University of Chicago Press, 2019.

[20] E. Brynjolfsson, T. Mitchell, and D. Rock, "What can machines learn and what does it mean for occupations and the economy?" *AEA Papers and Proceedings*, vol. 108, pp. 43–47, 2017.

[21] McKinsey Global Institute, "Notes from the ai frontier: Modeling the impact of ai on the world economy," 2018.

[22] OECD, *OECD Digital Economy Outlook 2020*. OECD Publishing, 2021.

[23] P. Tambe, L. M. Hitt, and E. Brynjolfsson, "The digital complement: The relationship between it and ai," *NBER Working Paper No. 25150*, 2020.

Artículos Originales

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 20-29
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Artículos originales
Temática: Inteligencia artificial
Recibido: 17/6/2025 | Aceptado: 30/7/2025 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a239
ARK: ark:/42411/s29.a239

Aprendizaje automático en Sistemas de Recomendación para plataformas de Streaming y Redes Sociales

Machine Learning in Recommender Systems for Streaming and Social Networking Platforms

Luis Daniel Zavaleta Mego[1][0009-0006-6453-9277]*, **Alexander Josué Venturo Ramos**[2][0009-0003-4203-134X], **Marcelino Torres Villanueva**[3][0000-0002-9797-1510]

[1]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. lzavaletam@unitru.edu.pe
[2]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. aventuror@unitru.edu.pe
[3]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. mtorres@unitru.edu.pe

*Autor para correspondencia: lzavaletam@unitru.edu.pe

Resumen
El uso de las plataformas de transmisión en vivo y las redes sociales ha llevado a una veloz transformación de los servicios de contenido en línea, lo que convierte una gran cantidad de datos para los usuarios. Esto hace fundamental el uso de sistemas de recomendación, los cuales se basan en un aprendizaje automático (machine learning) para filtrar y personalizar el contenido a mostrar. En este artículo se examinan los métodos computacionales empleados en estos sistemas, con especial atención en plataformas como Netflix, Spotify, Facebook y Twitter. El enfoque de investigación incorporó factores cuantitativos, cualitativos y semióticos, dando como resultado una evaluación integral que incorpora aspectos socioculturales y la experiencia del usuario. A lo largo del artículo se irán evaluando varias técnicas algorítmicas, tales como el filtrado colaborativo, filtrado basado en contenido y modelos híbridos con aprendizaje profundo (deep learning). De la misma forma, se evaluó la calidad de las recomendaciones y sugerencias por medio de una combinación de estudios cualitativos sobre su importancia y satisfacción de los usuarios. Finalmente, se llevó a cabo un estudio semiótico y cultural para investigar el efecto de las interfaces y algoritmos en las prácticas de consumo y formación de identidad cultural. Los hallazgos indican un cambio hacia modelos más avanzados, pero trayendo consigo nuevos desafíos.

Palabras claves: Sistemas de recomendación, aprendizaje automático.

Abstract
The use of live streaming platforms and social media has led to a rapid transformation of online content services, which converts a large amount of data for users. This makes it essential to use recommender systems, which rely on machine learning to filter and personalise the content to be displayed. This paper examines the computational methods employed in these systems, with a particular focus on platforms such as Netflix, Spotify, Facebook and Twitter. The research approach incorporated quantitative, qualitative and semiotic factors, resulting in a comprehensive evaluation that incorporates socio-cultural aspects and user experience. Throughout the article, various algorithmic techniques such as collaborative filtering, content-based filtering and hybrid models with deep learning will be evaluated. In the same way, the quality of recommendations and suggestions was evaluated through a combination of qualitative studies on their importance and user satisfaction. Finally, a semiotic and cultural study was carried out to investigate the effect of interfaces and algorithms on consumption practices

and cultural identity formation. The findings indicate a shift towards more advanced models, but bring with them new challenges.

Keywords: *Recommendation systems, machine learning.*

Introducción

Actualmente, el consumo de contenidos online está creciendo a un ritmo sin precedentes, esto es por causa del fácil acceso a plataformas de streaming y la participación activa de un gran número de usuarios en redes sociales. Toda esta cantidad de información que incluye series, películas, música, e incluso publicaciones y noticias, es demasiada para el usuario medio. En este contexto, los sistemas de recomendación, basados en tecnología de machine learning, se han convertido en una importante herramienta para filtrar, priorizar y finalmente recomendar contenidos relevantes, mejorar la experiencia del usuario y la eficacia en la difusión de información.

Los sistemas de recomendación han evolucionado desde enfoques tradicionales como el filtrado colaborativo hasta modelos avanzados basados en el aprendizaje profundo. [1] afirman que: "las recomendaciones personalizadas representan uno de los métodos más eficaces para manejar la sobrecarga de información y ofrecer a los usuarios las cosas que más les interesan", lo que lleva a la creación de sistemas que pueden aprender preferencias basadas en el comportamiento. y experiencia de usuario.

Así incluso, plataformas como YouTube han implementado técnicas sofisticadas y utilizan redes neuronales profundas para mejorar la selección y clasificación de contenidos. Según [2], este enfoque mejora la relevancia de las aplicaciones al capturar patrones complejos en grandes cantidades de datos.

De igual forma, en el mundo de las redes sociales, la personalización es clave. [3] señaló que "los sistemas de recomendación basados en aprendizaje profundo tienen el potencial de aprender representaciones más ricas y expresivas en múltiples niveles de abstracción" para adaptar mejor las recomendaciones al contexto del usuario. Esto es importante en un entorno donde el contenido es diverso y la información se actualiza constantemente.

Este artículo profundizará en las técnicas actuales que se emplean en sistemas de recomendación para plataformas de streaming y redes sociales, y presentará el estado del arte, su metodología computacional y los resultados más relevantes alcanzados en el campo.

Materiales y métodos o Metodología computacional

Este estudio fusiona técnicas cuantitativas, cualitativas y semióticas para analizar los sistemas de recomendación usados en plataformas de streaming y redes sociales, con un enfoque en el efecto de algoritmos de machine learning sobre distintas formas de consumo cultural y la industria de contenidos. Según las perspectivas teóricas y empíricas presentadas [4], [5] y [6], se incluyó un enfoque que trasciende más allá de la mera evaluación algorítmica, añadiendo observaciones socio-culturales, discursivas y de experiencia del usuario. Asimismo, se va construyendo una metodología integral que discute con lo heterogéneo del fenómeno moderno de la recomendación automatizada.

Selección y obtención de datos

Se trabajó con datos obtenidos de plataformas de streaming (Netflix, Spotify) y redes sociales (Facebook, Twitter). En el caso de Netflix, se contemplaron metadatos relevantes como:

- Historiales de visualización (qué contenidos se han visto, por cuánto tiempo, en qué orden y con qué frecuencia).
- Acciones del usuario, como abandonar una serie sin finalizarla, calificarla o marcarla como favorita.
- Información exhaustiva sobre el contenido, incluyendo la clasificación detallada (etiquetas, géneros, tonos narrativos, presencia de violencia, contexto político, entre otros), asignada manualmente por expertos humanos, según [7] y [6].

Para las redes sociales se registraron interacciones tales como “me gusta”, compartidos, retuits, comentarios y tiempo de atención a ciertos contenidos. Estas señales comportamentales, junto con las relaciones entre usuarios (contactos, seguidores, seguidos) y las dinámicas del newsfeed, sirvieron para comprender la forma en que se introducen recomendaciones y cómo estas son recibidas. Con el fin de preservar la privacidad, toda la información fue anonimizada y procesada bajo lineamientos éticos. Los datos se almacenaron en una base de datos relacional, garantizando la integridad, coherencia y trazabilidad de la información.

Preprocesamiento, limpieza y representación de datos

Antes de aplicar modelos de recomendación, se llevó a cabo un minucioso preprocesamiento de los datos. Esto incluyó:

- Limpieza de datos faltantes o inconsistentes.

- Normalización de variables cuantitativas y categorización de variables cualitativas.
- Procesamiento del lenguaje natural (lemmatización, remoción de stopwords) para el análisis de metadatos textuales y descripciones de contenido.

Esta etapa garantiza la calidad y consistencia de los insumos utilizados en las fases posteriores, permitiendo que los algoritmos pudieran operar sobre información estructurada, homogénea y relevante.

Modelos y técnicas algorítmicas de recomendación

Se evaluaron distintas aproximaciones algorítmicas:

- Filtrado Colaborativo: Se emplearon métodos basados en correlaciones entre preferencias de usuarios, considerando que aquellos con historiales de consumo similares tenderían a interesarse por los mismos ítems. Estas técnicas capturan patrones grupales, alineándose con la lógica de maximizar valor tanto para el comprador (usuario) como para el vendedor (plataforma), señalada por [6].
- Filtrado Basado en Contenido: Se tomaron en cuenta las características intrínsecas de los contenidos (por ejemplo, clasificación minuciosa de géneros, temáticas, estilos narrativos). Esta estrategia se inspira en el trabajo de Netflix, donde cada contenido se etiqueta de forma rigurosa, lo que a su vez fortalece la capacidad de predecir afinidades no triviales, esto según [7] y [6]. Este enfoque también permite comprender cómo la indexación manual, por parte de expertos, se articula con la lógica semiótica de la curaduría automatizada discutida por [4].
- Modelos Híbridos y Aprendizaje Profundo (Deep Learning): Se exploraron algoritmos combinados que integran el filtrado colaborativo con el basado en contenido, así como redes neuronales capaces de capturar patrones temporales y contextuales en las secuencias de consumo. Estas aproximaciones buscan trascender la mera repetición de lo ya conocido, introduciendo elementos novedosos que contrarresten el riesgo de "sobre-personalización" (Jaffe, citado en [6]).

Evaluación de la calidad de las recomendaciones

La evaluación se realizó cuantitativamente, empleando métricas estándar en sistemas de recomendación:

- Precisión (Precision@k): Porcentaje de ítems recomendados relevantes para el usuario dentro de las primeras k sugerencias.

- Cobertura (Recall@k): Competencia o habilidad del sistema para recomendar una conformidad significativa de los apartados importantes verdaderos en el catálogo.
- NDCG (Normalized Discounted Cumulative Gain): Calcula la calidad del orden de las sugerencias ponderando lo más importante y la postura de las recomendaciones.

Además, se estudió la variedad y la innovación de las sugerencias, partes necesarias para no conseguir la conformación de burbujas de filtrado y uniformización del gusto ([6]; [5]).

Comparablemente, se realizaron verificaciones cualitativas, examinando la importancia reconocida por usuarios simulados, la presencia de contenidos imprevistos o "sorpresivos", y el nivel de agrado con la experiencia de descubrimiento cultural. Estas facetas cualitativas, motivadas en las observaciones de [6] sobre la heterogeneidad sociocultural del consumo, añadieron las métricas cuantitativas, proporcionando una vista más rica y suavizada.

Análisis semiótico, cultural y discursivo

La metodología no se limitó a aspectos o deficiencias técnicas. Se añadió un examen cualitativo alimentado en la semiótica y el análisis de las lógicas discursivas ([4]; [5]). También, se evaluó la interfaz de las plataformas, visualizando cómo la organización espacial, los rankings y las portadas, que aparecen al inicio de la plataforma, (homepage) incentivan sugerencias implícitas, naturalizando ciertas jerarquías y categorías. En adición, se revisó la faceta del gusto y la distinción cultural, tratando el modo en que los algoritmos segmentan a los usuarios y transmiten sobre ellos una originalidad o identidad basada en el consumo anteriormente hecho.

Así mismo, se consideró las críticas y tensiones descritas por [6], añadiendo las necesidades sobre la estandarización de preferencias, el potencial decaimiento cultural y la disminución de la curiosidad exploratoria. Estas contribuciones dieron pase a una vista más extensa y crítica sobre el papel del algoritmo, apreciando la complejidad de las motivaciones humanas, la influencia del gusto a elementos sociales y la poca chance de minimizar la experiencia cultural a simples correlaciones estadísticas.

Validación contextual y triangulación teórica

Finalmente, se puso en marcha una triangulación teórica, comparando los resultados empíricos conseguidos con el panorama planteado por diferentes autores. Por ejemplo, se correlacionó la capacidad algorítmica con la crítica a la "filtro burbuja" (Sangüesa, citado en [6]) y con la idea de que la hiper disposición de contenidos no todas las veces se traduce en alta satisfacción cultural (Verdú, 2016; Heath, 2015, citado en [6]). Esta triangulación permitió incorporar matices, evitando caer en el determinismo tecnológico y reconociendo las

limitaciones inherentes a los sistemas de recomendación.

De este modo, la metodología se apoya en un enfoque integrador: por un lado, la rigurosidad cuantitativa y la sofisticación algorítmica; por el otro, la lectura crítica y cultural que considera la intervención humana (etiquetadores, programadores, usuarios), las dinámicas discursivas y las contradicciones propias de las prácticas de consumo en el ecosistema digital contemporáneo

Resultados y discusión

En su conjunto, la información descrita en estos gráficos muestra el aumento centralizado de las sugerencias automatizadas en la experiencia del usuario, así como la heterogeneidad y abundancia de las variables tomadas en cuenta para embellecer su calidad. Además, se tiene como certeza que un cierto tamaño significativo del consumo se origina de recomendaciones personalizadas, lo que resalta el papel primordial de los algoritmos de machine learning en la ubicación de contenidos en ambientes de mayor sobrecarga informativa. También, el aumento gradual en la calidad del ranking al añadir diferentes orígenes de datos (no solo ratings, sino también popularidad, metadatos, circunstancias contextuales y sociales) proporciona que los modelos han difundido la vista inicial centrado en una métrica única para abarcar múltiples dimensiones del gusto y las condiciones de uso. Por último, el reparto de elementos que forman el modelo de sugerencia señala que la incorporación equilibrada de criterios (pronóstico de afinidad, diversidad, contexto, aspectos sociales) es crucial para brindar una experiencia más íntegra y precisa a las prioridades personales. De este modo, se consolida la idea descrita en la introducción y la metodología: la sugerencia moderna en streaming y redes sociales es un fenómeno multifacético, en el que juntan tecnología, comportamiento del usuario y dinámicas culturales.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 20-29
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

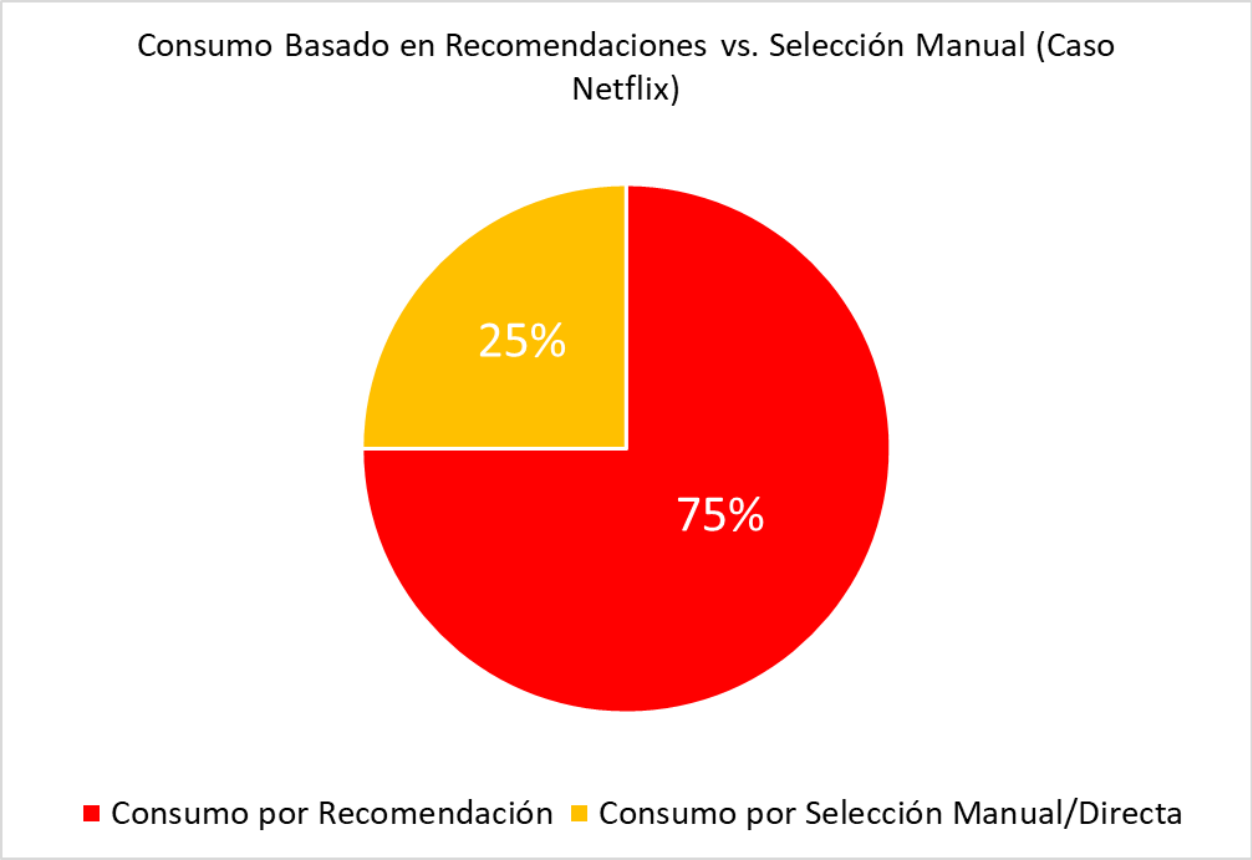


Figura 1. Consumo Basado en Recomendación vs. Selección Manual (Caso Netflix)

En la 1, se presenta la proporción aproximada de contenido consumido en la plataforma a partir de las recomendaciones personalizadas en comparación con las búsquedas directas. Este gráfico ilustra que cerca del 75 % de la visualización total proviene de sugerencias automáticas, evidenciando la influencia central de los sistemas de recomendación en la experiencia del usuario.



Figura 2. Incremento en la calidad del rating

La 2 muestra cómo la calidad del ranking de las recomendaciones (medida a través de una métrica como NDCG) mejora progresivamente al agregar nuevas fuentes de datos: partiendo únicamente de la popularidad del contenido, luego incorporando predicción de ratings, metadatos (géneros, directores), factores contextuales (hora, dispositivo) y finalmente información social. Cada barra refleja el aumento incremental de precisión al sumar dichas capas informativas.

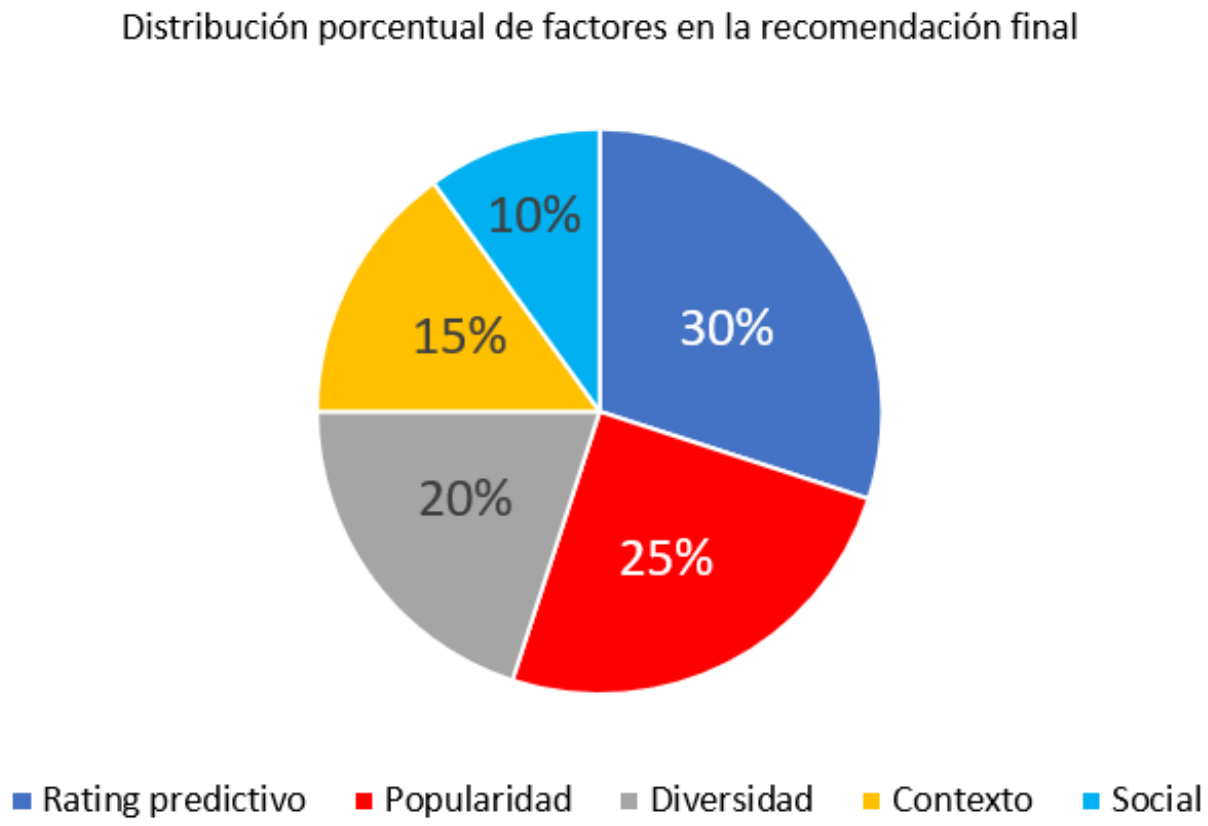


Figura 3. Distribución porcentual de factores en la recomendación final

En la 3, se presenta la distribución estimada de los factores que intervienen en el modelo final de recomendación. En este gráfico, el peso relativo de variables como el rating predictivo, la popularidad, la diversidad, el contexto y los datos sociales se combina para lograr un balance óptimo. Esta estructura ratifica que las sugerencias no satisfacen a un solo principio, sino a la incorporación meticulosa de diversas dimensiones.

Conclusiones

El estudio ha demostrado la relevancia de los sistemas de recomendación que utilizan machine learning, en el consumo masivo de contenido actual. Después de realizar un análisis exhaustivo, entre el uso de métodos cualitativos y cuantitativos, se investigó cómo estas herramientas no solo optimizan la experiencia del usuario, sino que también influyen fuertemente en la cultura y dinámica referente a la industria de contenidos. Los resultados obtenidos muestran el impacto real de los algoritmos y los sistemas de recomendación, porque el

75 % del consumo en plataformas populares, como Netflix, se deben a estos sistemas.

A lo largo del artículo se enfatiza en la integración de diferentes fuentes de datos, como ratings, metadatos y factores contextuales, logrando así el desarrollo de modelos híbridos y el uso de deep learning, lo cual se relaciona con una mejor experiencia del usuario, basado en relevancia y precisión. Finalmente, si bien se han logrado avances importantes, también se ha identificado algunos desafíos a enfrentar, como la sobre-personalización y estandarización de gustos.

Contribución de Autoría

Luis Zavaleta Mego: Conceptualización, Investigación, Software, Redacción - borrador original. Alexander Venturo Ramos: Conceptualización, Investigación, Metodología, Análisis formal, Recursos, Visualización. Marcelino Torres Villanueva: Supervisión, Administración de proyectos.

Referencias

[1] T. A. A. G., "Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2005.

[2] A. J. S. E. C. P., "Deep neural networks for youtube recommendations," 2016.

[3] Y. L. S. A. T. Y. Z. S., "Deep learning based recommender system: A survey and new perspectives," 2017.

[4] Z. M., "Sistemas de recomendación en plataformas de streaming audiovisual: las lógicas de los algoritmos," 2023.

[5] C. G., "Sistemas de recomendación, mediatizaciones de lo preferible y enunciación." 2017.

[6] U. I., "El efecto netflix: cómo los sistemas de recomendación transforman las prácticas de consumo cultural y la industria de contenidos," 2018.

[7] B. J. A. X., "Netflix recommendations: Beyond the 5 stars (part 1)," 2012.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 30-48
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Artículos originales
Temática: Procesamiento de imágenes
Recibido: 7/7/2025 | Aceptado: 29/7/2025 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a343
ARK: ark:/42411/s29.a343

FiltroVis: Una interfaz de usuario para OpenCV en Flet

FiltroVis: An OpenCV user interface in Flet

Valentín Ramos Manuel[1][0009-0003-2893-0015], **Aldo Manuel Aguilar González**[2][0009-0001-7898-7592], **Oscar Chávez Bosquez**[3][0000-0002-0324-9886]*

[1]División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México, 86690.. 212h17107@alumno.ujat.mx
[2]División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México, 86690.. 212H17035@alumno.ujat.mx
[3]División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México, 86690.. oscar.chavez@ujat.mx

*Autor para correspondencia: oscar.chavez@ujat.mx

Resumen
En este artículo se describe el desarrollo de FiltroVis, una interfaz de usuario (UI) interactiva y multiplataforma para la aplicación y visualización en tiempo real de filtros clásicos de visión computacional. La metodología utilizada fue de tipo incremental, estructurada en tres prototipos sucesivos, empleando el framework Flet para la construcción de la interfaz gráfica y la biblioteca OpenCV para el procesamiento del video, resolviendo el problema de rendimiento mediante la implementación de procesos concurrentes. Se obtuvieron resultados satisfactorios en términos de funcionalidad y rendimiento en tiempo real, logrando la correcta aplicación de cada filtro y demostrando la portabilidad del sistema en entornos operativos como Windows, Linux y MacOS, además de vía web. El objetivo de FiltroVis es ofrecer una herramienta educativa y funcional de licencia libre que integre los fundamentos teóricos y las herramientas accesibles como Flet y OpenCV.

Palabras claves: Procesamiento de imágenes, Multiplataforma, Visión computacional

Abstract
This article describes the development of FiltroVis, an interactive, cross-platform user interface (UI) for the real-time application and visualization of classic computer vision filters. We employed an incremental methodology, structured into three successive prototypes, using the Flet framework to build the graphical interface and the OpenCV library for video processing. Performance issues were addressed by implementing concurrent processes. Satisfactory results were obtained in terms of functionality and real-time performance, achieving the correct application of each filter and demonstrating the system's portability across operating environments such as Windows, Linux, and macOS, as well as via the web. The goal of FiltroVis is to offer a free, functional educational tool that integrates theoretical foundations with accessible tools such as Flet and OpenCV.

Keywords: *Image processing, Cross-platform, Computer vision*

Introducción

La Visión computacional es el área de la Computación que se encarga de automatizar y emular la capacidad de la visión humana, permitiendo que las máquinas puedan interpretar, analizar y extraer datos significativos de imágenes y vídeos [1]. La visión computacional tiene diversas áreas de aplicación incluyendo reconocimiento de objetos, monitoreo de seguridad, realidad aumentada, reconocimiento facial, y imágenes médicas. En ese sentido, OpenCV (Open Source Computer Vision Library) es una de las bibliotecas más completas para el desarrollo de aplicaciones de visión por computadora, ya que ofrece más de 2000 algoritmos optimizados que incluyen desde operaciones básicas de procesamiento de imágenes hasta métodos complejos de aprendizaje automático [2]. Al ser de código abierto, es accesible para cualquier desarrollador ya que cuenta con bindings (enlaces) oficiales para ser utilizado en lenguajes de programación como Python (en más popular), C++, Java, entre otros.

Por otro lado, Flet es un framework de Python para construir interfaces gráficas de usuario (UI) interactivas y en tiempo real, que funcionan tanto en aplicaciones web, de escritorio y móviles. Su ventaja es que permite a los desarrolladores construir interfaces visualmente atractivas y responsivas usando únicamente Python, sin necesidad de escribir código en lenguajes de front-end como HTML, CSS o JavaScript [3].

En este artículo se propone una UI (User Interface) desarrollada en Flet para la aplicación de filtros de visión computacional, integrando la biblioteca OpenCV con una UI moderna, intuitiva y multiplataforma. El objetivo es ofrecer una herramienta interactiva para la aplicación y visualización de filtros de procesamiento de imágenes a través de una cámara de video conectada a una PC, la cual permite al usuario seleccionar y aplicar algoritmos clásicos de visión computacional en tiempo real.

Trabajos relacionados

En esta sección se presentan herramientas que, al igual que el proyecto propuesto, buscan facilitar la interacción con algoritmos de visión computacional mediante interfaces orientadas al usuario. Estos trabajos ofrecen el uso de filtros de OpenCV, utilizando diversos lenguajes y bibliotecas. A continuación se describen brevemente las propuestas más representativas y su relación con este estudio.

En primer lugar, la imagen presentada en la Figura 1 muestra la ventana implementa un procedimiento básico para la captura y visualización de video en tiempo real mediante la biblioteca OpenCV usando la instrucción cv2.imshow(), lo que permite al usuario visualizar en tiempo real el flujo de video proveniente de la cámara [2]. Este tipo de implementación corresponde a uno de los ejemplos fundamentales de OpenCV, utilizado en múltiples aplicaciones de visión por computadora. Sin embargo, presenta ciertas limitaciones ya

que la ventana generada carece de elementos interactivos avanzados, no permite controles nativos sobre la interfaz y depende directamente del sistema operativo para su renderizado, lo que dificulta la integración con interfaces de usuario modernas.

Figura 1. Ventana por defecto De OpenCV.

En [4] se describe un proyecto desarrollado en una nueva biblioteca de Python llamada PyVisual que utiliza OpenCV para mostrar el funcionamiento de filtros clásicos mediante demostraciones interactivas diseñadas con fines educativos. Su interfaz se basa en ventanas nativas y controles simples, pero desarrollada sobre una herramienta aún en fase de prueba. En [5] se presenta una aplicación creada con Python, OpenCV y PyQt5, orientada a la visualización de la cámara web desde una GUI de escritorio y al ajuste básico de parámetros mediante componentes gráficos tradicionales. Finalmente, en [6] se propone una herramienta elaborada en C++, que combina OpenCV con una capa gráfica basada en OpenGL, en una aplicación de escritorio orientada al procesamiento de imágenes.

Si bien estos trabajos permiten manipular filtros y parámetros de OpenCV, todos se encuentran limitados a entornos locales y a interfaces tradicionales. Por otro lado, FiltroVis integra OpenCV dentro de una interfaz moderna desarrollada en Flet, ofreciendo ejecución multiplataforma en Windows, Linux, macOS y Web, y proporcionando una aplicación multiplataforma para la enseñanza del procesamiento de imágenes en tiempo real.

Estado del arte

En esta sección se proporciona un panorama general sobre cómo la visión artificial y el procesamiento digital de imágenes se constituyen en diferentes disciplinas. Diversos estudios coinciden en sen˜alar que la biblioteca OpenCV conforma una de las herramientas más empleadas en el desarrollo de sistemas de visión computacional, debido a su carácter de código abierto, su eficiencia y la amplia gama de algoritmos optimizados que ofrece. Por otro lado, en la literatura revisada se describe que OpenCV facilita manejar desde las operaciones básicas de procesamiento de imágenes hasta procedimientos avanzados como detección de características, segmentación, análisis de estructuras y manipulación de video en tiempo real [2].

Existe un consenso entre los investigadores en el campo de la Visión computacional sobre la necesidad crítica de obtener imágenes estandarizadas. Se considera como estandarización a la eliminación de la interferencia y el ruido generado por el medio ambiente en el momento de la captura de la imagen. Este es esencial para facilitar las fases de pre-procesamiento y el proceso completo [7].

En la información revisada dentro del ámbito agrícola, múltiples investigaciones han demostrado la utilidad de OpenCV en tareas de selección visual de frutas, donde se requiere identificar propiedades como color, forma o textura. Diversos autores [8,9] reportan que la biblioteca permite ejecutar análisis de manera rapida y confiables, reduciendo la dependencia del juicio humano y mejorando la precisión en la clasificación automatizada de frutos.

De manera similar, OpenCV también ha mostrado un rol importante en el procesamiento de imágenes médicas, especialmente en la identificación y análisis de lesiones dermatológicas, ya que diversas investigaciones indican que OpenCV facilita la mejora de la calidad visual, la detección de contornos relevantes y la segmentación de regiones de interés [10].

Asimismo, OpenCV ha sido la base sistemas de reconocimiento facial que utilizan técnicas modernas de Inteligencia Artificial, como las Redes Neuronales Convolucionales. Trabajos puntuales son el reconocimiento facial de personas para el control de acceso [11] y sistemas que permiten identificar las emociones de una persona mediante el reconocimiento de rostros [12].

Por último, OpenCV ha sido utilizado en el desarrollo de herramientas educativas y aplicaciones interactivas [13]. En nuestro proyecto, implementamos la biblioteca para aplicar filtros clásicos como conversión a escala de grises, desenfoque Gaussiano o detección de bordes Canny, manteniendo un desempen˜o estable y en tiempo real, lo cual resulta fundamental en aplicaciones que requieren interacción directa con video capturado mediante cámaras locales.

Metodología computacional

El desarrollo de la aplicación siguió una metodología incremental, en la cual el sistema fue construido mediante la adición progresiva de componentes y mejoras funcionales en cada etapa [14]. En lugar de desarrollar el producto completo desde el inicio, cada incremento representó una versión funcional del sistema, que incorporaba nuevas características, refinaba las existentes y mejoraba el desempeño general [15].

Además, se utilizaron herramientas de desarrollo de software que garantizaron aspectos como compatibilidad, eficiencia o estabilidad [16]. Se utilizó la ultima version de ambas bibliotecas para el desarrollo de FiltroVis, siendo éstas las versiones 0.28 y 4.12 de Flet y OpenCV respectivamente. Dichas versiones son compatibles con la última versión de Python (3.13.5), por lo cual gracias a la integración y soporte multiplataforma que proporcionan estas versiones de herramientas permitió desarrollar interfaces interactivas y responsivas. Siendo que Flet es una biblioteca moderna basada en Flutter, permite manejar componentes visuales que integran un estilo visual consistente a tendencias de diseño.

Por otro lado OpenCV, si bien es muy reconocida en el campo de la vision por computadora, esta versión propocionó herramientas para la captura de video desde las cámaras locales, y gracias a OpenCV fue posible realizar las transformaciones en tiempo real de los frames capturados manteniendo un equilibrio de precisión, velocidad y consumo de recursos del sistema.

Se puede decir que el procesamiento de las imágenes se basa en la manipulación de los valores de los píxeles que conforman una imagen con el objetivo de poder resaltar o transformar la información relevante [17]. Es por ello que en esta aplicación se implementaron diversos filtros clásicos que permiten los distintos efectos visuales y se comprenden los principios matemáticos en dichas operaciones [18]. A continuación se presentan los filtros utilizados para esta aplicación [19, 20].

Filtro Escala de grises

Este filtro transforma la imagen capturada reduciendo toda la información a un solo tono de intensidad, lo que permite ver mejor los contrastes y detalles de luz. El resultado fue una imagen más ligera y rápida de procesar, lo cual es útil antes de aplicar otros filtros más complejos. La conversión se obtiene mezclando los colores principales según la forma en que solemos percibirlos.

Para mostrar cómo se hace esta mezcla, en la Ecuación (1), se puede ver la operación que toma un poco del rojo, del verde y del azul para así obtener un solo valor en gris:

$$Escala = 0,299(R) + 0,587(G) + 0,114(B) \tag{1}$$

Con está operación se consigue que cada píxel quede representado solo con un tono, conservando la iluminación de la imagen aunque ya no tenga color.

Filtro Canny

Este filtro permite detectar bordes de manera precisa, marcando los contornos de objetos o zonas donde cambia la intensidad de la imagen. Durante las pruebas se observó que es sensible a los cambios bruscos, lo cual ayuda a que los límites entre figuras se puedan ver definidos. El filtro Canny, introducido por John Canny en el año 1986, toma en cuenta qué tanto cambia una zona con respecto a otra para decidir si es un borde.

Primero calcula el cambio general, como se muestra en la Ecuación (2):

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 30-48
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

$$G = G2 + G2$$

(2)

Y después calcula hacia qué dirección ocurre ese cambio, como se indica en la Ecuación (3):

$$\theta = \tan^{-1} \frac{G_y}{G_x}$$

(3)

Estas dos ecuaciones permiten que el filtro identifique únicamente los bordes importantes y elimine detalles que no aportan.

Filtro Gaussiano

Este filtro suaviza la imagen para reducir el ruido de los frames, mientras que la inversión de colores y el enfoque da como resultado el realce en el contraste y nitidez de los objetos capturados. En la práctica, se observó una imagen más uniforme, sin bordes abruptos, lo que valida la efectividad del suavizado como herramienta para eliminar ruido. Este proceso se basa en la convolución de la imagen original con una función de distribución normal bidimensional, conocida como núcleo o kernel Gaussiano, esto se representa en la Ecuación (4), donde se muestra cómo se calcula ese suavizado:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \tag{2}$$

Donde σ es un valor que controla el grado de suavizado.

Filtro Inversión de colores

Este filtro genera una imagen negativa, es decir, cambia lo claro por oscuro y lo oscuro por claro. El efecto es particularmente útil para evidenciar la manipulación bit a bit de los valores de los píxeles, confirmando la correcta implementación de la operación lógica NOT. Este cambio se realiza con una operación matemática, como se ve en la Ecuación (5):

$$I_{out}(x, y, c) = 255 - I_{in}(x, y, c) \tag{5}$$

Donde 255 representa el valor máximo de brillo. Al restar el valor original se consigue el color contrario, creando el efecto negativo.

Filtro Enfo

Este filtro mejora la nitidez de la imagen, resaltando los bordes y los detalles. Durante las pruebas se notó que la imagen obtenía mayor claridad, especialmente en zonas donde antes se veía más suave. Este filtro se basa en la convolución de la imagen original con un núcleo diseñado para aumentar la diferencia entre un píxel y sus vecinos.

La matriz que se usa es la que se muestra en la Figura 2, donde el número central (5) representa el valor principal y los números alrededor (-1 y 0) ayudan a resaltar los bordes.

Figura 2. Matriz de realce.

Esta matriz sirve para resaltar los detalles. Finalmente, el funcionamiento del filtro se resume en la operación mostrada en la Ecuación (6):

$$I'(x, y) = I(x, y) * K \tag{3}$$

Donde el símbolo $*$ denota la operación de convolución bidimensional.

Adicionalmente a estas herramientas se integraron otras bibliotecas complementarias como Numpy, la cual es utilizada para el manero de matrices y operaciones numéricas asociadas al procesamiento de imágenes, Threading la cual es una biblioteca dedicada a la gestión de procesos concurrentes que evitan bloqueos durante la ejecución de video, Base64 es una biblioteca empleada para la codificación de imágenes antes de su representación en la interfaz de usuario.

Diseño

Los diagramas UML que se utilizan en la ingeniería de software son fundamentales para permitir a cualquier equipo el desarrollo de ideas complejas de manera clara y sin ambigüedades, lo que facilita la comprensión

de los registros del sistema, al igual que la identificación de los posibles problemas de diseño. Gracias a estos diagramas se asegura que todos los participantes tengan una visión compartida del sistema que se contruye o mantiene. Por ello son herramientas clave para la modelación orientada a objetos a lo largo de todo ciclo de vida del desarrollo de un sistema [21].

La Figura 3 presenta el diagrama de clases que describe la estructura interna de la aplicación. El sistema se organiza alrededor de una clase principal llamada CameraControl, esta clase contiene los atributos que gestionan el estado de la aplicación: gestiona si la cámara está encendida o apagada, controla qué filtro se aplica, maneja los botones de la interfaz y procesa cada frame de video para mostrar el efecto seleccionado. Básicamente, concentra en un solo lugar toda la funcionalidad de la aplicación [22].

La Figura 4 muestra el diagrama de despliegue, el cual representa cómo se distribuyen físicamente los componentes del sistema. Del lado del usuario, una persona accede mediante su navegador web. Este se conecta vía red al servidor, donde se encuentra el programa principal. En el host, Python ejecuta la aplicación, usando Flet para crear la interfaz que ve el usuario y OpenCV para procesar el video de la cámara y aplicar los filtros en tiempo real.

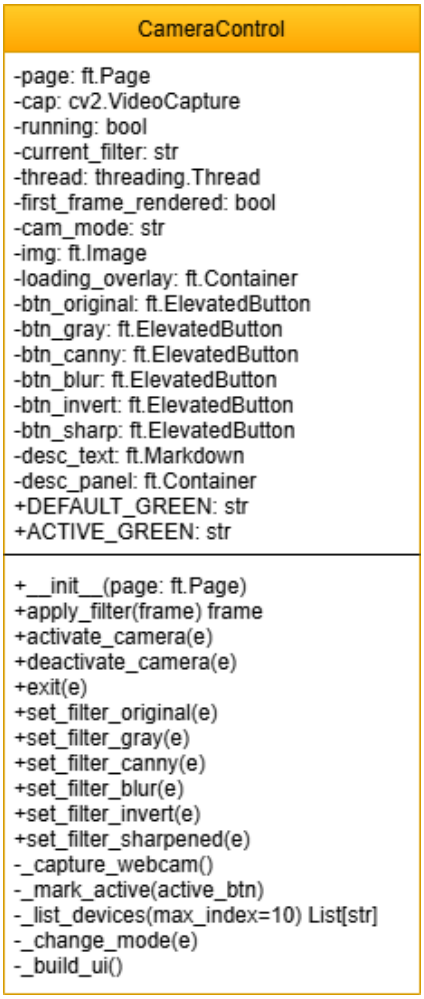


Figura 1. Diagrama de clases.

Desarrollo por prototipos

En total se desarrollaron 3 prototipos funcionales: (i) reproducción de video en Flet, (ii) UI con los componentes principales, (iii) aplicación con filtros. A continuación se describe cada uno de los prototipos.

Prototipo 1

En este caso la imagen obtenida de la cámara web del usuario se muestra sin procesamiento adicional, sirviendo como punto de referencia visual para comparar los efectos de los demás filtros. Esta vista permite evaluar de

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 30-48
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

forma directa los cambios introducidos por cada transformación y comprobar la fidelidad de la captura de video en tiempo real, la estabilidad del flujo de datos entre la cámara, el procesamiento y la interfaz de usuario. Esto

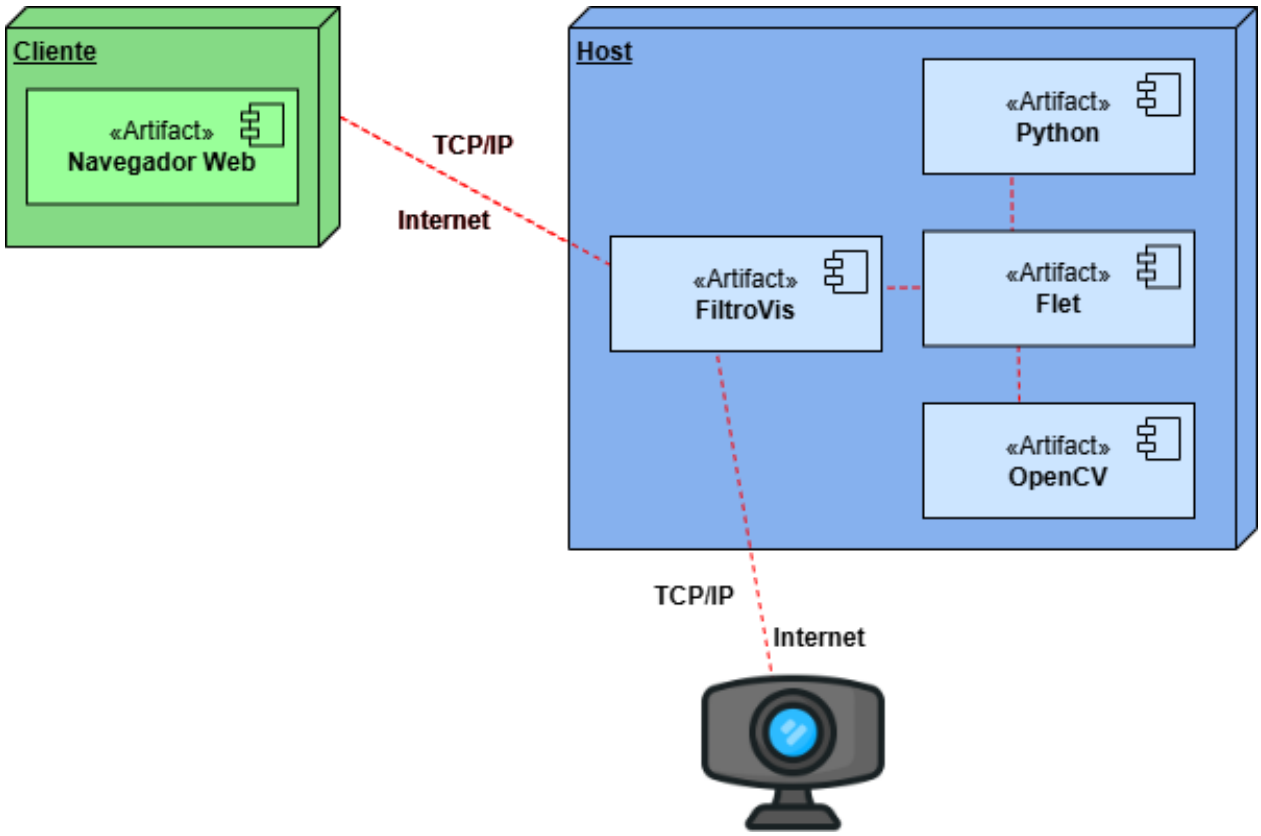


Figura 2. Figura 4. Diagrama de despliegue.

que denominamos como filtro original, no aplica ninguna operación sobre la imagen capturada, mostrando la sen˜al tal cual es adquirida por el sensor de la cámara (Figura 5).

Prototipo 2

La Figura 6 representa el segundo incremento del desarrollo. En esta versión se implementó la estructura básica de la aplicación, centrada en el control de la cámara mediante OpenCV y la visualización en tiempo real en una interfaz desarrollada con Flet. La interfaz gráfica fue sencilla pero funcional, enfocada en demostrar la captura continua de video. Esta etapa sentó las bases técnicas del sistema y permitió establecer la comunicación efectiva de la cámara.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 30-48
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Prototipo 3

De igual manera, en la Figura 7 representa al tercer incremento dentro del ciclo de desarrollo. En esta etapa se incorporó la selección dinámica de dispositivos, permitiendo al usuario elegir entre diferentes cámaras conectadas, incluyendo Webcams locales y cámaras inteligentes. Además, se an˜adieron todos los filtros considerados en estre proyecto. Esta versión también introdujo un panel explicativo en formato Markdown, donde se describe la teoría, fórmulas matemáticas y ejemplos de cada filtro, combinando así el enfoque práctico con el educativo.

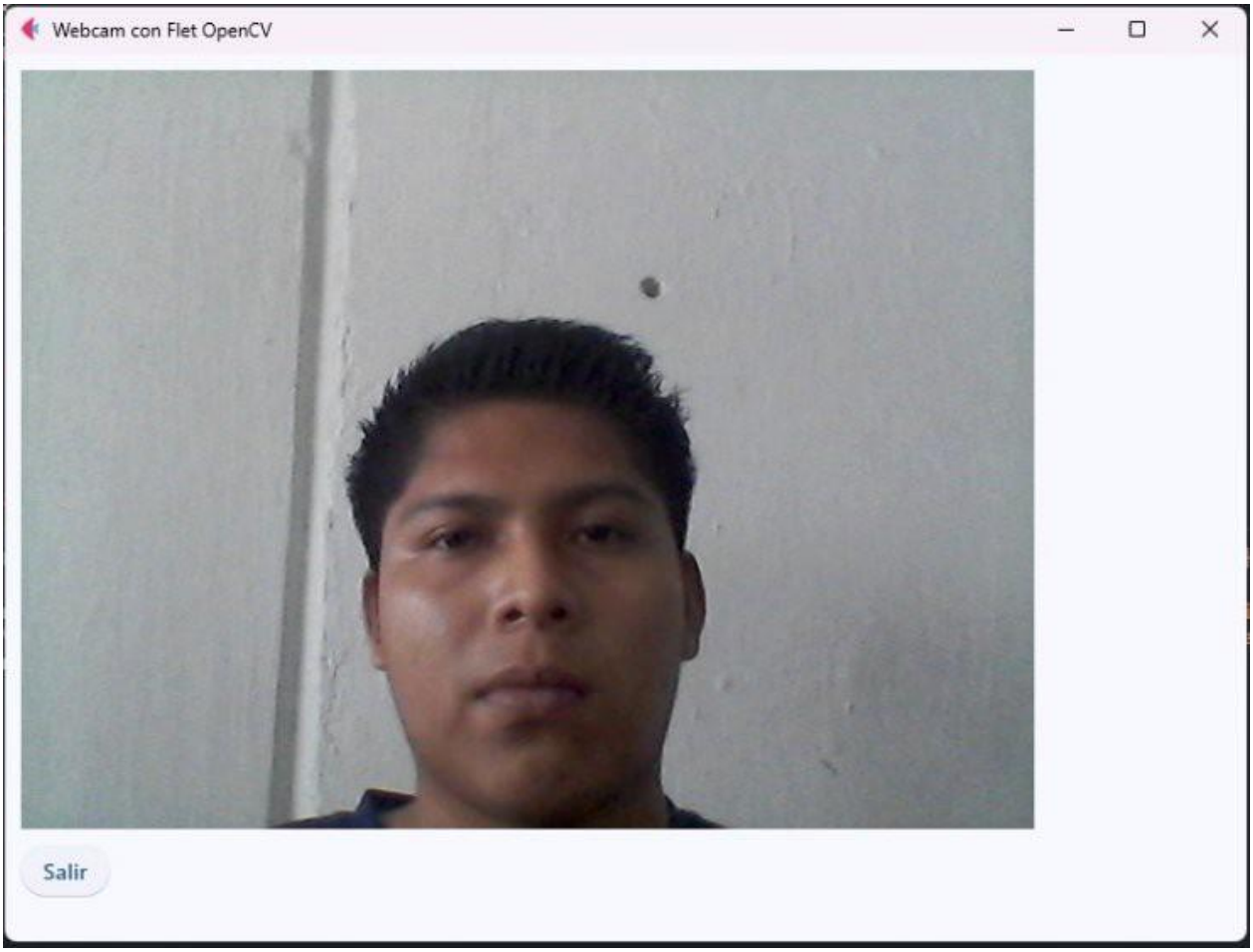


Figura 3. Prototipo 1.

Figura 5. Prototipo 1.

Figura 6. Prototipo 2.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 30-48
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Se mejoró significativamente la interfaz, haciéndola más moderna, organizada y adaptable a distintos taman˜os de pantalla, lo que incrementó la usabilidad y el atractivo visual del sistema.

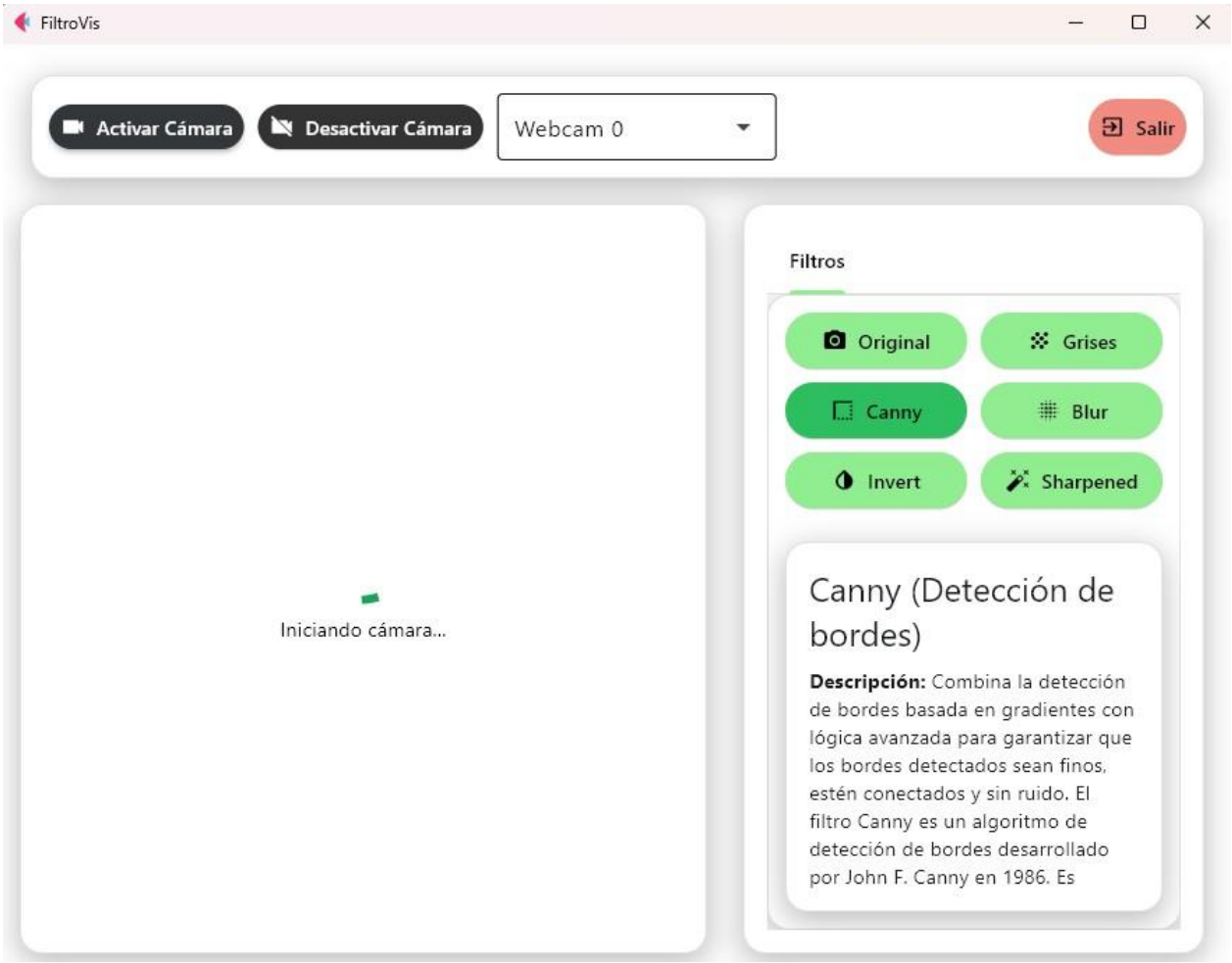


Figura 4. Prototipo 3.

Figura 7. Prototipo 3.

Pruebas

La aplicación FiltroVis fue desarrollada con un enfoque multiplataforma, permitiendo la ejecución en diferentes sistemas operativos, tal sea el caso de MS Windows, MacOS y diferentes distribuciones de Linux, manteniendo

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 30-48
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

en todos ellos una interfaz coherente y funcional. Su propósito principal es ofrecer un entorno visual que permita aplicar en tiempo real distintos filtros de procesamiento de imagen sobre la sen˜al de una cámara web.

Ejecución en MS Windows

Este fue presentado utilizando el filtro Canny que permite visualizar los bordes de las imágenes detectadas por la cámara Figura 8. El hardware utilizado fue una laptop Lenovo IdeaPad S145-14IIL con sistema operativo Microsoft Windows 11 Home. El equipo cuenta con un procesador Intel®Core™ i5-1035G1 de cuatro núcleos de hasta 3.6 GHz, 8 GB de memoria RAM DDR4 y una tarjeta gráfica integrada Intel®UHD Graphics.

Ejecución en MacOS

Este fue presentado con la captura de video original que demostró fielmente la captura de video desde los diferentes dispositivos conectados (Figura 9). El hardware utilizado fue una computadora Apple iMac 27 Retina 5K con procesador Intel®Core™ i5 de 4 núcleos a 3.2 GHz y 8 GB de memoria RAM DDR3, equipada con tarjeta gráfica AMD Radeon R9 M390 con 2 GB de memoria dedicada.

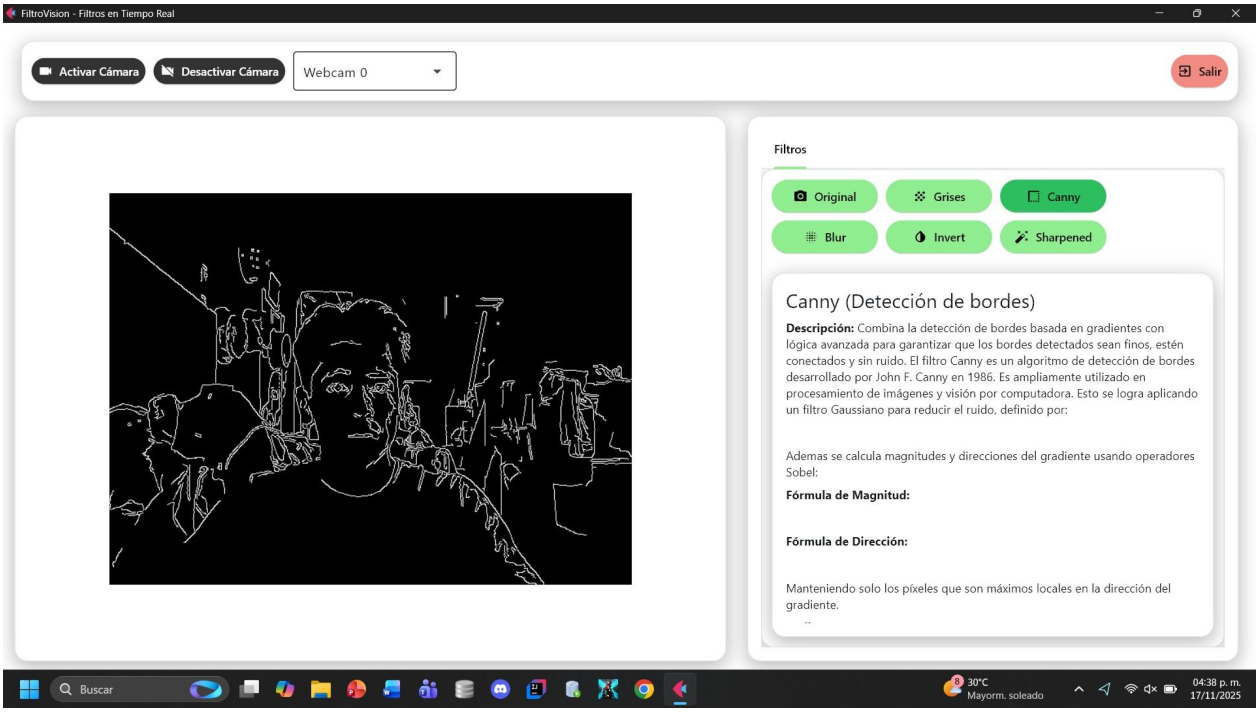


Figura 5. Figura 8. Prototipo en MS Windows.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 30-48
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Ejecución en Linux

En este caso se utilizó Ubuntu Linux 24.04.3 LTS. se presenta la captura de video original (ningún filtro) pero en esta ocasión se muestra el video obtenido desde una cámara web conectada de manera externa, la cual aparece como Webcam 2 en la Figura **??**. El hardware utilizado fue una laptop Honor NBR-WAX9 con procesador Intel®Core™ i5-10210U×8 y 8GB de memoria RAM, Tarjeta gráfica Intel®UHD Graphics (CML GT2), versión de núcleo Linux 6.14.0-36-generic y gestor de ventanas Wayland.

Ejecución Web

El framework de desarrollo Flet proporcionó las bases para que FiltroVis se pudiera enlazar vía Web utilizando dos dispositivos conectados en una misma red, tal como se muestra en la Figura 11. En este caso, se utilizó el sistema operativo MS Windows tanto en el host como en el cliente, y el navegador Google Chrome Versión 142.0.7444.176. Cabe destacar que el video se mostró de manera fluída y sin interrupciones en la intranet de prueba, lo que permite utilizar FiltroVis como una cámara de video vigilancia.

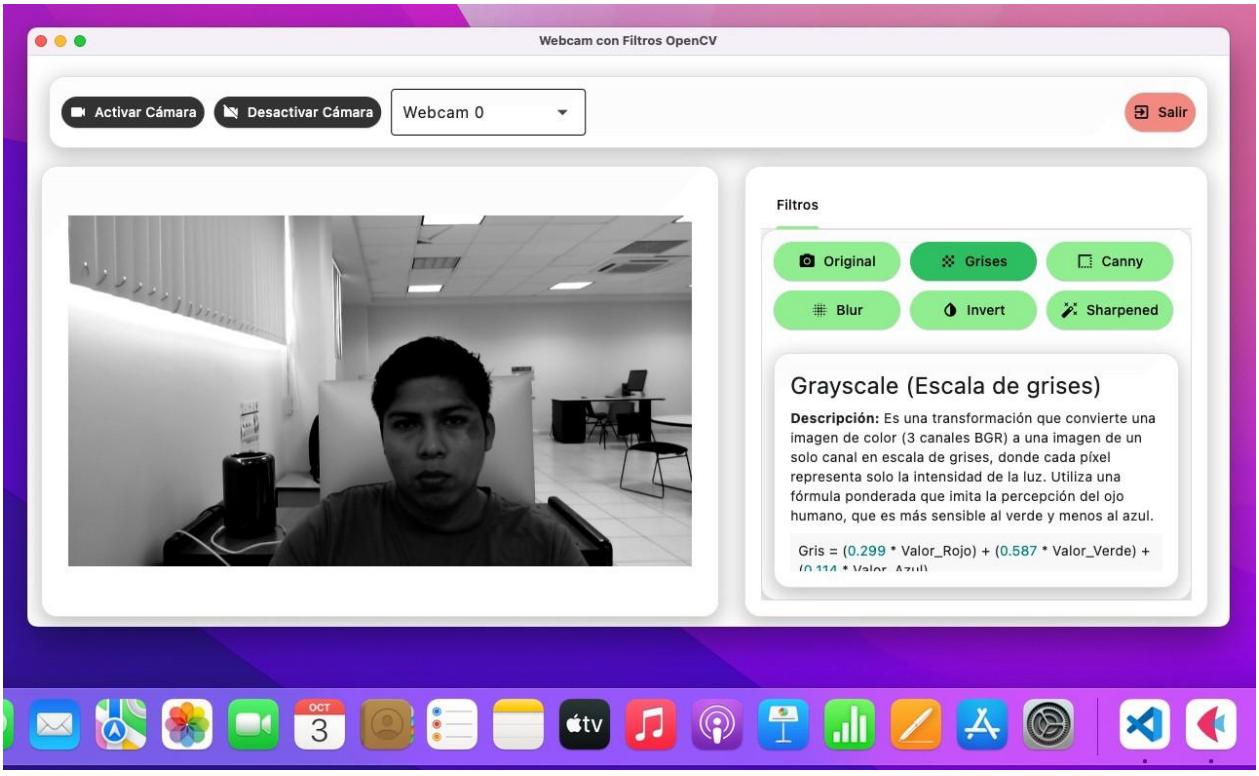


Figura 6. Prototipo en MacOS

Conclusiones

Durante el desarrollo de la aplicación se obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto a la funcionalidad, la integración de filtros y el rendimiento del sistema en tiempo real. Sin embargo, el proceso presentó diversas dificultades que permitieron analizar el comportamiento del software y fortalecer la comprensión técnica del entorno de trabajo. Uno de los principales desafíos fue la configuración de las dependencias y versiones de las bibliotecas, particularmente al integrar Flet 0.28 con OpenCV 4.12. En algunos casos, se presentaron problemas relacionados con la detección de la cámara y el bloqueo de hilos al ejecutar la visualización en tiempo real, los cuales fueron resueltos mediante la implementación de procesos concurrentes utilizando el módulo Threading.

Otro punto de análisis fue la eficiencia del procesamiento de video. Se observó que el rendimiento variaba según el dispositivo de captura y la resolución de la cámara. Esto permitió comprobar la necesidad de optimizar la frecuencia de actualización y el tamaño de las imágenes procesadas para mantener una velocidad de respuesta adecuada sin comprometer la calidad visual. En cuanto a la interfaz, se realizaron ajustes iterativos para mejorar la disposición de los elementos y la experiencia del usuario. El uso de contenedores, columnas y pestañas en Flet permitió obtener una interfaz más limpia y moderna, capaz de adaptarse a diferentes resoluciones. Durante estas pruebas se documentaron los resultados mediante capturas de pantalla que muestran el comportamiento del sistema bajo distintos entornos operativos, evidenciando la portabilidad del prototipo.

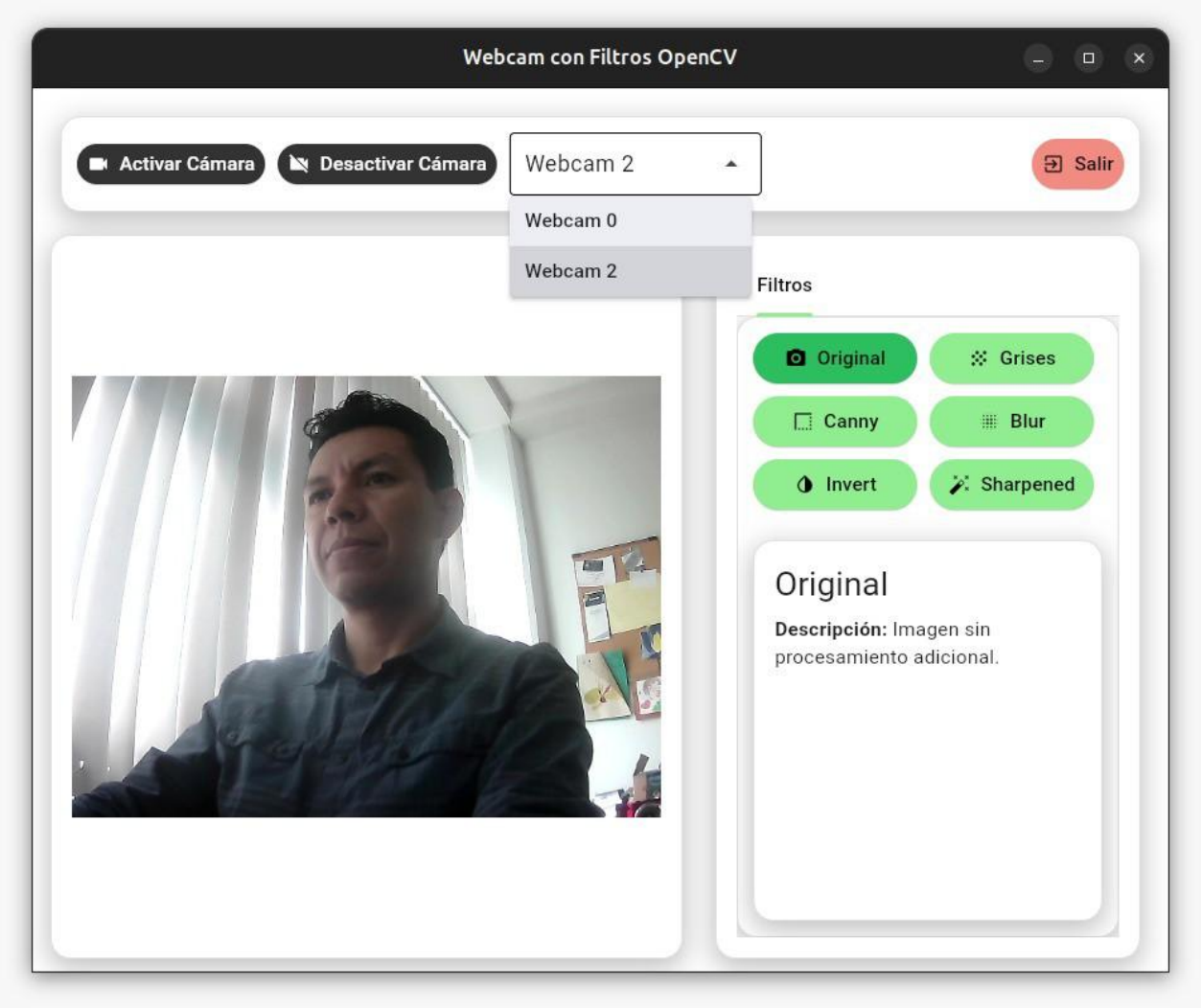


Figura 7. Prototipo en Ubuntu Linux.

Finalmente, el desarrollo de esta aplicación de procesamiento de imágenes con filtros logró el objetivo de integrar de manera efectiva los fundamentos teóricos de la aplicación de filtros a imágenes utilizando Flet y OpenCV, herramientas de código abierto accesibles que permitieron aplicar una metodología de entrega incremental, alcanzando un sistema robusto y eficiente que puede descargarse desde https://github.com/valentin-manuel/FiltroVis.

Contribución de Autoría

Valentín Ramos Manuel: Investigación, Análisis formal, Software, Redacción - borrador original. Aldo Manuel Aguilar González: Visualización, Software, Redacción - borrador original. Oscar Chávez-Bosquez: Conceptualización, Metodología, Análisis formal, Recursos, Supervisión, Administración de proyectos, Escritura, revisión y edición.

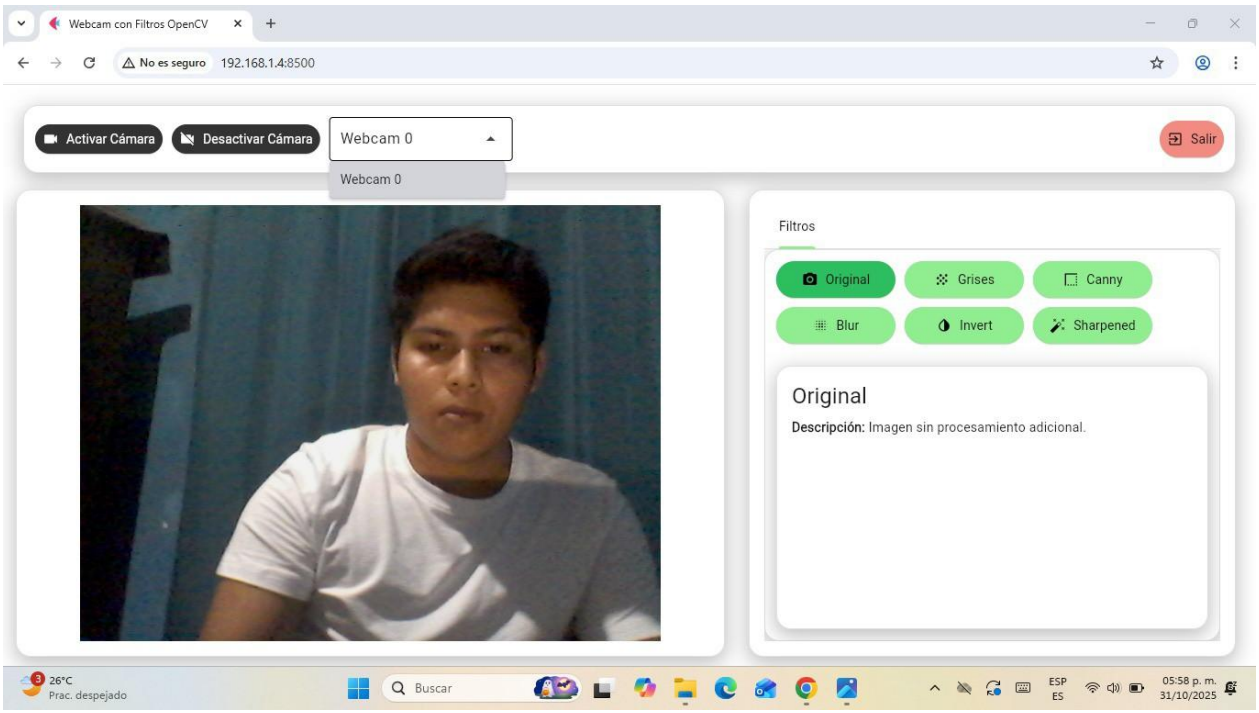


Figura 8. Prototipo Web.

Referencias

[1] L. Sucar and G. Gómez, *Visión Computacional*. México: Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), 2011.

[2] G. Bradski, "The OpenCV library," *Dr. Dobb's Journal of Software Tools*, 2000.

[3] Flet, "Build multi-platform apps in Python powered by Flutter — Flet," https://flet.dev, 2025.

[4] M. Hassan, "Opencv images: Building modern guis using python," https://www.youtube.com/watch?v=2lnHv0zyP8U, 2025.

[5] F. Wolff, "Opencv gui step-by-step tutorial for beginners," https://fedmsg.com/opencv-gui/, 2023.

[6] D. M. Escriva, "Opencvgui: An opencv graphical user interface," https://damiles.github.io/OpenCVGUI/, 2017.

[7] M. Palacios-Ortega, L. Cruz-Florez, L. Ortiz-Aguilar, J. Mosinõ, and A. Merino-Torres, "Diseño de un prototipo ergonómico para la estandarización de imágenes con aplicaciones en visión artificial," *Ideas en Ciencias de la Ingeniería*, vol. 3, no. 1, pp. 4–21, 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.36677/rici.v3i1.24445

[8] S. Parraga-Badillo and M. Coral-Ygnacio, "Implementaciones de selección visual en frutas: una revisión sistemática de literatura," *Revista Científica de Sistemas e Informática*, vol. 4, no. 1, pp. 1–24, 2023. [Online]. Available: https://doi.org/10.51252/rcsi.v4i1.591

[9] J. Álvarez-Bermejo, D. Morales-Santos, E. Castillo-Morales, L. Parrilla, and J. López-Ramos, "Efficient image-based analysis of fruit surfaces using ccd cameras and smartphones," *Journal of Supercomputing*, vol. 75, no. 3, pp. 10 226–10 337, 2019. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s11227-018-2284-y

[10] A. Gálvez, A. Iglesias, I. Fister, C. Otero, and J. Díaz, "Nurbs functional network approach for automatic image segmentation of macroscopic medical images in melanoma detection," *Journal of Computational Science*, vol. 56, 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.jocs.2021.101481

[11] J. E. M. R. Campos, C. S. C. Rodríguez, L. D. A. Luján, and A. C. M. de los Santos, "Sistema de reconocimiento facial para el control de accesos mediante inteligencia artificial," *Innovación y Software*, vol. 4, no. 1, pp. 24–36, 2023. [Online]. Available: https://doi.org/10.48168/innosoft.s11.a78

[12] A. P. Canazas, J. J. R. Blaz, P. D. T. Martínez, and X. J. Mamani, "Sistema de identificación de emociones a través de reconocimiento facial utilizando inteligencia artificial," *Innovación y Software*, vol. 3, no. 2, pp. 140–150, 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.48168/innosoft.s9.a74

[13] S. Dissanayaka, O. Mudanayaka, T. Halloluwa, and C. D. Silva, "Imagelab: Simplifying image processing exploration for novices and experts alike," https://arxiv.org/abs/2401.03157, 2024.

[14] I. Sommerville, *Ingeniería de Software*, 9th ed. México: Pearson, 2011.

[15] R. Pressman and B. Maxim, *Ingeniería del software: un enfoque práctico*, 9th ed. México: McGraw-Hill/Interamericana, 2020.

[16] D. Mery, "Visión por computador," https://domingomery.ing.uc.cl/teaching/vision/, 2004.

[17] M. M. Ortíz, "Procesamiento digital de imágenes," https://www.cs.buap.mx/~mmartin/notas/PDI-MM-Rev.2013.pdf, 2013.

[18] GIMP, "Matriz de convolución," https://docs.gimp.org/2.6/es/plug-in-convmatrix.html, 2025.

[19] T. D. Mínguez, *Visión Artificial. Aplicaciones prácticas con OpenCV - Python*, 2nd ed. Barcelona: Marcombo, 2025.

[20] C. Lazo and P. Huijse, "Introducción al procesamiento de imágenes digitales," https://phuijse.github.io/UACH-INFO185/clases/unidad1/04_im%C3%A1genes.html, 2022.

[21] I. Jacobson, G. Booch, and J. Rumbaugh, *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. México: Pearson Educación, 2000.

[22] C. Larman, *UML y patrones: una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado*. México: Prentice Hall, 2002.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 49-63
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Artículos originales
Temática: Desarrollo de aplicaciones informáticas
Recibido: 23/7/2025 | Aceptado: 19/8/2025 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a296
ARK: ark:/42411/s29.a296

Agente Telefónico Automatizado para Gestión de Reservas en Restaurantes: Desarrollo y Evaluación de Usabilidad

Automated Telephone Agent for Restaurant Reservation Management: Development and Usability Evaluation

Jondec Delgado Cristhian[1][0009-0004-9566-9301]*, **Zavaleta Galarza Erick**[2][0009-0002-5880-3626], **Venturo Ramos Alexander**[3][0009-0003-4203-134X], **Mendoza de los Santos Alberto Carlos**[4][0000-0002-0469-915X]

[1]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. cjondec@unitru.edu.pe
[2]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. ezavaletag@unitru.edu.pe
[3]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. aventuror@unitru.edu.pe
[4]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. amendozad@unitru.edu.pe

*Autor para correspondencia: cjondec@unitru.edu.pe

Resumen
Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar y evaluar la usabilidad de un prototipo de sistema automatizado para la gestión telefónica de reservas, integrando herramientas de automatización y servicios web especializados, con el fin de determinar su aceptabilidad por parte de usuarios potenciales en la industria restaurantera. El prototipo fue desarrollado utilizando una metodología por componentes que permitió a cada miembro del equipo enfocarse en tareas específicas, promoviendo el trabajo paralelo y aumentando la eficiencia en la construcción del sistema.
El sistema integró exitosamente todos sus módulos, estableciendo un flujo de conversación automatizado capaz de verificar en tiempo real la disponibilidad de horarios y registrar con precisión la información del cliente antes de confirmar la reserva.
Se aplicó la escala SUS a una muestra de 50 estudiantes universitarios de diversos campos académicos de la Universidad Nacional de Trujillo para evaluar la usabilidad del sistema y el grado de aceptación. El sistema recibió una puntuación promedio de 81.2 puntos, ubicándolo en la categoría de usabilidad "buena"según estándares internacionales. Estos resultados muestran que los usuarios son muy receptivos y positivos sobre el uso de sistemas automatizados para tareas de reserva, lo que valida el potencial para implementar este tipo de soluciones en entornos del mundo real.

Palabras claves: Automatización de procesos, Evaluación SUS, Gestión de reservas, Integración de sistemas, Usabilidad.

Abstract
This work aimed to develop and assess the usability of a prototype automated system for telephone reservation management, integrating automation tools and specialized web services, in order to determine its acceptability by potential users in the restaurant industry. The prototype was developed using a component-by-component methodology that allowed each equipment member to focus on specific tasks, promoting parallel work and increased system construction efficiency.

The system successfully integrated all of its modules, establishing an automated conversation flow capable of verifying in real time the availability of periods and accurately registering customer information prior to confirming the reservation.
The SUS scale was applied to a sample of 50 university students from various academic fields at the Universidad Nacional de Trujillo in order to assess the system's usability and degree of acceptance. The system received an average score of 81.2 points, placing it in the "goodüsability category according to international standards. These results show that users are very receptive and positive about using automated systems for reservation tasks, which validates the potential for implementing these kinds of solutions in real-world settings.

Keywords: *Process automation, SUS evaluation, Reservation management, System integration, Usability.*

Introducción

La implementación de sistemas de reservas digitales ha mostrado beneficios tangibles en términos de eficiencia operacional y optimización de ingresos. A través de un estudio de caso, [1] demostraron que soluciones como OpenTable les permiten superar limitaciones comunes de métodos tradicionales, como horarios limitados de atención telefónica, errores manuales y pérdida de información, además de demostrar ROI positivos en implementaciones del mundo real. En [2] investigaron el comportamiento del usuario hacia agentes conversacionales basados en texto y concluyeron que, según el Modelo de Aceptación Tecnológica, los usuarios ven estos sistemas como útiles para gestionar reservas rutinarias, particularmente en contextos sin fricción, y que su aceptación depende de factores como adecuación tecnológica, utilidad percibida y control comportamental. Estos estudios respaldan el valor de las tecnologías automatizadas para manejar tareas repetitivas y mejorar la experiencia del usuario en el sector servicios.

A partir de estos fundamentos, y tomando en cuenta que la mayoría de la investigación se ha enfocado en agentes conversacionales basados en texto, existe interés en investigar la aceptabilidad de un agente automatizado enfocado en interacción telefónica, una modalidad que aún está subutilizada a pesar de su prevalencia en muchos establecimientos. Este trabajo tiene como objetivo desarrollar y evaluar la usabilidad de un prototipo de sistema automatizado para gestión telefónica de reservas mediante la integración de herramientas de automatización y servicios web especializados, permitiendo a los usuarios probar su funcionalidad y potencial aceptación del usuario en la industria restaurantera.

La justificación de este trabajo se basa en la necesidad de mostrar que integrar tecnologías de automatización es factible para abordar los problemas encontrados en la gestión de reservas de restaurantes. Antes de considerar implementaciones reales en la industria, es esencial validar la efectividad de estas soluciones tecnológicas a través de evaluación de usabilidad para probar su potencial. Este enfoque avanza el conocimiento científico sobre integración de plataformas de automatización y proporciona evidencia empírica respecto a la aceptación del usuario de sistemas automatizados de gestión de reservas.

Métodos y metodología computacional

Enfoque de desarrollo

El desarrollo se llevó a cabo utilizando una metodología componente por componente, donde cada miembro del equipo asumió responsabilidad por un módulo particular, como front-end, back-end o automatización. Este enfoque hizo posible trabajar en paralelo y asignar tareas efectivamente basándose en las habilidades técnicas de cada miembro. La arquitectura general y el flujo de automatización requerido para integración con el servicio telefónico VAPI fueron definidos en una reunión conjunta.

La base del sistema fue la automatización, que se basó en configuración n8n e integración con VAPI para permitir recepción, procesamiento y registro automático de reservas a través de llamadas telefónicas. Además, se implementó un backend para almacenamiento estructurado de datos y un frontend administrativo para gestión básica y visualización de reservas. Después de que se desarrollaron los módulos, fueron integrados, se verificó la comunicación entre componentes y se llevaron a cabo pruebas funcionales de todo el sistema. Para evaluar la usabilidad y aceptabilidad del prototipo, finalmente se aplicó la escala SUS a usuarios reales.

Diseño del flujo conversacional

El flujo conversacional fue diseñado basándose en principios de experiencia del usuario que priorizaron claridad, eficiencia y control del usuario sobre el proceso. El saludo inicial ubica al agente automatizado y solicita cortésmente la información requerida para procesar la reserva. La fase de recolección de datos usa técnicas de conversación guiada para obtener el nombre del cliente, hora preferida, fecha y número de huéspedes. Además, permite al usuario usar expresiones temporales naturales como ”hoy a las...”, ”mañanaz ”la otra semana”, lo que promueve una interacción más fluida y humana comparable a una conversación real.

Al asegurar que todos los datos necesarios estén presentes antes de determinar disponibilidad, la validación de completitud ayuda a prevenir procesos incompletos. La verificación de disponibilidad en tiempo real verifica contra la base de datos actual si el artículo solicitado está disponible en la hora y fecha especificada, tomando en cuenta la capacidad de los individuos invitados también.

Cuando la solicitud original no está disponible, el sistema usa un mecanismo de sugerencia alternativa para sugerir opciones que son comparables en términos de tiempo y capacidad. Antes de continuar, la fase de confirmación solicita una confirmación explícita del cliente y presenta un resumen completo de los detalles de la reserva. Finalmente, el almacenamiento basado en datos crea un ID único de reserva y registra cada transacción con una marca de tiempo.

Implementación técnica

Se usaron flujos de trabajo personalizados en n8n que supervisan el flujo de comunicación e integración con el servicio telefónico de VAPI para implementar la automatización. Estos flujos de trabajo incluyen nodos de Solicitud HTTP para comunicación con la API del backend, nodos condicionales que evalúan la disponibilidad de mensajes basándose en tiempo, fecha y capacidad, y nodos Webhook que reciben datos de VAPI al inicio de cada llamada, capturando información del cliente y detalles de reserva.

Para establecer comunicación con los endpoints de la API Laravel, se configuraron nodos de solicitud HTTP usando los métodos POST y GET, y las respuestas fueron gestionadas en formato JSON. Los nodos condicionales (IF) permiten la evaluación de disponibilidad de mesa basándose en datos recibidos, redefiniendo el flujo según criterios de tiempo, fecha y capacidad.

Los nodos Webhook funcionan como disparadores para recibir datos de VAPI al inicio de una conversación telefónica, capturando información del cliente y detalles de la reserva solicitada. VAPI fue configurado con un prompt específico que define el contexto del restaurante y guía el comportamiento del agente conversacional.

Además, se agregó un nodo llamado .ªgente IA", que se conecta al modelo OpenAI vía créditos. Este nodo recibe datos de disponibilidad en la vecindad cuando no se encuentra una medición precisa y genera respuestas automáticas que sugieren opciones alternativas de reserva, proporcionando una interacción natural y contextualizada con el usuario. El modelo de flujo de automatización usado en n8n se muestra en la Figura 1.

El backend, construido con Laravel 12, proporciona una API RESTful básica que permite almacenar y recuperar datos de reserva y mesa. Por el contrario, el frontend desarrollado en React 19 ofrece una interfaz administrativa simple para gestión de reservas. Estos componentes apoyaron el sistema de automatización sin agregar funciones complejas. La Figura 2 ilustra la arquitectura general del sistema y el flujo operacional.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 49-63
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

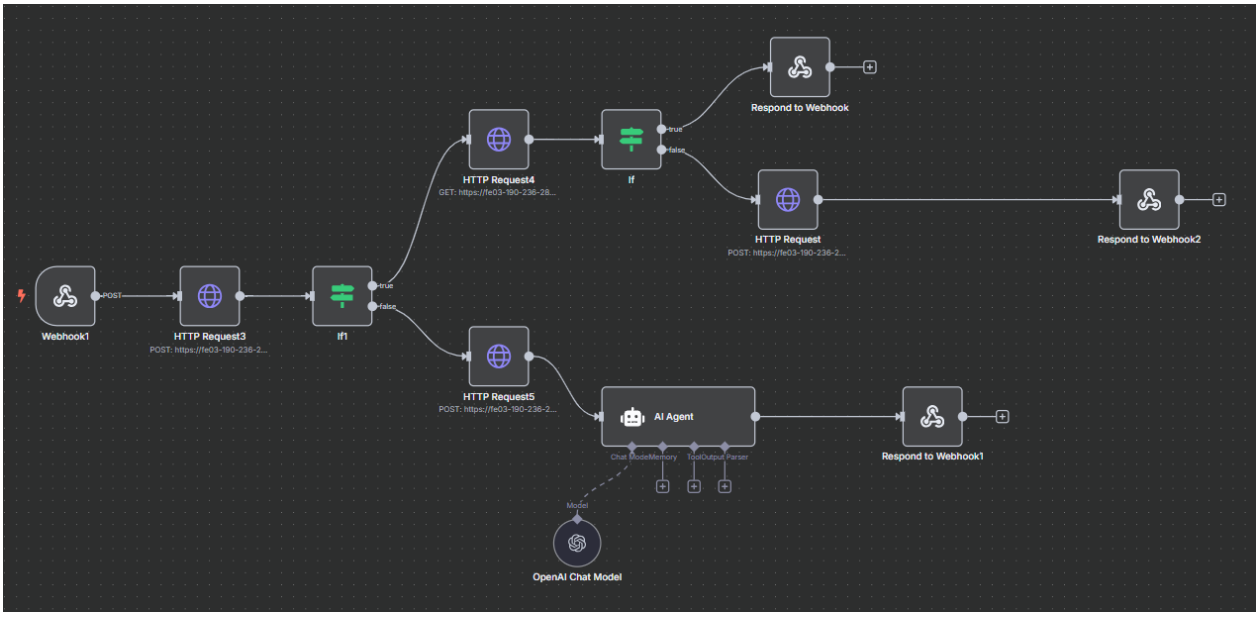


Figura 1. Flujo de automatización en n8n

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 49-63
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

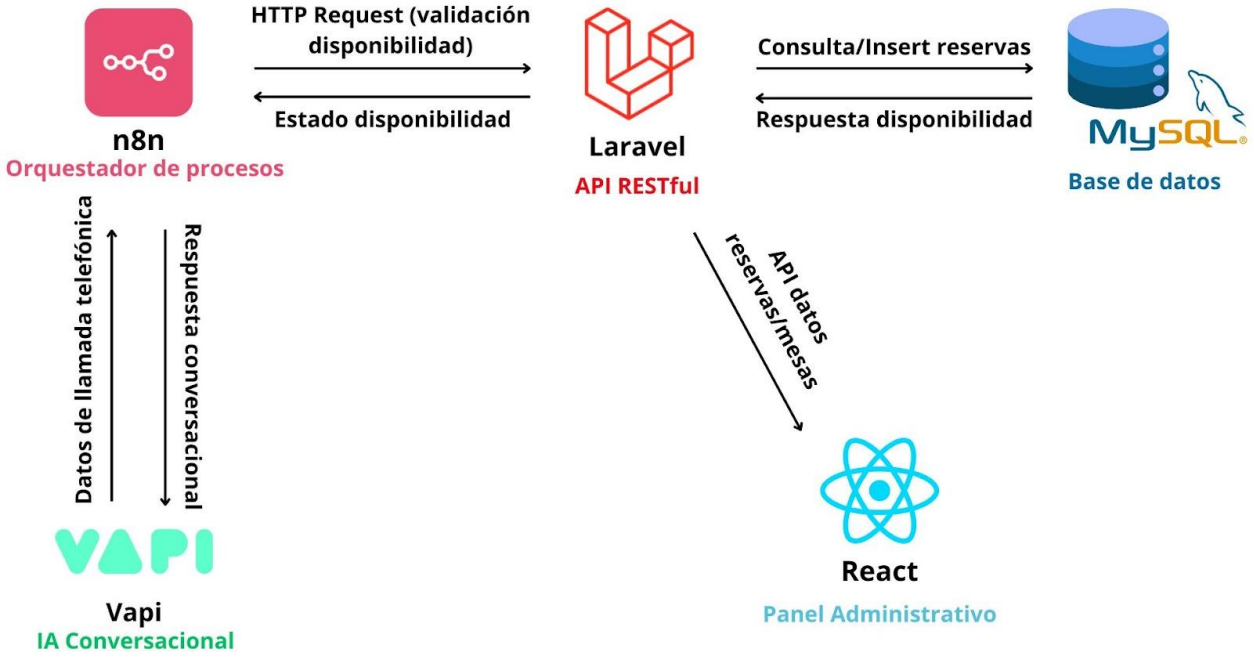


Figura 2. Arquitectura del sistema de reservas

Evaluación de usabilidad

Se usó la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) [3], una herramienta estándar de la industria que proporciona una medida confiable y válida de la usabilidad percibida por sistemas interactivos, para conducir la evaluación de usabilidad. Se seleccionaron cincuenta participantes, todos estudiantes universitarios de la Universidad Nacional de Trujillo con una variedad de antecedentes profesionales, asegurando grados variables de experiencia tecnológica en la muestra.

Los participantes participaron en llamadas telefónicas que fueron simuladas desde VAPI, donde se les dieron instrucciones previamente sobre cómo comportarse como si estuvieran haciendo una reserva real en un restaurante. Durante estas conversaciones telefónicas, se evaluaron varios escenarios, como reservas estándar, modificación de datos durante la conversación y manejo de situaciones donde la disponibilidad inicialmente solicitada estaba ausente. Cada sesión de evaluación duró aproximadamente diez minutos, incluyendo el tiempo requerido para completar el cuestionario SUS que consiste en diez preguntas y la interacción telefónica.

El cuestionario SUS consiste en diez declaraciones que los participantes califican en una escala Likert de 5

puntos (1 siendo completamente en desacuerdo, y 5 siendo completamente de acuerdo):

Declaración 1: Creo que me gustaría usar este sistema frecuentemente.

Declaración 2: Encontré el sistema innecesariamente complicado.

Declaración 3: Creí que el sistema era fácil de usar.

Declaración 4: Creo que para usar este sistema, necesitaría la asistencia de una persona técnica.

Declaración 5: Descubrí que las varias funciones en este sistema estaban bien integradas.

Declaración 6: Creo que había mucha inconsistencia en este sistema.

Declaración 7: Asumo que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente.

Declaración 8: Encontré el sistema muy difícil de usar.

Declaración 9: Me sentí muy seguro usando el sistema.

Declaración 10: Antes de poder empezar a usar el sistema, muchas cosas tenían que ser aprendidas.

Se usa la siguiente fórmula estándar para calcular el SUS:

(1)

Donde:

Contribución = (Puntuación del ítem - 1) para ítems impares (1, 3, 5, 7, 9).

Para pares de ítems (2, 4, 6, 8, 10): Contribución = (5 - Puntuación del ítem)

El factor multiplicador 2.5 convierte el rango de 0–40 a 0-100 puntos.

Según la interpretación estándar establecida por [3], la Figura 3 muestra los niveles de interpretación usados en la literatura especializada para evaluar los resultados SUS.

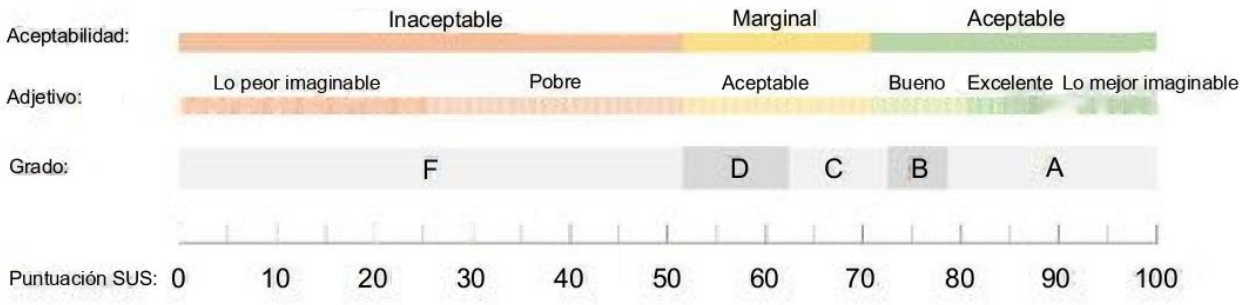


Figura 3. Escalas de interpretación de puntos SUS

Escala de aceptabilidad: Marginal (50–68), Aceptable (68–100), e Inaceptable (0–50).

Escala de adjetivos: Peor Imaginable (0–25), Pobre (25–50), Aceptable (50–70), Bueno (70–84), y Excelente (84–100).

Escala de calificación: F (0–62), D (62–68), C (68–79), B (79–84), y A (84–100).

Fundamentación teórica

Agentes conversacionales automatizados

Sistemas basados en inteligencia artificial que se comunican a través de lenguaje natural, usando procesamiento de lenguaje natural (PNL) y aprendizaje automático para imitar el habla humana [4].

Sistemas para gestión de reservas

Plataformas digitales que centralizan reservas de servicios (hoteles, restaurantes y salud), optimizan disponibilidad, precios y comunicación con usuarios, e integran pagos en línea [5].

Evaluación de usabilidad (SUS)

Diez ítems que miden usabilidad (facilidad, efectividad y satisfacción) usando escalas Likert, desarrollados por John Brooke en 1986 [6].

Metodología de desarrollo por componentes

Un enfoque modular que construye software usando componentes independientes y reutilizables, mejorando

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 49-63
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

eficiencia, mantenimiento y escalabilidad [7].

Servicio telefónico VAPI

Plataforma para desarrollar asistentes de voz con IA que pueden manejar llamadas entrantes y salientes, integrar con centros virtuales y personalizar voces a través de síntesis [8].

Resultados y discusión

El sistema desarrollado implementó exitosamente las funciones planificadas, resultando en una solución esencial para la gestión automatizada de reservas telefónicas.

La vista de reservas ofrece un panel administrativo que muestra información detallada sobre las reservas procesadas por el sistema. Como se ve en la Figura 4, este componente sirve como una herramienta de apoyo que permite un seguimiento visual de las reservas que son gestionadas automáticamente por el sistema telefónico.

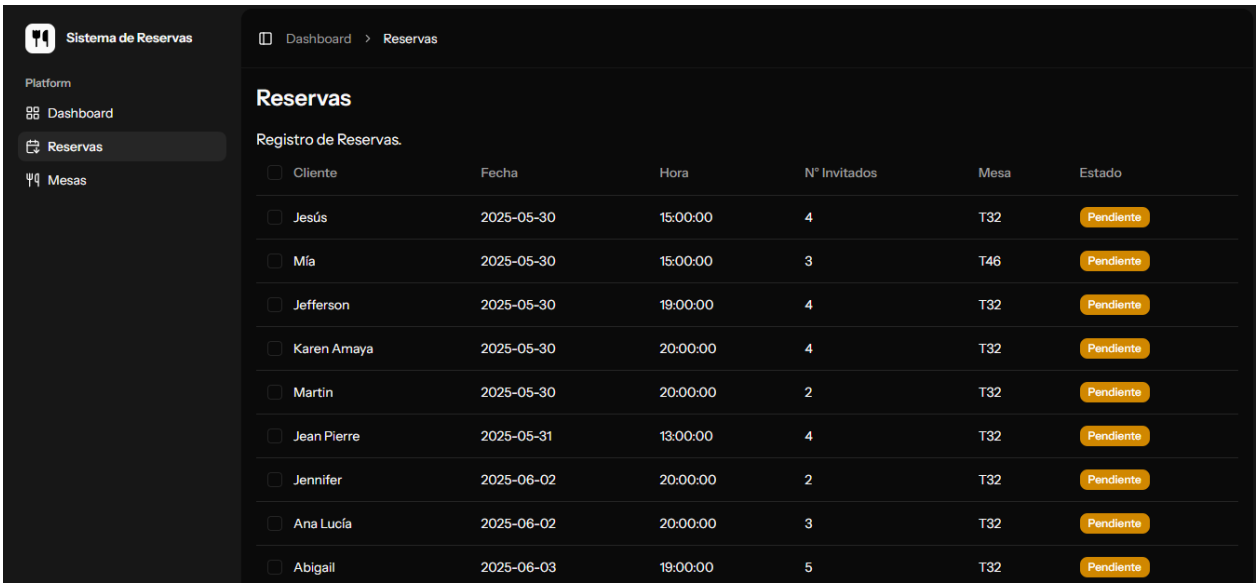


Figura 4. Interfaz administrativa del sistema de reservas

El flujo de trabajo desarrollado en n8n integró exitosamente todos los componentes del sistema, resultando en un flujo funcionalmente automatizado.

La integración de componentes mostró fortaleza en el manejo de varios escenarios, como escenarios de éxito

estándar, situaciones de disponibilidad que requieren sugerencias alternativas, y verificación del cliente de que todos los datos necesarios fueron proporcionados.

Como se mencionó previamente, se usó la escala SUS para conducir la evaluación de usabilidad. Cincuenta estudiantes de la Universidad Nacional de Trujillo, representando una variedad de antecedentes académicos, participaron en la evaluación.

Usando la fórmula (1), la puntuación promedio fue 81.2 puntos, con una desviación estándar de 6.27 puntos obtenida a través de análisis estadístico de las puntuaciones individuales. La Figura 5 muestra la distribución de las puntuaciones y claramente muestra que los resultados se concentran en el rango superior de usabilidad.

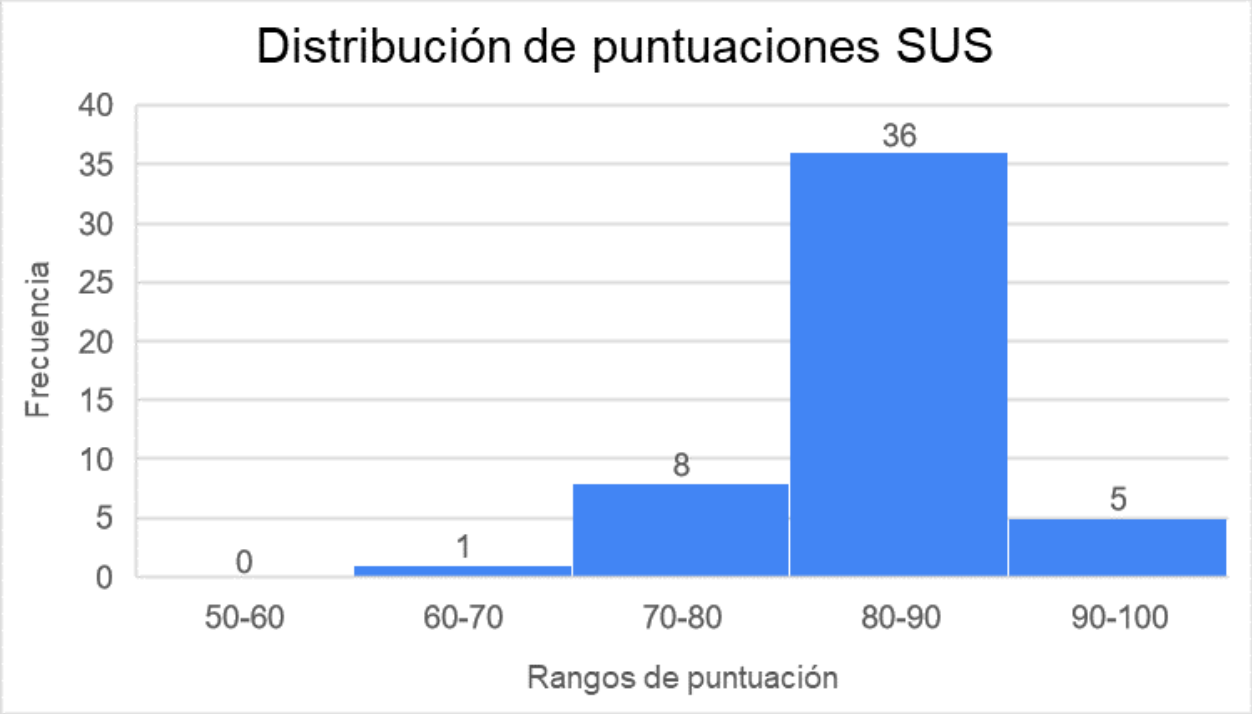


Figura 5. Distribución de puntos SUS

Según el análisis detallado, solo un participante (2 %) puntuó en el rango 60–70, mientras que ocho participantes (16 %) puntuaron en el rango 70–80. La gran mayoría de participantes (36 de 50, o 72 %) recibieron puntuaciones entre 80 y 90. Notablemente, cinco participantes (10 %) lograron puntuaciones en el rango superior 90–100. Ninguno de los participantes puntuó menos de 60 puntos.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 49-63
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Esta distribución muestra que los estudiantes universitarios encontraron satisfactorio el sistema desarrollado en términos de usabilidad. Según los estándares establecidos, 88 % de los puntos, o 70 puntos, caen en la categoría "Buena".

La desviación promedio de 6.27 puntos sugiere que hubo poca variación en las evaluaciones y que las experiencias de usabilidad de los participantes fueron consistentes independientemente de sus carreras académicas. Esta consistencia es especialmente importante porque los evaluadores vinieron de una variedad de disciplinas y tenían grados variables de experiencia técnica.

El análisis detallado de las respuestas a cada una de las diez declaraciones en el cuestionario SUS ofrece perspectivas específicas sobre varios aspectos de usabilidad percibida. Como se muestra en la Figura 6, la puntuación promedio por declaración revela indicadores importantes para la evaluación del sistema.

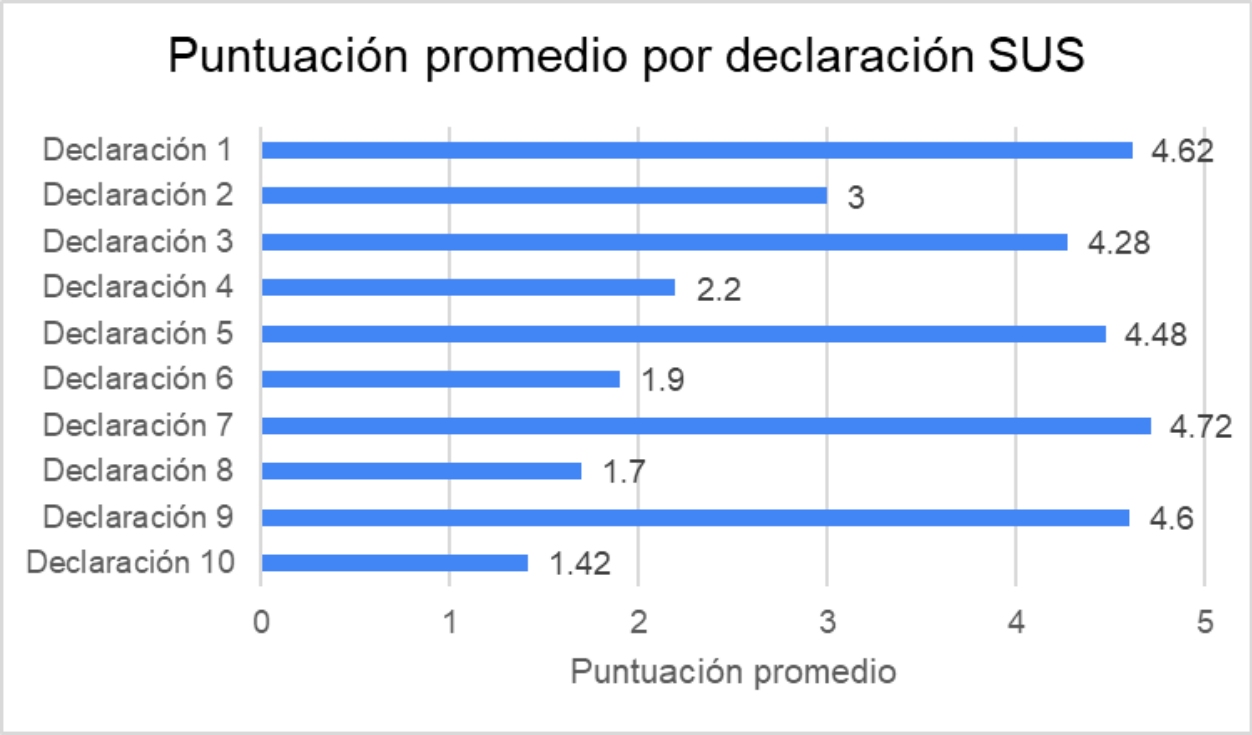


Figura 6. Puntuación promedio por declaración

Las declaraciones con la puntuación promedio más alta fueron 7 (4.72 puntos), 1 (4.62 puntos), y 9 (4.60 puntos). Estas declaraciones mostraron que los usuarios encontraron el sistema fácil de aprender, estuvieron dispuestos a usarlo frecuentemente, y confiaron en él mientras lo usaban. La quinta declaración también recibió

una puntuación notable de 4.48 puntos, indicando que los usuarios encontraron que las funciones del sistema estaban bien integradas.

Las declaraciones con menos puntos coinciden con las declaraciones que están invertidas de la pregunta. La puntuación más baja fue lograda por la declaración 10 (1.42 puntos), seguida por las declaraciones 8 (1.7 puntos) y 6 (1.9 puntos). Aunque estos puntos bajos en declaraciones invertidas son generalmente buenos para el sistema, la declaración 4 (2.2 puntos) indica que aproximadamente 20 % de los usuarios sintieron que era necesario algún tipo de soporte técnico. Similarmente, la declaración 2 (3.0 puntos) establece que algunos usuarios encontraron alguna complejidad innecesaria en el sistema, indicando una característica que necesita atención para maximizar la experiencia del usuario.

Aunque revela áreas específicas para mejora, la distribución de puntos mostrada en la Figura 6 confirma la efectividad general del diseño del sistema. Las declaraciones en las declaraciones dos y cuatro implican que, a pesar del buen desempeño general, hay espacio para simplificar algunos aspectos de interacción y reducir las percepciones de algunos usuarios sobre complejidad técnica.

Los resultados del análisis de ítems confirman que el sistema desarrollado logró un equilibrio adecuado entre funcionalidad y simplicidad, con una fortaleza particular en facilidad de aprendizaje y confianza del usuario. Sin embargo, los puntos más débiles en algunas declaraciones destacan la necesidad de mejorar algunos aspectos de la interfaz conversacional para lograr una adopción completamente exitosa a través de todos los segmentos de usuarios.

Conclusiones

Concluimos que la integración de tecnologías de automatización a través de servicios web especializados es factible basándose en la evaluación de usabilidad que fue conducida, demostrando el alto nivel de aceptación por parte de usuarios potenciales de tecnologías de automatización integradas en servicios que requieren gestión de reservas. De esta manera, es posible decir que los sistemas automatizados de gestión de reservas son una solución prometedora para mejorar procesos operacionales en la industria restaurantera. Basándose en los métodos usados, también muestran promesa para modernizar servicios que tradicionalmente requieren intervención humana continua.

Respecto al trabajo futuro, se sugiere investigar la integración del sistema con plataformas de gestión de inventario y metodologías de análisis predictivo que permitan optimización de estrategias de gestión de ingresos en tiempo real. Además, sería beneficioso conducir estudios longitudinales en entornos del mundo real para evaluar la adopción sostenida del sistema, su impacto en eficiencia operacional y la satisfacción de los usuarios

finales. Finalmente, se sugiere que esta solución sea extendida a otras industrias que proporcionan servicios intensivos en reservas o citas, como centros médicos, farmacias u oficinas mecánicas, donde las ventajas de la automatización pueden ser igualmente significativas.

Contribución de Autoría

Cristhian André Jondec Delgado: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Software, Validación, Redacción - borrador original. Erick Arnie Zavaleta Galarza: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Software, Validación, Redacción - borrador original. Alexander Josué Venturo Ramos: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Software, Validación, Redacción - borrador original. Alberto Carlos Mendoza de los Santos: Análisis formal, Investigación, Software, Supervisión, Validación, Redacción - borrador original.

Referencias

[1] T. L. Barton and J. B. MacArthur, "A teaching case on the benefits and costs of restaurants using OpenTable online restaurant reservations," *J. Bus. Account.*, vol. 15, no. 2, pp. 126–134, 2020. [Online]. Available: http://asbbs.org/files/2016/JBA_Vol9_2016.pdf#page=128

[2] K. Wüst and K. Bremser, "Artificial intelligence in tourism through chatbot support in the booking process–An experimental investigation," *Tourism Hospitality*, vol. 6, no. 1, 2025, art. no. 36. [Online]. Available: https://doi.org/10.3390/tourhosp6010036

[3] J. Brooke, "SUS: A 'quick and dirtyúsability scale," in *Usability Evaluation in Industry*, P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, and I. L. McClelland, Eds. London, U.K.: Taylor & Francis, 1996, pp. 189–194. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/319394819_SUS_--_a_quick_and_dirty_usability_scale

[4] IBM, "Conversational AI," IBM Topics. [Online]. Available: https://www.ibm.com/es-es/topics/conversational-ai

[5] ComparaSoftware, "Software de Reservas," ComparaSoftware Peru. [Online]. Available: https://www.comparasoftware.pe/reservas

[6] TeacupLab, "Qué es la escala SUS y cómo usarla para medir la usabilidad," TeacupLab Blog. [Online]. Available: https://www.teacuplab.com/es/blog/que-es-la-escala-sus-y-como-usarla-para-medir-la-usabilidad/

[7] VPNUnlimited, "Component-Based Development," VPNUnlimited Help Center. [Online]. Available: https://www.vpnunlimited.com/es/help/cybersecurity/component-based-development

[8] Zadarma, "VAPI AI Instructions," Zadarma Support. [Online]. Available: https://zadarma.com/es/support/instructions/vapiai/

[9] A. Bangor, P. T. Kortum, and J. T. Miller, "An empirical evaluation of the System Usability Scale," *Int. J. Hum.-Comput. Interact.*, vol. 24, no. 6, pp. 574–594, 2008.

[10] AXELOS, *ITIL Foundation: ITIL 4 Edition*. London, U.K.: The Stationery Office, 2019. [Online]. Available: https://www.mizekhedmat.com/wp-content/uploads/2022/07/ITILFoundation-ITIL4Edition.pdf

[11] D. Buhalis, T. Harwood, V. Bogicevic, G. Viglia, S. Beldona, and C. Hofacker, "Technological disruptions in services: Lessons from tourism and hospitality," *J. Service Manage.*, vol. 30, no. 4, pp. 484–506, 2019. [Online]. Available: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JOSM-12-2018-0398/full/html

[12] A. Dix, J. Finlay, G. D. Abowd, and R. Beale, *Human-Computer Interaction*, 3rd ed. London, U.K.: Pearson Education Limited, 2004. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/224927543_Human-Computer_Interaction

[13] ISO/IEC 25010:2011, "Systems and Software Engineering – Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and Software Quality Models," Geneva, Switzerland, 2011. [Online]. Available: https://www.iso.org/standard/35733.html

[14] J. Li, M. A. Bonn, and B. H. Ye, "Hotel employee's artificial intelligence and robotics awareness and its impact on turnover intention: The moderating roles of perceived organizational support and competitive psychological climate," *Tourism Manage.*, vol. 73, pp. 172–181, 2021. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261517719300354

[15] J. Nielsen, "Why you only need to test with 5 users," Nielsen Norman Group, Mar 2000. [Online]. Available: https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/

[16] J. Sauro and J. R. Lewis, *Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research*, 2nd ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann, 2016. [Online]. Available: https://www.elsevier.com/books/quantifying-the-user-experience/sauro/978-0-12-384968-7

[17] M. B. Saydam, E. Aydin, G. Sahin, and E. Sirakaya-Turk, "Artificial intelligence in tourism and hospitality: Bibliometric analysis and research agenda," *Int. J. Contemp. Hospitality Manage.*, vol. 35,

no. 7, pp. 2412–2436, 2022. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278431922001797

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 64-78
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Tipo de artículo: Artículos originales
Temática: Ingeniería de software
Recibido: 13/08/2025 | Aceptado: 02/10/2025 | Publicado: 30/03/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a358
ARK: ark:/42411/s29.a358

Evaluación de la usabilidad en un sistema de vuelo: un enfoque basado en las heurísticas de Nielsen

Usability evaluation in a flight system: an approach based on Nielsen's heuristics

María Soledad Martínez [1][0000-0003-2346-9859]*, **Daniel Ignacio Martínez** [2][0000-0001-6017-8132], **Ana Claudia Diz** [3] [0000-0002-0585-860x] , **Valeria Raquel Filoniuk** [4][0000-0003-0614-3814]

[1] Dirección de Análisis Operativo. Fuerza Aérea, Córdoba, Argentina. mariasolemartinez81@gmail.com
[2] Universidad Tecnológica Nacional, Córdoba, Argentina. danielignaciomartinez@gmail.com
[3] Dirección de Análisis Operativo. Fuerza Aérea, Córdoba, Argentina. anaclaudiadiz@gmail.com
[4] Dirección de Análisis Operativo. Fuerza Aérea, Córdoba, Argentina. vfiloniuk@gmail.com

* Autor para correspondencia: danielignaciomartinez@gmail.com

Resumen

Este artículo presenta la evaluación de la usabilidad del Sistema Debriefing, mediante la implementación de distintas técnicas de valoración. Cada organización y producto software presentan características particulares, por lo tanto, no existe una prueba de usabilidad única que pueda aplicarse de manera indistinta a todos los proyectos de software. En consecuencia, cada organización debe seleccionar las técnicas de evaluación más adecuadas, teniendo en cuenta las características específicas del sistema a evaluar. La usabilidad puede ser evaluada empleando técnicas que incluyan la participación de los usuarios finales, tal es el caso de la norma ISO 9241-11, o a través de métodos que no requieren su intervención directa, como la evaluación heurística. En términos generales, resulta conveniente combinar distintos enfoques, con el objetivo de optimizar los resultados obtenidos. Con este trabajo se propone realizar, en una primera instancia una evaluación heurística, y posteriormente complementar dicha valoración con un test de usabilidad aplicado a los usuarios finales, logrando mediante esta combinación de técnicas, un mayor grado de confiabilidad, completitud y objetividad en los resultados.

Palabras claves: heurísticas de Nielsen, ISO 9241-11, usabilidad.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 64-78
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Abstract

This article presents the evaluation of usability in the Debriefing System, through the implementation of different assessment techniques. Each organization and software product are generally different, meaning that there is no a "unique" usability test that can be applied to all software projects. Therefore, each organization must select the usability technique that is most convenient for it, taking into account the characteristics of the software to be tested. Usability can be evaluated using techniques that include the participation of end users, as is the case with the ISO 9241-11 standard, or it can be assessed using techniques that do not include their participation, such as heuristic evaluation. In general terms, it is advisable to combine different methods in order to optimize the results. The objective of this work is to first perform a heuristic evaluation and then complement this test with a test involving end users, achieving a higher degree of reliability, completeness, and objectivity in the tests through this combination of techniques.

Keywords**:** Nielsen´s heuristics, ISO 9241-11, Usability.

Introducción

El éxito de un producto de software, consiste básicamente en satisfacer las necesidades de los usuarios de manera rápida, flexible y con un alto nivel de calidad [1]. Por lo tanto, cumplir con los requerimientos especificados y las necesidades/ expectativas de los mismos es la piedra angular a la cual se debe apuntar para lograr el producto deseado [2].

El proceso de verificación y validación (V&V) aborda todas las fases del ciclo de vida del software, siendo utilizado para establecer si determinada etapa, tarea o producto, cumple con las necesidades del usuario y los requisitos establecidos para su desarrollo [3]. Estas actividades surgen de la necesidad de garantizar la calidad de un producto, permitiendo identificar defectos potenciales en los mismos y corregirlos antes de su implementación.

Dentro del proceso de V&V, las pruebas de usabilidad cumplen un rol fundamental, dado que la usabilidad constituye un atributo clave en la calidad del software [3]. Usabilidad es un término adaptado de la palabra en inglés "Usability", para indicar que algo se puede usar [4]; la norma ISO 9241-11 indica que la usabilidad se refiere al alcance en el que el producto puede ser utilizado por usuarios específicos para alcanzar metas específicas con eficiencia, efectividad y satisfacción en un contexto especifico de uso [5] [6].

En el marco del diseño centrado en el usuario, la usabilidad debe considerarse durante todo el ciclo de vida del producto, es decir, desde la planeación del sistema, hasta la implementación; e incluso, una vez puesto en funcionamiento, se debe dar un seguimiento apropiado, para conocer si el producto cumple con las expectativas de los usuarios [4].
En este contexto, las pruebas de usabilidad, junto con las pruebas funcionales, constituyen herramientas esenciales para la mejora continua de las aplicaciones, permitiendo comprender cómo interactúan los usuarios con las mismas**.**

Sin embargo, los métodos de medición para evaluar la usabilidad no son universales. Cada empresa o productos son diferentes, motivo por el cual no hay una prueba de usabilidad "única" que pueda aplicarse de manera indistinta a todos los proyectos de software. Empresas de gran prestigio como Apple, MailChimp, Yahoo, DirecTV, Microsoft, Buffer, entre otras, utilizan diferentes técnicas de usabilidad en función de sus necesidades específicas [7].

La usabilidad puede ser evaluada empleando técnicas que incluyan la participación de los usuarios finales, tal es el caso de la norma ISO 9241-11, o a través de métodos que no requieren su intervención, como la evaluación heurística [8]. En ocasiones, la combinación de distintas técnicas de evaluación resulta una estrategia eficaz para optimizar los resultados obtenidos**.**

El sistema Debriefing es un software operativo e interactivo destinado a la visualización y análisis de ejercicios post vuelo. Este sistema permite la reproducción de vuelos registrados mediante un Sistema Generador de Vuelos, posibilitando la simulación del vuelo junto con la reproducción sincronizada de los datos asociados. Asimismo, ofrece funcionalidades para el análisis de maniobras y la evaluación técnica, a través de representaciones en dos y tres dimensiones, incluyendo la indicación de la distancia real entre aeronaves De este modo, el usuario dispone de información que facilita un análisis detallado del desempeño durante el vuelo [9].

La utilización de este sistema resulta altamente beneficiosa para los pilotos, ya que les permite identificar e interpretar errores cometidos durante la operación, favoreciendo la formulación de lecciones aprendidas, elemento fundamental para la mejora continua del desempeño.

Considerando lo expuesto, la aceptación del software por parte de los pilotos se convierte en un factor determinante para el éxito del sistema. Sin embargo, dada la complejidad que implica la evaluación de la usabilidad del sistema

Debriefing, resulta conveniente aplicar, en una primera instancia, una técnica que no requiera la participación directa del usuario final, como la evaluación heurística. Este enfoque permite obtener un primer acercamiento al sistema, identificando posibles errores y aspectos a mejorar, que servirán como base para una posterior evaluación con usuarios reales.

En este trabajo se presenta la aplicación de las heurísticas de Nielsen para la evaluación de la usabilidad del sistema Debriefing, como una medida objetiva y complementaria a la evaluación basada en la norma ISO 9241-11, la cual contempla la participación directa del usuario final.

Materiales y métodos o Metodología computacional

La usabilidad constituye un aspecto esencial en el diseño y desarrollo de aplicaciones de software, ya que se relaciona directamente con la facilidad con la que los usuarios pueden interactuar con un sistema, comprender su funcionamiento y alcanzar sus objetivos de manera eficiente y satisfactoria. En el ámbito de la ingeniería de software, este concepto comenzó a adquirir relevancia a partir de la década de 1970, cuando se destacó la necesidad de desarrollar sistemas informáticos accesibles y comprensibles para los usuarios, dando origen al enfoque conocido como user-friendly. Este enfoque impulsó el desarrollo de interfaces más intuitivas y accesibles, adoptadas posteriormente por diversas organizaciones del sector tecnológico.

En la actualidad, existen múltiples métodos para la evaluación de la usabilidad de un software, cada uno con ventajas y limitaciones particulares. La selección del método de evaluación más adecuado depende de diversos factores, tales como las características del sistema, la etapa del ciclo de vida en la que se encuentra el producto y los objetivos específicos de la evaluación. En este sentido, no existe un método único aplicable a todos los casos, sino que cada organización debe adoptar aquel que mejor se ajuste a sus necesidades.

Según el Estándar ISO 9241-11, la usabilidad es entendida como “El grado en que un producto puede ser usado por usuarios específicos para lograr un objetivo con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico”. [10], [11].

La eficacia se determina a partir del porcentaje de tareas ejecutadas correctamente por los usuarios seleccionados. La eficiencia, por su parte, se evalúa considerando el tiempo requerido para la ejecución de las tareas definidas por el evaluador. En cuanto a la satisfacción, esta se vincula con el grado en que el software cumple las expectativas del

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 64-78
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

usuario dentro de un contexto de uso determinado. A diferencia de la eficacia y la eficiencia, la satisfacción presenta un componente subjetivo, lo que dificulta su parametrización cuantitativa directa [3]

A continuación, se describen las métricas utilizadas para la evaluación de la eficacia y la eficiencia, representadas mediante la tabla 1.

Tabla 1. Métricas para evaluar Efectividad y Eficiencia

Medición de la Efectividad: se evalúa que el usuario cumpla de forma correcta sus objetivos. Para esta evaluación se utiliza el siguiente indicador: $PTC = \frac{CTU*100}{CTDO} = \frac{\text{Cantidad Tareas que realizo el usuario para cumplir el objetivo de una prueba } *100}{\text{Cantidad Tareas Totales que debe realizar el usuario para cumplir el objetivo de una prueba}}$ Si PTC>= 70%: Efectividad satisfactoria Si PTC< 70%: Eficiencia no satisfactoria *Medición de la Eficiencia*: se evalúa que el usuario cumpla con los tiempos promedios estimados para la realización de los ejercicios. $TR = \frac{TpoUT*100}{TEP} = \frac{\text{Tiempo requerido por el usuario para completar las tareas en la ejecución de la prueba } *100}{\text{Tiempo estándar de ejecución de esta prueba}}$ Si TR>= 70%: Eficiencia satisfactoria Si TR< 70%: Eficiencia no satisfactoria

En complemento a las métricas de eficacia y eficiencia definidas por la norma ISO 9241-11, la evaluación de la usabilidad puede abordarse mediante técnicas que no requieren la participación directa del usuario final. Entre estas técnicas se destaca la evaluación heurística, la cual implica que un tester o grupo de testers con experiencia, examinen el software y evalúen el cumplimiento del mismo, según los principios de usabilidad definidos en dichas heurísticas [10]. Este tipo de evaluación constituye una forma eficiente y accesible de asegurar la usabilidad de una interfaz, permitiendo encontrar un número significativo de errores por medio de una serie de verificaciones, logrando obtener un primer acercamiento a la aplicación, previo a la realización de pruebas con usuarios finales.

En este contexto, el presente estudio adopta el enfoque de evaluación heurística propuesto por Jacob Nielsen, reconocido experto en usabilidad y pionero en el diseño centrado en el usuario. Nielsen desarrolló un conjunto de principios de usabilidad a partir del análisis de 249 problemas recurrentes de interacción, dando origen a un modelo de evaluación

heurística basado en diez principios universales de diseño de interfaces. Estas heurísticas proporcionan lineamientos ampliamente aceptados para la identificación de problemas comunes de usabilidad y la mejora de la experiencia del usuario.

En la tabla 2, que a continuación se detalla, se describen las heurísticas propuestas por Jacob Nielsen, las cuáles son tomadas como referencia, en una primera instancia, para evaluar la usabilidad del sistema Debriefing [13], [14], [15].

Tabla 2. Heurísticas de Nielsen

Heurísticas de Nielsen	
1- Visibilidad del estado del sistema	El sistema debe mantener siempre informado al usuario acerca de lo que está ocurriendo, proporcionando retroalimentación clara y oportuna
2- Coincidencia entre el sistema y el mundo real	La aplicación tiene que emplear el lenguaje del usuario, con expresiones y palabras que le resulten familiares. Asimismo, la información debe presentarse en un orden lógico y natural.
3- Control y libertad de usuario	Ante la selección de una opción incorrecta, el usuario debe disponer de una salida de emergencia que le permita abandonar el estado no deseado sin dificultad. El sistema debe posibilitar deshacer o repetir acciones previamente realizadas. .
4- Coherencia y estándares.	Es importante establecer y respetar convenciones lógicas y consistentes, de modo que el usuario no deba interpretar comportamientos distintos para acciones similares.
5- Prevención de errores.	El Sistema debe contar con la presencia de mecanismos de validación de datos, orientados a prevenir errores durante la interacción del usuario con el sistema.
6- Reconocimiento en lugar de recordar	El sistema debe hacer visibles acciones y opciones para que el usuario no tenga que recordar información entre distintas secciones o partes de la aplicación.
7- Flexibilidad y eficiencia de uso	El sistema debe permitir que tanto novatos como expertos, lo puedan utilizar sin inconvenientes, adaptándose al uso frecuente de cada perfil sin generar inconvenientes.
8- Diseño estético y minimalista	La interfaz no debe contener información innecesaria o irrelevante, ya que cada elemento adicional compite por la atención del usuario y reduce la visibilidad de la información relevante.

9- Ayude a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores	Los mensajes de error deben respetar un lenguaje claro y simple, indicando en forma precisa el problema y sugiriendo una solución constructiva al problema.
10- Ayuda y documentación	La ayuda debe ser fácil de localizar, especificando los pasos necesarios y no debe ser muy extensa.

La metodología seleccionada para llevar a cabo las pruebas de usabilidad del sistema Debriefing se fundamenta, en una primera instancia, en la aplicación de la evaluación heurística de Nielsen, técnica que no requiere la participación del usuario final. Este esquema de evaluación permite realizar un análisis preliminar de la aplicación, identificando posibles problemas de usabilidad que serán considerados como insumo para las posteriores pruebas de aceptación con usuarios, basadas en el estándar ISO 9241-11.

En este marco, se propone, un concepto disrruptivo para la institución, centrado en la mejora de procesos y en la interacción continua entre los testers, desarrolladores y usuarios del software. Con esta nueva visión se pretende agilizar el proceso de pruebas, como también ofrecer aumentos significativos en la calidad del producto final.

Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados del proceso de investigación, obtenidos mediante la evaluación heurística, representados mediante la tabla 3, y la valoración de los pilotos, representada en la tabla 4 y 5. Finalmente, se presentan los aportes de la investigación general y la integración de los resultados, para dar paso a las conclusiones descriptas en el último apartado.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 64-78
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Tabla 3. Resultados obtenidos a partir de las heurísticas de Nielsen

Heurística Evaluada	*Heurística Cumplimentada*	*Heurística Cumplimentada con Novedades*	*Severidad de la Novedad*
1-Visibilidad del estado del sistema		El sistema mantiene informado al usuario sobre el estado de ejecución en la mayoría de los casos. No obstante, en algunas acciones, como la selección de una misión o el almacenamiento de un vuelo, no se visualiza un mensaje de confirmación que indique que la operación fue realizada correctamente.	Mejora
2-Coincidencia entre el sistema y el mundo real		Existe coincidencia general entre el sistema y el mundo real, ya que el software emplea un lenguaje familiar para el usuario. Sin embargo, se identificaron inconsistencias en el formato de la fecha y la hora, así como en la representación de algunos elementos visuales, los cuales no resultan completamente representativos de la realidad operacional.	Medio
3-Control y libertad de usuario	El sistema brinda al usuario la posibilidad de deshacer acciones o salir de procesos no deseados, lo que favorece el control de la interacción y reduce la probabilidad de errores irreversibles. ✓		———
4-Coherencia y estándares.		El sistema mantiene coherencia en cuanto a convenciones y estándares visuales. No obstante, se detectaron inconsistencias en la nomenclatura de ciertos archivos generados por defecto, lo que puede generar confusión en el usuario.	Medio
5-Prevención de errores.	El sistema cuenta con validadores de datos que guían al usuario durante el ingreso de información, reduciendo la probabilidad de errores ✓		———

6-Reconocer en lugar de recordar.		El sistema presenta las opciones y funcionalidades de forma visible, evitando que el usuario deba recordar información entre distintas secciones del software. No obstante, en una acción puntual, para acceder a los datos o parámetros de la aeronave, es necesario desplazar el cursor hacia una zona específica de la interfaz.	Mejora
7-Flexibilidad y eficiencia de uso	El sistema ofrece opciones de interacción tanto para usuarios básicos como avanzados, permitiendo una utilización eficiente según el nivel de experiencia. ✓		———
8-Diseño estético y minimalista	La interfaz presenta un diseño estético y minimalista, evitando la inclusión de información innecesaria que pueda distraer al usuario durante la ejecución. ✓		———
9-Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores	Los mensajes de error se presentan en un lenguaje claro y comprensible, permitiendo al usuario identificar el problema y comprender la acción requerida para su resolución. ✓		———
10-Ayuda y documentación	El sistema dispone de ayuda en línea y de un manual de ayuda que permite asistir al usuario durante la operación de la aplicación. ✓		

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 64-78
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Finalizada la evaluación heurística, las novedades identificadas fueron comunicadas a los desarrolladores para la implementación de las correcciones correspondientes. Posteriormente, se llevaron a cabo pruebas de regresión con el objetivo de verificar que las observaciones reportadas hubieran sido adecuadamente corregidas y que el software continuara funcionando de manera correcta tras los cambios introducidos, sin generar impactos negativos en otros sectores o módulos del sistema.

A continuación, en la tabla 4, se describen los problemas de usabilidad que experimentaron los usuarios mediante la ejecución de un ejercicio de simulación, diseñada por el equipo de Testing. Finalmente, en la Tabla 5, se describen los resultados obtenidos a partir de los cuestionarios administrados a los pilotos.

Tabla 4. Resultados de las pruebas de usabilidad obtenidos durante el ejercicio de simulación

Usuario	*Caso de prueba a evaluar*		
	Generar vuelo	*Reproducir Vuelo*	*Generar Gráfico del vuelo*
USUARIO 1	El usuario ingresó al sistema Debriefing y seleccionó la opción Generar Vuelo. Activó el calendario emergente, seleccionó una fecha, eligió entre los vuelos disponibles y lo cargó. 	El usuario ingresó al sistema y abrió el formulario de carga de vuelos para iniciar sesión de Debriefing, seleccionó el archivo de vuelo generado, configuró los parámetros deseados, seleccionó el vuelo a reproducir en 2D y ejecutó la reproducción 	El usuario ingresó al sistema y ejecutó el generador de gráficos, seleccionó el archivo generado y la variable de interés a graficar. 

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 64-78
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

USUARIO 2	El usuario ingresó al sistema Debriefing y seleccionó la opción Generar Vuelo. Activó el calendario emergente, seleccionó una fecha, eligió entre los vuelos disponibles, pero no pudo cargar el vuelo porque no encontró el botón. 	El usuario ingresó al sistema y abrió el formulario de carga de vuelos para iniciar sesión de Debriefing, seleccionó el archivo de vuelo generado, configuró los parámetros deseados, pero no pudo representar el vuelo ya que la imagen del icono a seleccionar es confusa. 	El usuario ingresó al sistema y ejecutó el generador de gráficos, seleccionó el archivo generado y la variable de interés a graficar. 

Tabla 5. Resultados obtenidos a partir del cuestionario de usabilidad aplicado a los pilotos

Matriz de feedback		
Aspectos destacados	*Novedades identificadas*	*Sugerencias de mejora*
El software es percibido como intuitivo y fácil de utilizar. La representación del vuelo resulta clara y la aplicación funciona correctamente en el entorno evaluado	La iconografía utilizada no resulta completamente representativa en algunos casos. Asimismo, se constató que el sistema permite el acceso sin requerir el inicio de sesión del usuario	Incorporar alertas visuales y mejorar el acceso a la información relevante. Optimizar la visualización de ciertos parámetros, como límites de altitud y velocidad.

En función de los resultados obtenidos mediante ambas técnicas de evaluación, se consideraron, los problemas detectados a partir de las pruebas heurísticas, los resultados derivados de la ejecución del ejercicio de simulación, y las novedades/ ***y*** recomendaciones formuladas por cada usuario, a través de los cuestionarios, con el objeto de determinar si el software cumple con las expectativas y los requerimientos definidos, o si resulta necesario realizar ajustes previos a su puesta en producción.

En relación con la evaluación heurística, se observó que el 50 % de las novedades identificadas correspondieron a severidad media, mientras que el 50 % restante se clasificó como sugerencias de mejora. No se registraron novedades de severidad alta, crítica o bloqueante. Si bien los resultados obtenidos fueron considerados aceptables, una vez finalizadas las pruebas heurísticas, las observaciones detectadas fueron reportadas al equipo de desarrollo para la implementación de las correcciones pertinentes.

Respecto de la evaluación de la usabilidad desde la perspectiva del usuario final, se analizaron los atributos de eficacia y eficiencia mediante un ejercicio de simulación, y la satisfacción a través de un cuestionario, tomando como referencia la norma ISO 9241-11. Los resultados obtenidos evidencian que el software funciona correctamente y es utilizado de manera eficiente por los usuarios. Asimismo, se constató que las novedades identificadas no afectan la seguridad en vuelo ni generan un aprendizaje negativo, constituyendo una herramienta de gran utilidad para el adiestramiento de futuros Tripulantes de Aeronaves.

No obstante, y a partir del análisis realizado, se recomienda la corrección de las incidencias detectadas y la generación de una nueva versión del software, de manera previa a su pase a producción, con el fin de optimizar la calidad del producto final.

Conclusiones

El propósito de esta investigación fue implementar las heurísticas de Nielsen para la evaluación de la usabilidad del sistema Debriefing, como una medida de carácter objetivo y complementaria a la norma ISO 9241-11.
Los resultados obtenidos demuestran que, si bien la satisfacción del usuario resulta determinante para la adopción y el uso del software, la evaluación heurística constituye una herramienta eficaz para agilizar el proceso de pruebas, dado que requiere un tiempo reducido y un presupuesto acotado, permitiendo de este modo optimizar los resultados del proceso de evaluación.

No obstante, este tipo de pruebas no sustituye a las evaluaciones de usabilidad con usuarios reales, ya que los problemas identificados mediante una evaluación heurística difieren de aquellos detectados en una prueba de aceptación de usuarios. En este sentido, para el tipo de sistema analizado, resultó beneficiosa la aplicación conjunta de ambas técnicas,

realizando en una primera instancia un análisis heurístico y, posteriormente, pruebas con usuarios finales, lo que permitió mejorar la calidad del producto a entregar.

Agradecimientos

Le quiero agradecer especialmente a mi papá, quien me sigue acompañando y guiando desde el cielo, ya que fue y será la persona que siempre me apoyó e inspiró para crecer como persona y como profesional, festejando cada uno de mis logros como propio.

Me enseño el valor del esfuerzo, y a entender que hay que seguir adelante, pese a las dificultades y desafíos de la vida, sabiendo que todo problema tiene solución, caso contrario, no es problema.

Referencias

[1] L. N. Medina Velandia and A. Gutiérrez, "Pautas para optar por una metodología ágil para proyectos de software," *Revista Educación en Ingeniería*, no.37, vol.19, 2023.

[2] C. R. A. Maldonado. "Diseño ergonómico en interfaces gráficas para mejorar la experiencia de usuario," Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC, 2023.

[3] M. S Martínez, D. I Martínez, V. R Filoniuk, G. G. Chiappori, A. C. Diz, and S. E. Arias, "Aplicación de Norma ISO 9241-11 para la Evaluación de la Usabilidad en Simuladores de Vuelo," *Revista Innovación y Software,* no.2, vol.3, pp.70-80, 2022.

[4] P. E. A. Delgado, V. B. Macías, A. A. C. Cedeño and W. A. P. Zambrano, "Usabilidad y accesibilidad en sitios web, situación actual en las Universidades Ecuatorianas," *Revista Científica Multidisciplinaria*, no.1, vol.9 pp.45.54, 2023.

[5] R. Alcaraz Martínez, "Integración de la optimización de la experiencia de búsqueda (SXO), la usabilidad, la arquitectura de la información y la accesibilidad web: explorando un terreno común para mejorar la visibilidad en buscadores," *Revista de sistemas de información y documentación*, no.1, vol.18, pp.37-53, 2024.
[6] S. C. C. Melo, "Evaluación de la accesibilidad y la usabilidad para personas invidentes de sitios web educativos," Universidad y Sociedad, no.1, vol.15, pp.363-372, 2023.
[7] C. Bank and J. Cao, *The guide to usability testing*. (2014) [Online]. Available: https://www.inmagic.com

[8] R. Lázaro de Lara, "Plataforma interactiva para la prevención de la automedicación," thesis maestría, Universidad de Catalunya, Catalunya, 2023.

[9] V.R Filoniuk, "Implementación de una Metodología Centrada en el Usuario en el Proceso de Verificación y Validación de Software," thesis de Posgrado, Universidad Nacional de Rosario, 2024.

[10] J. P. López. Goyez, J. M.G. Guaytarilla and L.E.S. Ponce, "Métricas de usabilidad para el desarrollo de la interfaz web: Portafolio Académico Institucional. Caso UPEC," *Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación, no.2,* vo.11, pp.83-98, 2025.

[11] R. E. T. Frutos, O. L. D. Fernández and L. F. Araujo, "Usabilidad de software, basada en técnica Prototyping on Paper y normas de calidad," *FPUNE Scientific*, no.20, 2025.

[12] J. G. Rojas Gómez, "Propuesta de recomendaciones que optimicen la estructura y usabilidad de la arquitectura de la información de los sitios web de las entidades de salud pública del área metropolitana de Bucaramanga," Thesis, Universidad de Lasalle, 2025.

[13] M. A. P. Pico, R. G. C. Berrones and E. F. L. Torres, "Mejoras para los usuarios en la usabilidad de las aplicaciones móviles a partir de la adaptación de las heurísticas de Nielsen," Bibliotecas. Anales de investigación, pp.1-10, 2025.

[14] E. O. Ibarra, I. H. Ortega-Ibarra and C. Cruz-Meléndez, "Usabilidad en el Gobierno Electrónico: Heurísticas de Jakob Nielsen y Principios Prácticos de Steve Krug *Edähi," Boletín Científico de Ciencias Sociales y Humanidades del ICSHu*, no.26, vol.13, pp.74-81, 2025.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 79-93
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Artículos originales
Temática: Ingeniería de software
Recibido: 20/8/2025 | Aceptado: 11/10/2025 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a339
ARK: ark:/42411/s29.a339

Sistema de autenticación multimodal con reconocimiento facial y totp para acceso seguro

Multimodal authentication system with facial recognition and totp for adaptable secure access

Jesús Christopher Mecola Bernedo[1][0009-0000-0709-4220]*, **Julio David Tirado Ávila**[2][0009-0003-0703-086X], **Alberto Carlos Mendoza de los Santos**[3][0000-0002-0469-915X]

[1]Universidad Nacional de Trujillo. Dirección postal.. jmecolab@unitru.edu.pe
[2]Universidad Nacional de Trujillo. Dirección postal.. jtiradoa@unitru.edu.pe
[3]Universidad Nacional de Trujillo. Dirección postal.. amendozad@unitru.edu.pe

*Autor para correspondencia: jmecolab@unitru.edu.pe

Resumen
La creciente sofisticación de las ciberamenazas ha evidenciado la insuficiencia de los sistemas de autenticación basados únicamente en contraseñas. Como respuesta, la autenticación multifactorial (MFA) se ha consolidado como un estándar de seguridad. Sin embargo, la rigidez en la implementación de MFA puede afectar negativamente la experiencia del usuario. Este artículo presenta el diseño, implementación y evaluación de un sistema de autenticación multi-modal que ofrece una aproximación híbrida y flexible, permitiendo a los usuarios verificar su identidad mediante reconocimiento facial o una contraseña de un solo uso basada en el tiempo (TOTP), además de la credencial tradicional de contraseña. El sistema fue desarrollado en Python, utilizando una arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC) para garantizar la modularidad y escalabilidad. Se emplearon las librerías OpenCV y face$_r ecognition para el módulo biométrico y PyOTP para la implementación del estándar RFC 6238 (TOTP). L$

Palabras claves: Autenticación biométrica, Reconocimiento facial, Sistemas multi-modales, Autenticación de doble factor (2FA), Usabilidad.

Abstract
The increasing sophistication of cyber threats has revealed the limitations of password-based authentication mechanisms. Although multifactor authentication (MFA) has emerged as a security standard, traditional MFA schemes often impose rigid verification flows that negatively impact usability and system adoption. This work presents the design, implementation, and evaluation of a flexible multimodal authentication system that enables user verification through facial recognition or a time-based one-time password (TOTP), in combination with a conventional password. The system was developed in Python following a Model–View–Controller (MVC) architecture to ensure modularity, maintainability, and scalability. The biometric module integrates OpenCV and the face$_r ecognition library to extract and validate facial embeddings, while PyOTP enables TOTP generation and verificati$ based MFA approach can balance usability and security, making the system a viable alternative for academic environmen$ infrastructure scenarios that require secure yet user − friendly identity verification mechanisms.

Keywords: *Biometric Authentication, Facial Recognition, Multi-modal Systems, Two-Factor Authentication (2FA), Usability.*

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 79-93
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Introducción

La creciente sofisticación de ataque cibernéticos dirigidos al robo de credenciales y suplantación de identidad ha impulsado la necesidad de mecanismos de autenticación más robustos que las contraseñas tradicionales. La creciente expansión de servicios digitales en los diferentes sectores como salud, administración, finanzas y entornos inteligentes ha incrementado el campo de ataque, haciendo que la autenticación multifactor (MFA) y métodos biométricos sean esenciales para garantizar acceso seguro y confiable [1], [2], [3], [4].

En estudios recientes se destaca una transición progresiva hacia sistemas que combinan múltiples factores de autenticación, incluyendo contraseñas temporales basadas en tiempo (TOTP), tokens físicos y características biométricas [1]. Sin embargo, aún existen brechas entre las capacidades tecnológicas propuestas y su implementación industrial, donde existe un porcentaje considerable de soluciones que continúan dependiendo de OTP como mecanismo principal de autenticación, pese a la existencia de alternativas más robustas. Asimismo, se ha demostrado que el uso exclusivo de contraseñas o de un único factor biométrico puede resultar insuficiente ante escenarios avanzados, esto ha motivado la incorporación de arquitecturas híbridas de autenticación [2], [5], [6].

Avances recientes han explorado esquemas MFA apoyados en criptografía avanzada, tecnologías blockchain, funciones físicamente no clonables (PUF) e incluso comunicaciones seguras cuánticas, logrando mejorar la eficiencia y resiliencia frente a ataques de escucha, fuerza bruta y manipulación de datos [3], [4]. Paralelamente, algunas investigaciones han demostrado el potencial del reconocimiento facial combinado con modelos de aprendizaje profundo para reducir las tasas de error en la validación biométrica, con aplicaciones en sistemas IoT, y entornos de alta seguridad [5], [6], [7]. No obstante, persisten desafíos asociados a la privacidad, la gestión segura de datos y la accesibilidad de estas tecnologías para los usuarios finales y sistemas de bajo costo [7], [8].

A pesar de estos avances, la mayoría de las soluciones MFA se basan en esquemas de autenticación rígidos que requieren la activación simultánea de múltiples factores, lo cual puede comprometer la experiencia del usuario, incrementar el tiempo de acceso y limitar así la adopción de la tecnología en contextos cotidianos. Por ello existe la necesidad de modelos más flexibles que permitan al usuario autenticarse mediante distintos factores según los recursos de los que dispone, sin comprometer la seguridad.

En este trabajo se propone un sistema de autenticación multimodal flexible basado en reconocimiento facial y contraseñas temporales TOTP bajo una lógica OR, lo que permite al usuario seleccionar dinámicamente el método de autenticación según su conveniencia y disponibilidad. El sistema se implementa en Python con

arquitectura modular, empleando visión por computadora para reconocimiento facial y estándares TOTP para autenticación temporal, integrando mecanismos de auditoría, bloqueo tras intentos fallidos y almacenamiento seguro. Nuestro objetivo principal es demostrar que un enfoque híbrido puede mantener niveles elevados de seguridad mientras se mejora la usabilidad y reduce la brecha tecnológica entre soluciones experimentales y aplicaciones de acceso general.

Metodología computacional

La metodología se basó en un enfoque de ingeniería de software seguro y modular, orientado a la construcción de un sistema de autenticación multimodal flexible que permita validar la identidad mediante el reconocimiento facial o códigos temporales basados en tiempo (TOTP), utilizando lógica OR.

Arquitectura General del Sistema

Se adoptó el patrón arquitectónico MVC para separar capa lógica, gestión de datos e interfaz. Las principales capas consideradas fueron:

Vista (GUI): desarrollada con CustomTkinter para lograr una interfaz moderna y multiplataforma.

Controladores: PyOTP para la generación y validación de códigos TOTP.

Seguridad y Persistencia: bcrypt para el hashing de contraseñas y SQLite como base de datos embebida.

Tecnologías utilizadas

La solución se implemento en Python 3.8+, integrando bibliotecas robustas y ampliamente soportadas:

CustomTkinter para interfaz GUI moderna.

OpenCV para capturar y procesar imágenes.

Fase_recongnition + dlib para extraer y verificar los embeddings faciales.

PyOTP para autenticación TOTP conforme al estándar RFC-6238.

Bcrypt para el hashing seguro de credenciales.

SQLite para almacenamiento local cifrado.

Pillow para manipulación básica de imágenes.ç

Todas estas herramientas fueron seleccionadas para permitir un despliegue en equipos convencionales sin necesidad de tener hardware especializado.

Módulo de Reconocimiento Facial

Para la detección del rostro, se utiliza un modelo clasificador basado en Histogramas de Gradientes Orientados (HOG), el cual ofrece un equilibrio adecuado entre eficiencia computacional y precisión, especialmente en escenarios en donde no se disponen de unidades de procesamiento gráfico avanzadas [9]. Posteriormente, las características biométricas fueron codificadas en vectores embeddings faciales mediante modelos basados en redes neuronales profundas, estableciendo mediciones mediante distancia euclidiana para la verificación [10]. Con el fin de mejorar la estabilidad del reconocimiento frente a variaciones de iluminación, expresión y postura, se almacenaron cinco codificaciones por usuario y se definió un umbral empírico de 0.6 para determinar coincidencias válidas.

Módulo de Autenticación 2FA/TOTP

La implementación del segundo factor se adhiere al estándar RFC 6238, que genera códigos de seis dígitos con rotación cada treinta segundos para maximizar la seguridad temporal del token [11]. Asimismo, se integró soporte para tolerancia de ventana temporal en un intervalo de ± 1 para reducir falsos rechazos por desfase de horario, siguiendo recomendaciones del RFC 4226 orientadas a mecanismos HMAC-OTP [12]. El registro del usuario se ejecuta generando una clave secreta almacenada de forma segura, para sincronización con aplicaciones móviles como Google Authenticator, manteniendo independencia del sistema respecto a servicios externos.

Seguridad y Protección de Datos

Para la seguridad y protección de credenciales, se empleó el algoritmo bcrypt, reconocido por su capacidad para aplicar salt automático y un costo computacional adaptable a lo largo del tiempo, característica que fortalece la resistencia frente a ataques y cracking de contraseñas [13]. Además, se incorporaron medidas de seguridad alineadas a lineamientos del NIST Digital Identity Guyidelines [14] y recomendaciones OWASP para autenticación robusta, incluyendo bloqueo automático tras tres intentos fallidos, auditoria y registro de eventos, sesiones no persistentes en memoria y almacenamiento seguro de secretos [15]. La base de datos SQLite fue utilizada para asegurar portabilidad y operaciones en entornos offline, permitiendo mantener la información biométrica y los registros de autenticación guardados localmente.

Lógica OR de Autenticación

A diferencia de esquemas tradicionales MFA basados en lógica AND, este sistema implementa OR.

Este diseño incrementa accesibilidad y continuidad operativa sin comprometer la disponibilidad del sistema, siendo especialmente adecuado para usuarios sin un factor disponible en ese momento (e.g., cámara dañada o teléfono descargado).

Evaluación del Sistema

Se realizaron pruebas funcionales para medir la precisión biométrica mediante tasas FAR y FRR, tiempo promedio de autenticación tanto facial como TOTP, consumo de recursos en ejecución, comportamiento del sistema ante intentos fallidos consecutivos y percepción de usabilidad por parte de usuarios de prueba. Se destaca que el sistema prioriza eficiencia y seguridad en entornos de uso local, por lo que aún no incorpora técnicas avanzadas de detección de vida (liveness detection). La incorporación de mecanismos anti-spoofing se identifica como trabajo futuro, tomando como referencia estudios recientes de revisión sistemática en detección de falsificación facial con cámaras RGB convencionales [16, 17].

Documentación visual del funcionamiento

Para garantizar reproducibilidad y claridad visual, se incorporarán capturas del sistema en las siguientes etapas:

Pantalla inicial (selección facial/TOTP).

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 79-93
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

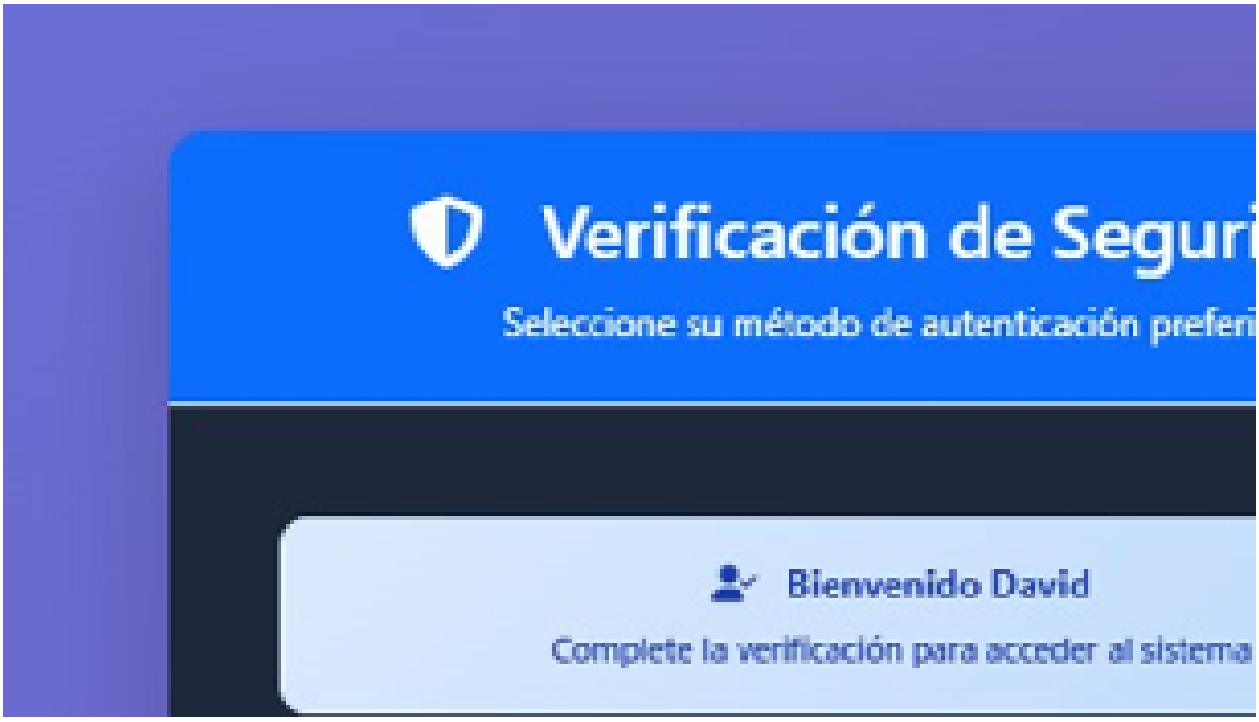


Figura 1. Figura 1. Pantalla inicial

Registro biométrico y captura facial en vivo.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 79-93
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

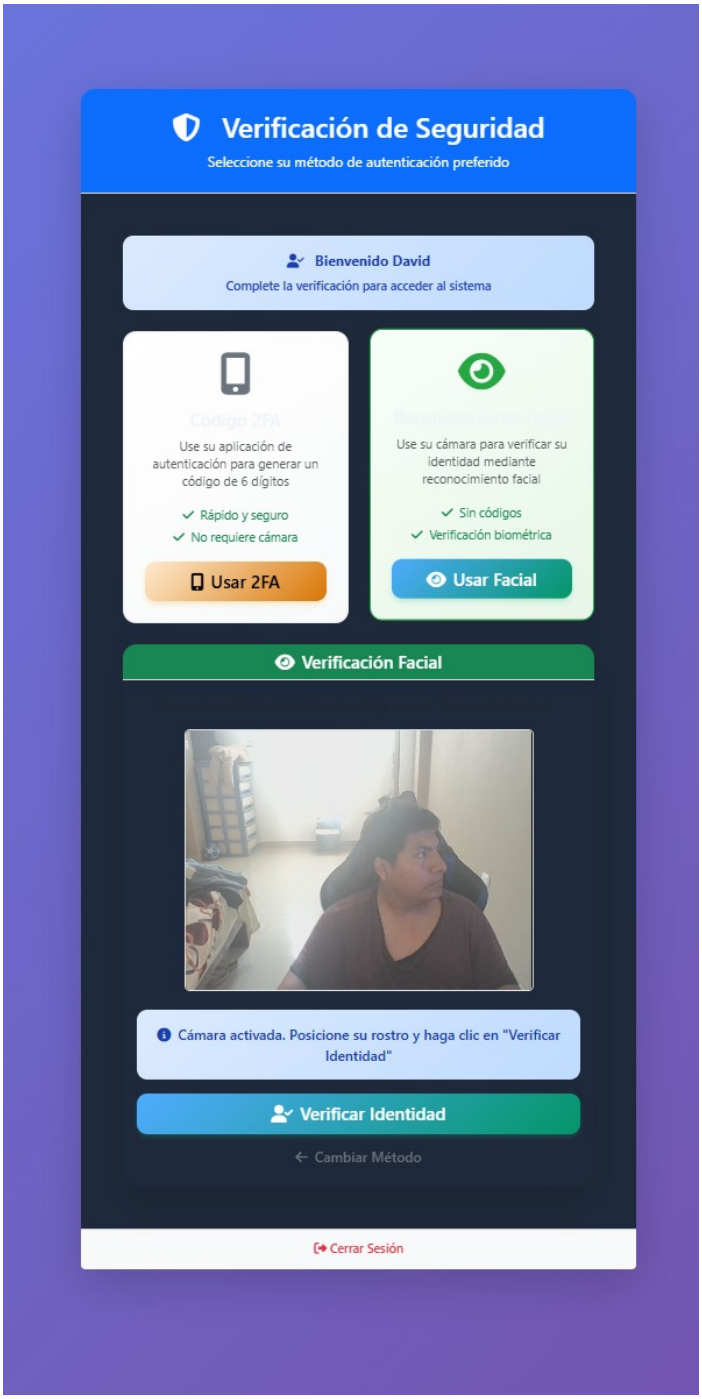


Figura 2. Figura 2. Registro biométrico y captura facial en vivo

Configuración del reconocimiento facial con cuadro delimitador.

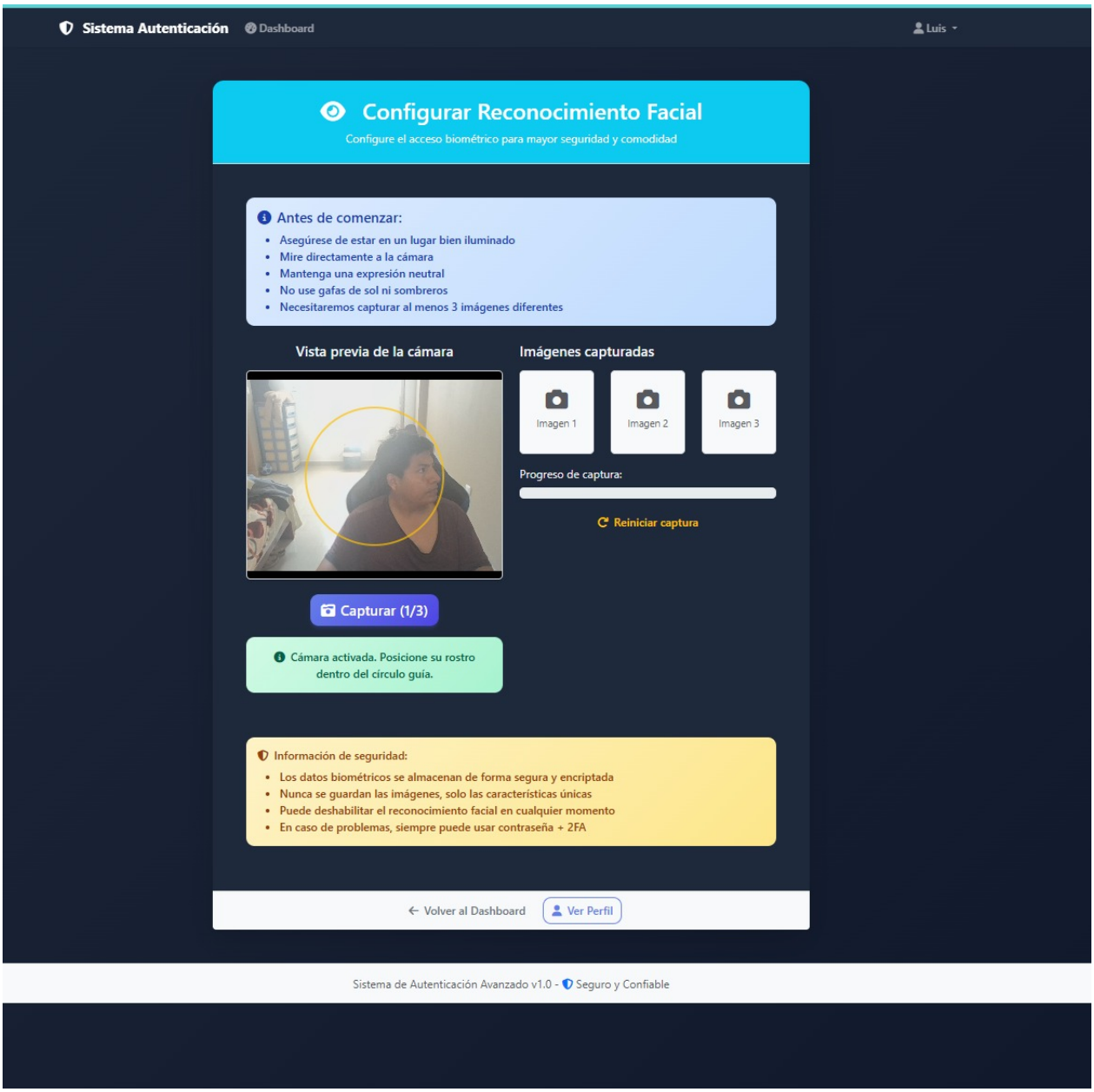


Figura 3. Figura 3. Configuración del reconocimiento facial

Generación y lectura del codigo de sincronización TOTP.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 79-93
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

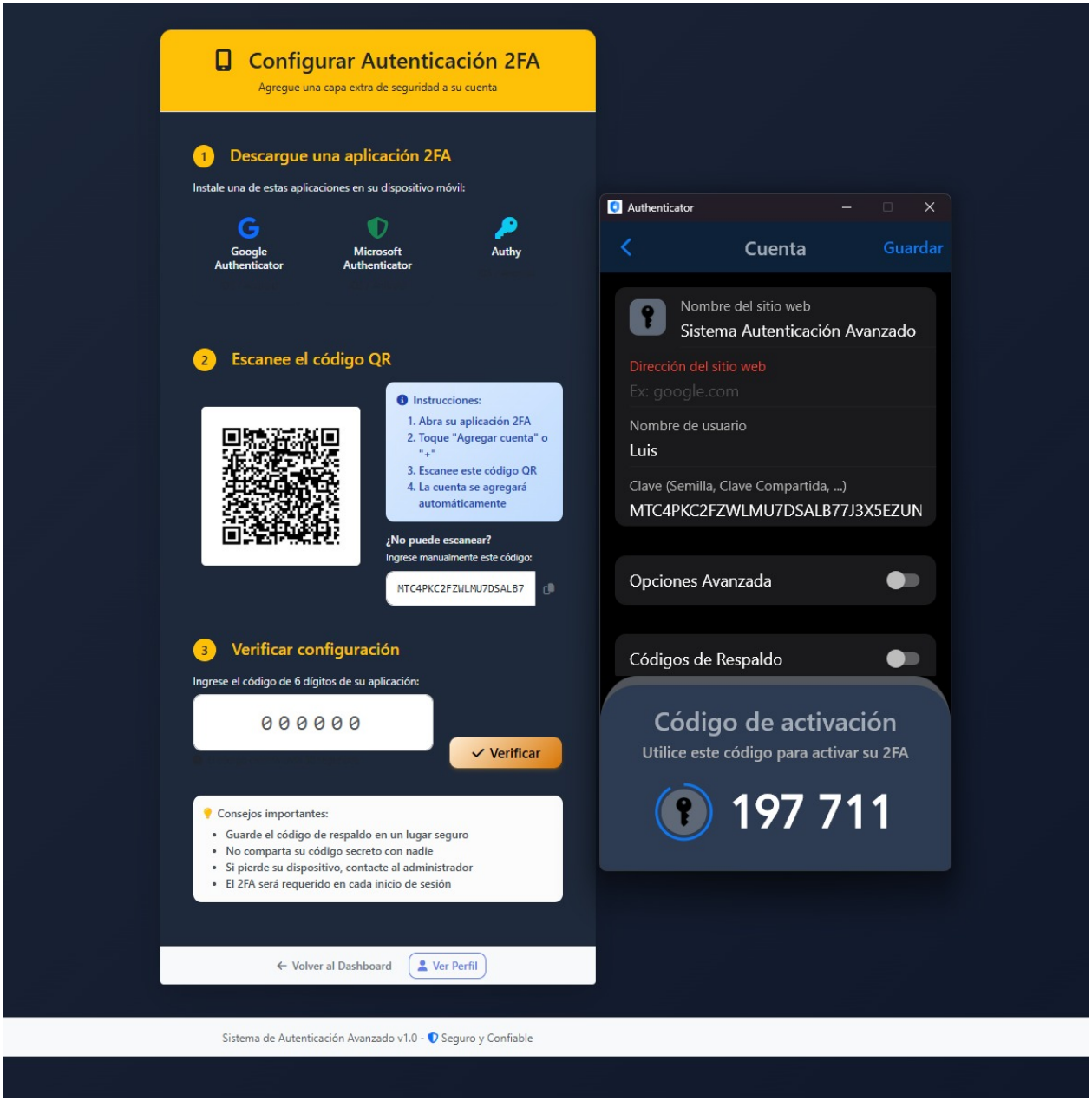


Figura 4. Figura 4. Generación y lectura del código de sincronización TOTP

Ventana de verificación TOTP.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 79-93
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

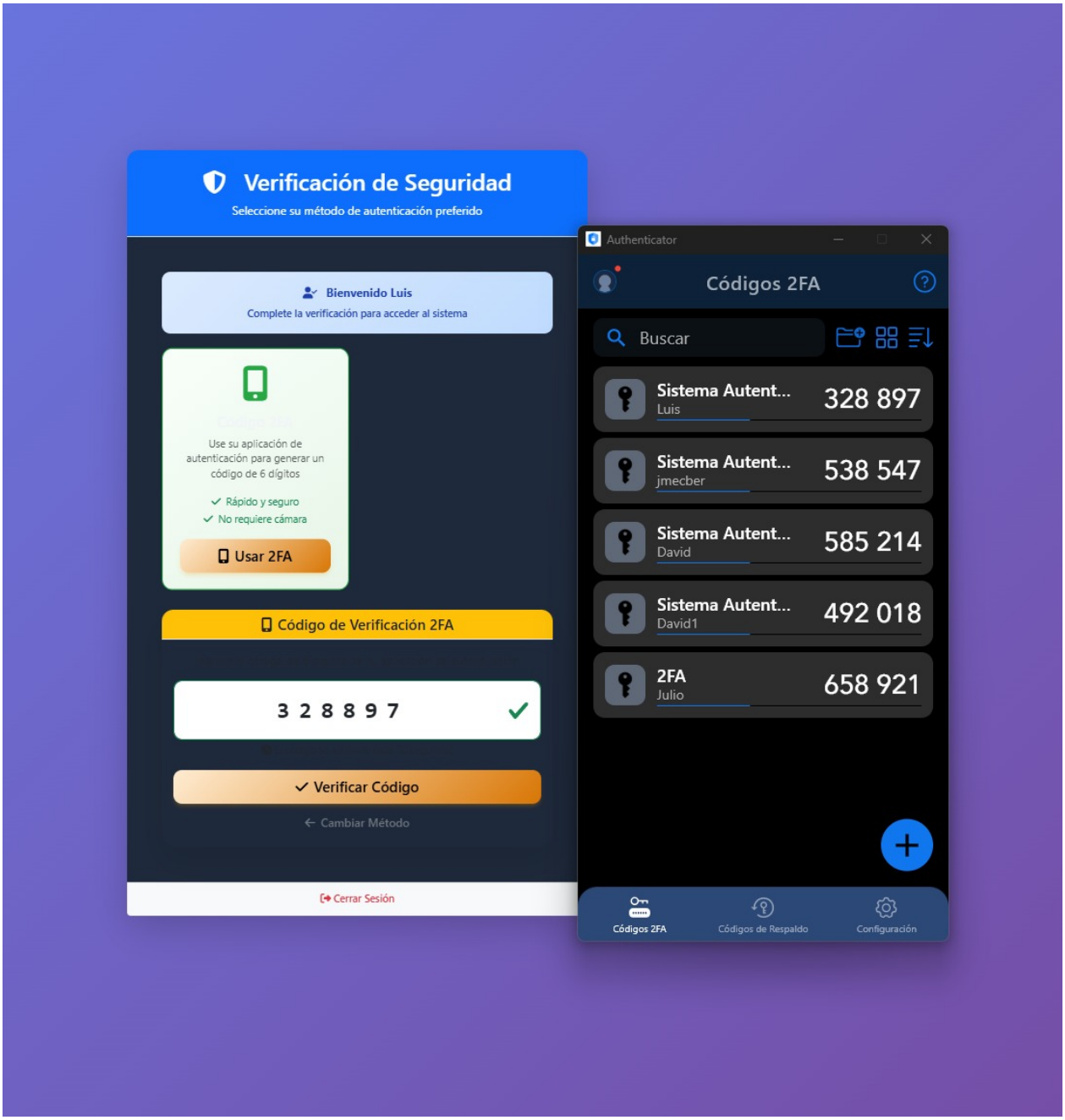


Figura 5. Figura 5. Verificación del TOTP

Gráficas de tiempo y precisión.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 79-93
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

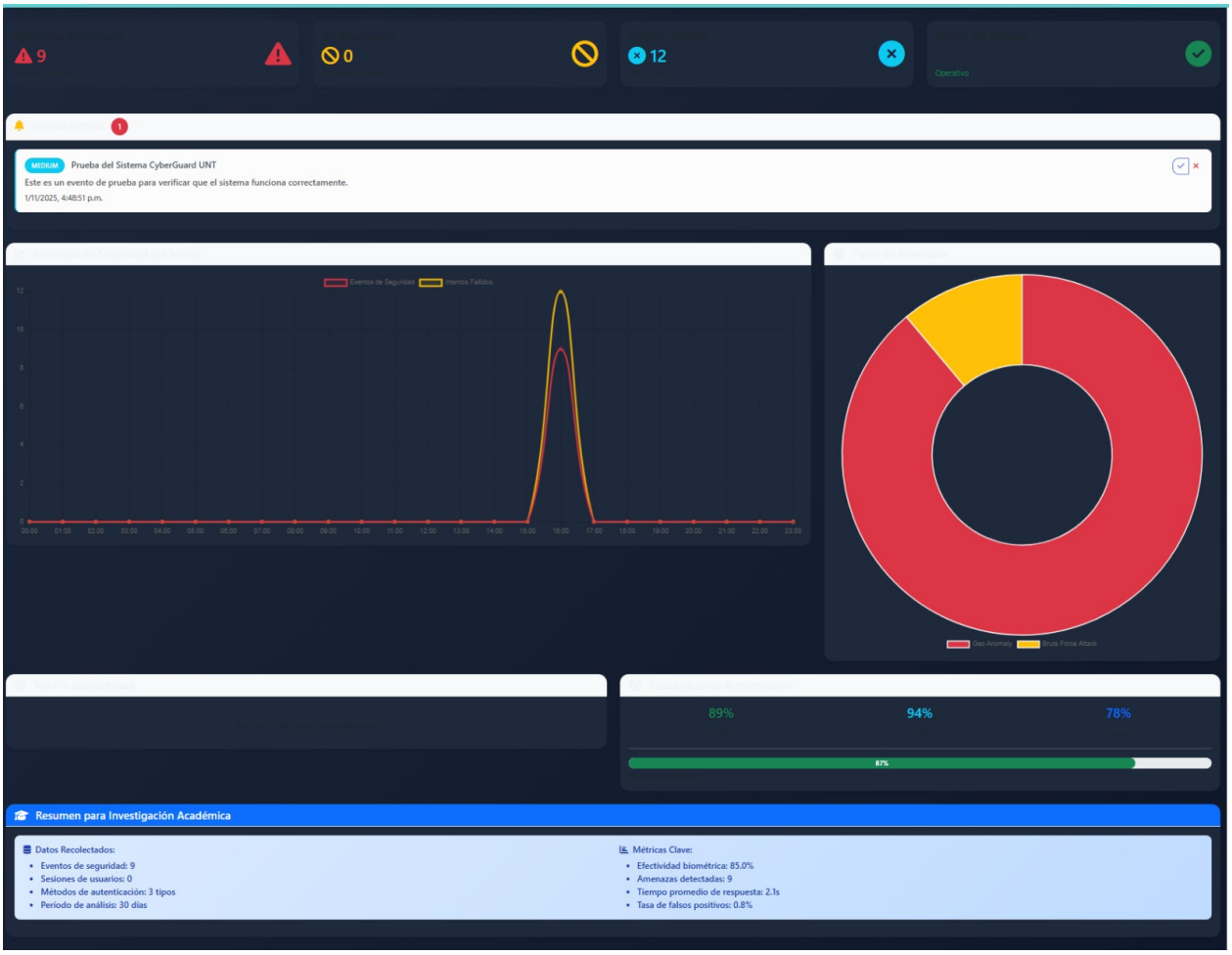


Figura 6. Figura 6. Graficas de precisión y tiempo mostrando efectividad biométrica (85 %), tasa de falsos positivos (0.8 %) y tiempo promedio de respuesta (2.1 s) durante autenticaciones reales.

Resultados y discusión

Las pruebas experimentales se desarrollaron en un entorno controlado utilizando usuarios reales y distintos escenarios de autenticación. El sistema registró un total de nueve eventos de seguridad y tres sesiones de autenticación dentro del período de validación capturado. La visualización del desempeño se presenta a través de gráficos de distribución temporal, donut chart para tipos de amenazas y barras comparativas para precisión entre métodos.

Como se puede apreciar en la Figura 6. los resultados evidencian una efectividad biométrica del 85 %, con

una tasa de falsos positivos de solo 0.8 %, valor adecuado para un entorno de seguridad local. El tiempo promedio de respuesta fue 2.1 segundos, considerando captura facial, análisis y decisión. La validación mediante TOTP presentó una efectividad del 94 %, exhibiendo menor latencia y mayor estabilidad frente a variaciones ambientales, como se esperaba dada la naturaleza determinista del algoritmo TOTP.

Estos resultados obtenidos se pueden contrastar con las investigaciones anteriores. Según el análisis sistemático de MFA en plataformas digitales [1], un porcentaje importante de sistemas aún depende primariamente de OTP, con poco uso de biometría. Nuestro sistema mejora este enfoque al haber incorporado reconocimiento facial y TOTP local, eliminando dependencia de servidores externos.

En soluciones MFA tradicionales [2], la lógica predominante es el esquema de verificación simultánea (AND), incrementando la carga de usuario. Al haber implementado la estrategia OR este trabajo demuestra mantener seguridad aceptable sin comprometer la experiencia del usuario en concordancia con propuestas emergentes de autenticación flexible.

En entornos avanzados, como arquitecturas MFA basadas en blockchain y PUF [3], se reportan mejoras en integridad e inmutabilidad, pero con mayor complejidad y altos costos computacionales. Nuestro sistema, aunque no incorpora técnicas de seguridad distribuida, optimiza eficiencia para dispositivos convencionales y despliegues académicos, alineándose con la necesidad de soluciones accesibles.

Respecto a la biometría, estudios anteriores reportan incrementos significativos en precisión al combinar señales faciales y de voz [6]; nuestro enfoque facial mantiene tasas competitivas considerando los recursos disponibles, con un FAR de 0.8 % cercano al esperado en sistemas HOG + embeddings, confirmado por [9, 10].

En resumen, el sistema logra una combinación efectiva de precisión, simplicidad y flexibilidad, aportando una alternativa práctica frente a modelos complejos de autenticación multifactor y demostrando resultados consistentes con la literatura existente.

Conclusiones

Este trabajo presentó un sistema de autenticación multimodal flexible basado en reconocimiento facial y contraseñas temporales TOTP, utilizando una lógica OR con el fin de mejorar la accesibilidad y la experiencia de usuario sin comprometer la seguridad en entornos de uso local. La arquitectura implementada, desarrollada en Python mediante un modelo MVC y utilizando librerías de visión por computadora, permitió la creación de un sistema eficiente, portable y reproducible en equipos convencionales.

Los resultados experimentales evidenciaron una precisión biométrica del 85 %, una tasa de falsos positivos de 0.8 % y un tiempo promedio de respuesta de 2.1 segundos en la autenticación facial. El sistema TOTP alcanzó un umbral de 94 % de efectividad, consolidándose como un método robusto y de baja latencia. Estas métricas se encuentran en rangos de aceptación para sistemas de seguridad local y concuerdan con los valores reportados en soluciones biométricas ligeras en la literatura.

Para futuras investigaciones se propone entrenamiento con modelos avanzados de reconocimiento facial como ArcFace o FaceNet extendido, una evaluación con mayor numero de usuarios y escenarios reales.

En términos generales, los resultados obtenidos permiten validar nuestra propuesta como una solución efectiva y accesible para investigación académica, laboratorios educativos, entornos de prueba y sistemas locales que requieran autenticar usuarios mediante factores alternativos sin depender de servicios externos.

Contribución de Autoría

Jesus Christopher Mecola Bernedo: Conceptualización, Investigación, Metodología, Validación, Redacción - borrador original. Julio David Tirado Ávila: Conceptualización, Investigación, Metodología, Software, Análisis formal, Recursos, Visualización. Alberto Carlos Mendoza de los Santos: Supervisión, Administración de proyectos.

Referencias

[1] P. T. Tran-Truong, M. Q. Pham, H. X. Hijo, E. t. Nguyen, M. B. Nguyen, K. L. Tran, L. C. Van, K. T. Le, K. H. Vo, N. N. Kim, T. M. Nguyen, and A. T. Nguyen, "A systematic review of multi-factor authentication in digital payment systems: Nist standards alignment and industry implementation analysis," *Journal of Systems Architecture*, vol. 162, p. 103402, 2025.

[2] A. Al-Mutairi and R. Al-Sahli, "Secure authentication system based on multi-factor authentication," 2024.

[3] S. Bamashmos, N. Chilamkurti, and A. S. Shahraki, "Two-layered multi-factor authentication using decentralized blockchain in an iot environment," *Sensors*, vol. 24, no. 11, p. 3575, 2024.

[4] R. I. Abdelfatah, "Robust biometric identity authentication scheme using quantum voice encryption and quantum secure direct communications for cybersecurity," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 36, p. 102062, 2024.

[5] S. Pahuja and N. Goel, "Multimodal biometric authentication: A review," *AI Communications: The European Journal on Artificial Intelligence*, vol. 37, no. 4, pp. 525–547, 2024.

[6] B. Alharbi and H. S. Alshanbari, "Face-voice based multimodal biometric authentication system via facenet and gmm," *PeerJ Computer Science*, vol. 9, p. 1468, 2023.

[7] M. Beltrán and M. Calvo, "A privacy threat model for identity verification based on facial recognition," *Computers & Security*, vol. 132, p. 103324, 2023.

[8] L. Hallal, J. Rhinelander, and R. Venkat, "Recent trends of authentication methods in extended reality: A survey," *Appl. Syst. Innov.*, vol. 7, no. 3, p. 45, 2024.

[9] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," in *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)*, vol. 1, 2005, pp. 886–893.

[10] F. Schroff, D. Kalenichenko, and J. Philbin, "Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering," in *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2015, pp. 815–823.

[11] D. M'Raihi, S. Machani, M. Pei, and J. Rydell, "Totp: Time-based one-time password algorithm," Internet Engineering Task Force (IETF), 2011.

[12] D. M'Raihi, M. Bellare, F. Hoornaert, D. Naccache, and O. Ranen, "Hotp: An hmac-based one-time password algorithm," Internet Engineering Task Force (IETF), 2005.

[13] N. Provos and D. Mazieres, "A future-adaptable password scheme," in *Proc. USENIX Annual Technical Conference*, 1999, pp. 81–92.

[14] P. Grassi, J. Fenton, E. Newton, R. Perlner, A. Regenscheid, W. Burr, and J. Richer, "Digital identity guidelines: Authentication and lifecycle management," National Institute of Standards and Technology (NIST), 2017.

[15] OWASP Foundation, "Owasp cheat sheet series," 2024. [Online]. Available: https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/Authentication_Cheat_Sheet.html

[16] Z. Ming, M. Visani, M. Luqman, and J.-C. Burie, "A survey on anti-spoofing methods for face recognition with rgb cameras of generic consumer devices," Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV), 2020.

[17] S. Khairnar, S. Gite, K. Kotecha, and S. Thepade, "Face liveness detection using artificial intelligence techniques: A systematic literature review and future directions," *Big Data and Cognitive Computing*, vol. 7, no. 1, p. 37, 2023.

Artículos de revisión

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 95-108
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Artículos de revisión
Temática: Inteligencia artificial
Recibido: 10/10/2025 | Aceptado: 17/11/2025 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a356
ARK: ark:/42411/s29.a356

Generación de imágenes a partir de texto mediante inteligencia artificial: una revisión sistemática

Text-to-Image Generation Using Artificial Intelligence: A Systematic Review

Zaleth Rivas Calderón[1][000-0002-9797-151]*, **Estefany Villanueva Rosales**[2][], **Marcelino Torres Villanueva**[3][0000-0002-9797-1510]

[1]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. zrivasca@unitru.edu.pe
[2]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. elvillanuevaro@unitru.edu.pe
[3]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. mtorres@unitru.edu.pe

*Autor para correspondencia: zrivasca@unitru.edu.pe

Resumen
Este estudio aborda distintos enfoques empleados en la generación de imágenes a partir de texto mediante inteligencia artificial, con especial atención a la relación semántica que se establece entre la descripción textual y la imagen generada en los modelos texto–imagen. Asimismo, se revisa la fiabilidad de las métricas empleadas para evaluar su desempeño. Esto con la finalidad de conocer sus capacidades y limitaciones actuales. La investigación se llevó a cabo siguiendo la metodología PRISMA, para lo cual se seleccionaron 18 artículos de acuerdo con los criterios establecidos, que abordaban temas relacionados con arquitecturas de difusión, mecanismos de control semántico, atención a nivel de frase y prompt engineering. Los resultados señalan que los modelos basados en difusión son los más utilizados, mientras que los modelos GAN y VAE se emplean mayormente en aplicaciones de nicho. A partir del análisis realizado, se identificaron tres niveles de control: atributos visuales, composición y estilo. Sin embargo, actualmente se observan diversas limitaciones en las métricas usadas para evaluar el alineamiento semántico y la persistencia de ciertos sesgos asociados a modelos preentrenados. Las conclusiones señalan que los modelos de difusión son los más utilizados en la literatura reciente y que el uso de técnicas como LoRA ayuda a mejorar la coherencia entre texto e imagen. Estos resultados sugieren que todavía es necesario profundizar en el estudio de la atención relacional, en particular en el desarrollo de métricas estandarizadas en futuras investigaciones.

Palabras claves: Generación de imágenes a partir de texto, Inteligencia artificial generativa, Modelos multimodales, Modelos de difusión, Alineamiento semántico

Abstract
This study examines different approaches used in text-to-image generation through artificial intelligence, with particular emphasis on the semantic relationship established between textual descriptions and the images generated by text–image models. In addition, the reliability of the metrics used to evaluate their performance is reviewed, with the aim of identifying their current capabilities and limitations. The research was conducted following the PRISMA methodology, through which 18 articles were selected according to predefined criteria. These studies addressed topics related to diffusion architectures, semantic control mechanisms, phrase-level attention, and prompt engineering. The results indicate that diffusion-based models are the most widely used,

while GAN and VAE models are primarily applied in niche applications. Based on the analysis, three levels of control were identified: visual attributes, composition, and style. However, several limitations are currently observed in the metrics used to assess semantic alignment, as well as the persistence of certain biases associated with pretrained models. The conclusions indicate that diffusion models dominate the recent literature and that the use of techniques such as LoRA contributes to improving text–image coherence. These findings suggest that further research is still required on relational attention, particularly regarding the development of standardized metrics in future studies.

Keywords: *Text-to-Image Generation, Generative Artificial Intelligence, Multimodal Models, Diffusion Models, Semantic Alignment*

Introducción

La investigación en inteligencia artificial generativa, particularmente en los modelos que generan imágenes a partir de texto, ha crecido de forma exponencial en los últimos años gracias a los avances de los modelos de difusión condicionados y las arquitecturas Transformer. Los nuevos modelos de generación visual multimodal han cambiado la manera en que se crean imágenes a partir de descripciones textuales, permitiendo obtener resultados de alta calidad. Este avance representa una innovación en la automatización de contenidos, la visualización educativa y diversas aplicaciones creativas en distintos sectores [1]. En este contexto, Text-to-Image Diffusion Models han emergido como la metodología dominante dentro de la generación de imágenes condicionadas por texto, gracias a su robustez, versatilidad y capacidad para producir resultados visuales comparables a fotografías reales [2].

Sobre esta base, durante los últimos cinco años, diversos estudios han mostrado interés en la capacidad de los modelos de generación de imágenes por texto para representar correctamente las descripciones textuales del usuario. Por ejemplo, estudios recientes han incorporado el uso de funciones de recompensa durante el entrenamiento de modelos de difusión [3]. Los resultados indican que este tipo de estrategias mejora el alineamiento semántico, en

especial cuando se emplea retroalimentación para reforzar la relación entre texto e imagen en aspectos como la cantidad y el tipo de objetos representados.

De forma complementaria, se ha analizado el control del estilo mediante estrategias de semantic guidance, las cuales permiten ajustar determinadas características visuales sin comprometer la coherencia con la descripción textual [4]. Combinadas con técnicas de atención cruzada refinada y mecanismos adaptativos, estas estrategias han demostrado reducir errores relacionados con el conteo de objetos y la representación de relaciones espaciales complejas, lo que supone un avance respecto a trabajos previos.

A pesar de los avances recientes, todavía existen vacíos importantes en la literatura. En particular, los mecanismos y las arquitecturas diseñadas para mejorar el control y la correspondencia semántica en modelos texto–imagen no se han consolidado de manera clara ni bajo un marco metodológico uniforme. Muchos estudios se centran en aplicaciones muy específicas o en ajustes puntuales relacionados con el estilo y el control de atributos, lo que dificulta ver sus fortalezas o limitaciones [5]. Además, la comparación objetiva entre métodos suele ser complicada debido a la falta de métricas estandarizadas que midan de forma consistente la alineación entre texto e imagen.

En este contexto, en este trabajo se propone examinar de manera sistemática los diferentes métodos, arquitecturas y mecanismos que se utilizan en los modelos texto–imagen, con el propósito de mejorar el control y la correspondencia entre las imágenes generadas y las descripciones que las acompañan. A partir de esta revisión, se busca descubrir cuáles son las tendencias más relevantes en la literatura reciente y también identificar tanto las fortalezas como las limitaciones de los enfoques que se han propuesto. Es así que, se realiza una revisión sistemática de trabajos indexados en bases de datos científicas, con el fin de responder las siguientes preguntas clave: ¿qué mecanismos de control semántico son más comunes?, ¿qué tipos de arquitecturas se han propuesto?, y ¿qué retos todavía no se han superado?

Materiales y métodos o Metodología computacional

En el presente trabajo se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la literatura científica indexada en diferentes bases de datos, siguiendo los lineamientos de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Ítems for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Este enfoque se seleccionó con el propósito de detectar, analizar y sintetizar de forma adecuada la evidencia disponible sobre los mecanismos de control y alineamiento semántico en modelos texto–imagen.

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos Scopus, SpringerLink y Redalyc, las mismas fueron elegidas por su relevancia y calidad académica, así como por la extensa cantidad de literatura científica disponible en los temas relacionados con la inteligencia artificial, la generación de imágenes y los modelos multimodales.

Estrategia de búsqueda

La búsqueda se realizó durante los meses de noviembre y diciembre del 2025, tomando en cuenta artículos publicados entre 2021 y 2025.

Se usaron combinaciones de términos clave asociados con modelos texto–imagen, generación de imágenes,

modelos de multimodales y mecanismos de alineamiento semántico. Las ecuaciones de búsqueda se adaptaron ligeramente según las diferentes características de cada base de datos con el fin de incrementar la recuperación de estudios relevantes. A continuación, se detallan las fórmulas de búsqueda empleadas y la cantidad de artículos obtenidos en la búsqueda en cada repositorio bibliográfico.

Tabla 1. Fórmulas de búsqueda empleadas en las bases de datos y el número de artículos encontrados respectivamente.

Base de datos	**Fórmula de búsqueda**	**Cantidad de artículos encontrados**
Scopus	("text-to-image.ºR "text image.ºR ïmage generation from text") AND (ïmage generation.ºR ïmage synthesis") AND ("multimodal models.ºR "vision- language models") AND ("semantic alignment.ºR "text-image alignment.ºR "semantic consistency") OR (çontrollable image generation.ºR "generation control")	45
SpringerLink	("text-to-image") AND (.ªrchitectures.ºR .ªpproaches") AND ("semantic alignment") AND (ïmage generation")	27
Redalyc	(text-to-image) AND (image generation) AND (architectures OR models) AND (control)	19

Antes de seleccionar los artículos que se van a incluir en la revisión sistemática, se establecieron los criterios de inclusión y exclusión, con el fin de garantizar la selección de material bibliográfico conforme a las características y objetivos planteados en el estudio.

Criterios de inclusión

- Incluir únicamente artículos de investigación y no de revisión, estudios de caso único, libros o manuales.
- Material bibliográfico presentado en idioma español o inglés.
- Artículos de acceso abierto y con estado finalizado.
- Abordarán modelos texto–imagen basados en arquitecturas de difusión o similares.
- Analizarán mecanismos de control o alineamiento semántico entre texto e imágenes generadas.
- Artículos que se hayan publicado entre 2025 y 2021, ambos inclusive.

Criterios de exclusión

- Se excluyen los estudios que se refieran a generación de otros formatos como video o audio, que no sean imágenes.
- No abordarán explícitamente el problema del alineamiento semántico en modelos texto–imagen.
- Los centrados únicamente en generación de texto.
- Los que aborden modelos de generación que no sean específicamente texto a imagen.
- Presentarán enfoques puramente teóricos sin validación experimental.
- Las publicaciones que no se encuentran completas o disponibles en su totalidad en los repositorios seleccionados.

Proceso de selección de estudios

El proceso de selección de estudios se realizó siguiendo las cuatro fases de la metodología PRISMA, cuyo flujo se resume en el diagrama correspondiente.

En la fase de identificación, se recuperaron un total de 91 registros a partir de las búsquedas realizadas en repositorios bibliográficos especializados, distribuidos de la siguiente manera: Scopus (n = 45), Redalyc (n = 19) y SpringerLink (n = 27).

Posteriormente, en la fase de cribado, se realizó una revisión inicial de los títulos, a partir de la cual se excluyeron 40 registros por no estar relacionados con el objetivo de estudio. No se encontraron registros duplicados en esta etapa (n

= 0), por lo que el número de estudios cribados se redujo a 51.

En la fase de evaluación de idoneidad, se llevó a cabo la lectura de los resúmenes y posteriormente se excluyeron 33 estudios, por no cumplir los criterios de inclusión establecidos. Las principales razones de exclusión fueron la falta de relación directa con la generación texto–imagen (n = 30) y el enfoque en tareas de generación audio–imagen en lugar de texto–imagen (n = 3). Luego de la eliminación, se seleccionaron preliminarmente 18 artículos para evaluar su elegibilidad.

Finalmente, en la fase de inclusión, los 18 estudios seleccionados en la fase anterior cumplieron todos los criterios de inclusión y fueron seleccionadas para realizar la revisión sistemática. Estos trabajos constituyen el conjunto final de artículos analizados en el presente trabajo.

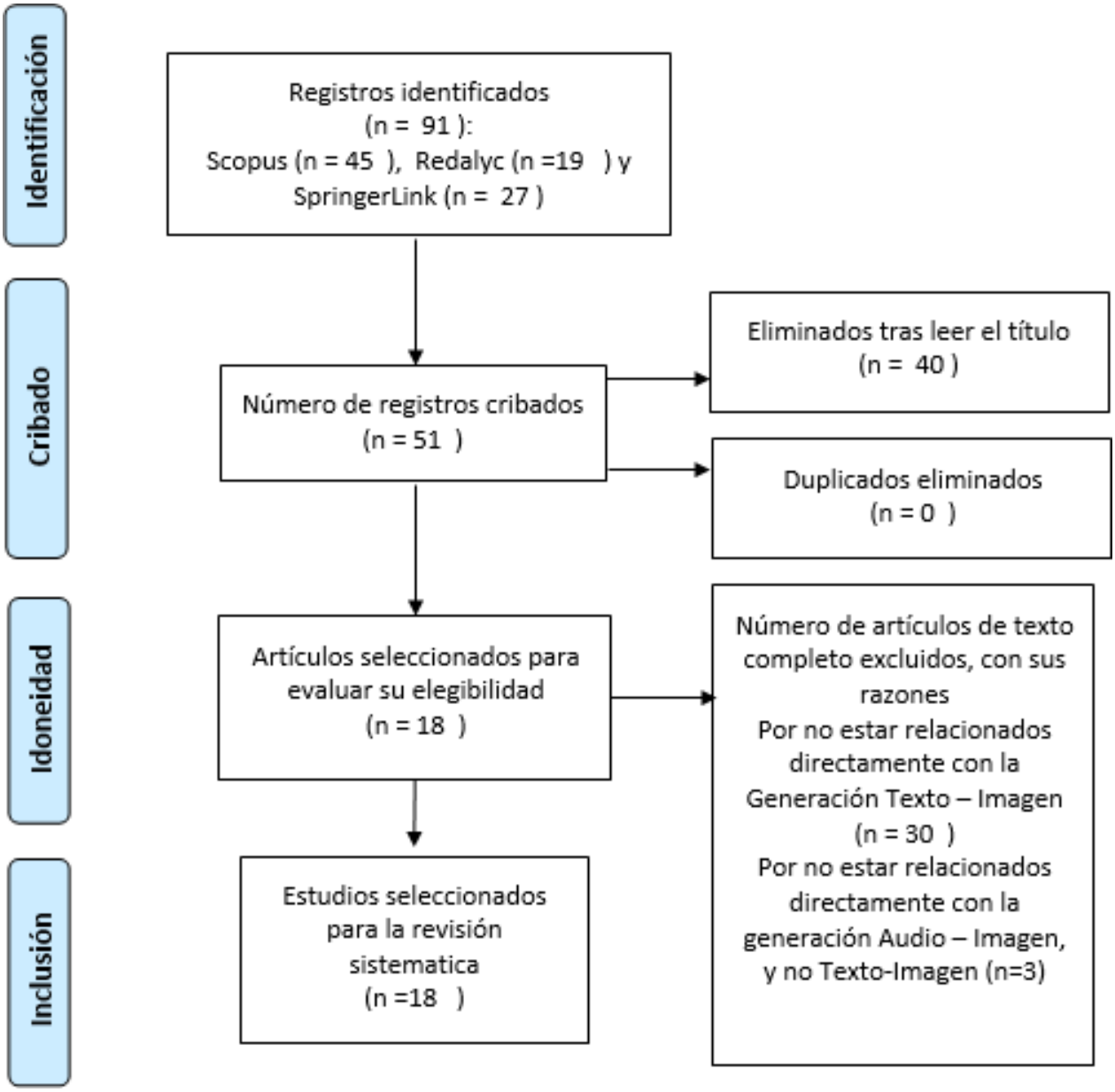


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA en cuatro niveles.

Análisis de los estudios incluidos

Los artículos seleccionados fueron analizados de forma cualitativa y comparativa, identificando las investigaciones más destacadas con relación al objetivo planteado previamente. Este análisis permitió identificar tendencias

actuales y desafíos abiertos en el desarrollo de modelos texto–imagen.

Resultados y discusión

Para este análisis se consideran 18 estudios recientes publicados entre 2021 y 2025, los cuales se centran en modelos texto–imagen con mecanismos de control y alineamiento semántico. No todos los artículos incluyen modelos con arquitecturas explícitas para cada tipo de análisis; por lo tanto, cada gráfico refleja únicamente los estudios relevantes para cada dimensión (arquitecturas, mecanismos, estrategias de control, métricas y tendencias).

En los estudios analizados, las arquitecturas basadas en diffusion models predominan sobre GANs y VAEs, especialmente para tareas de control semántico y generación de contenido multimodal [6–8]. Por ejemplo, modelos como Blended Latent Diffusion, que se emplea en la edición de imágenes y Stable Diffusion, usado en la conservación del patrimonio arquitectónico, muestran mayor capacidad para incorporar información textual compleja [6,9]. Los GANs se utilizan principalmente en áreas específicas como arte y patrimonio, mientras que los VAE se emplean en aplicaciones científicas y médicas [10].

Tabla 2. Número de artículos por Arquitectura

Arquitectura principal	**Artículos**
Diffusion-based (incluye Latent / Stable / adaptaciones con LoRA/ControlNet/CLIP)	12
GAN (hierarchical / domain-specific)	1

Nota: Datos usados: los 13 artículos que proponen modelos. Clasificación por arquitectura principal observada en cada artículo.

La Tabla 2 indica la prevalencia de los modelos de difusión en cantidad de publicaciones, evidenciando una tendencia orientada a arquitecturas capaces de integrarse con mecanismos de control y alineamiento semántico más exactos.

Por otro lado, asimismo se muestra una diversidad de estrategias para alinear texto e imagen, que incluyen el uso de prompts estructurados, embeddings semánticos de grano fino, técnicas de adaptación de bajo rango (LoRA) y mecanismos de ajuste fino guiados por texto [8,11,12]. Además, se resaltan métodos de corrección de sesgos empleando GradBias y ajustes de pesos de palabras con el fin de mejorar la fidelidad semántica [13].

Los métodos actuales utilizan técnicas de control en tres grados: características (color, forma, estilo), composición (posición y relación entre objetos) y estilo artístico o cultural, como se muestra en la figura 2.

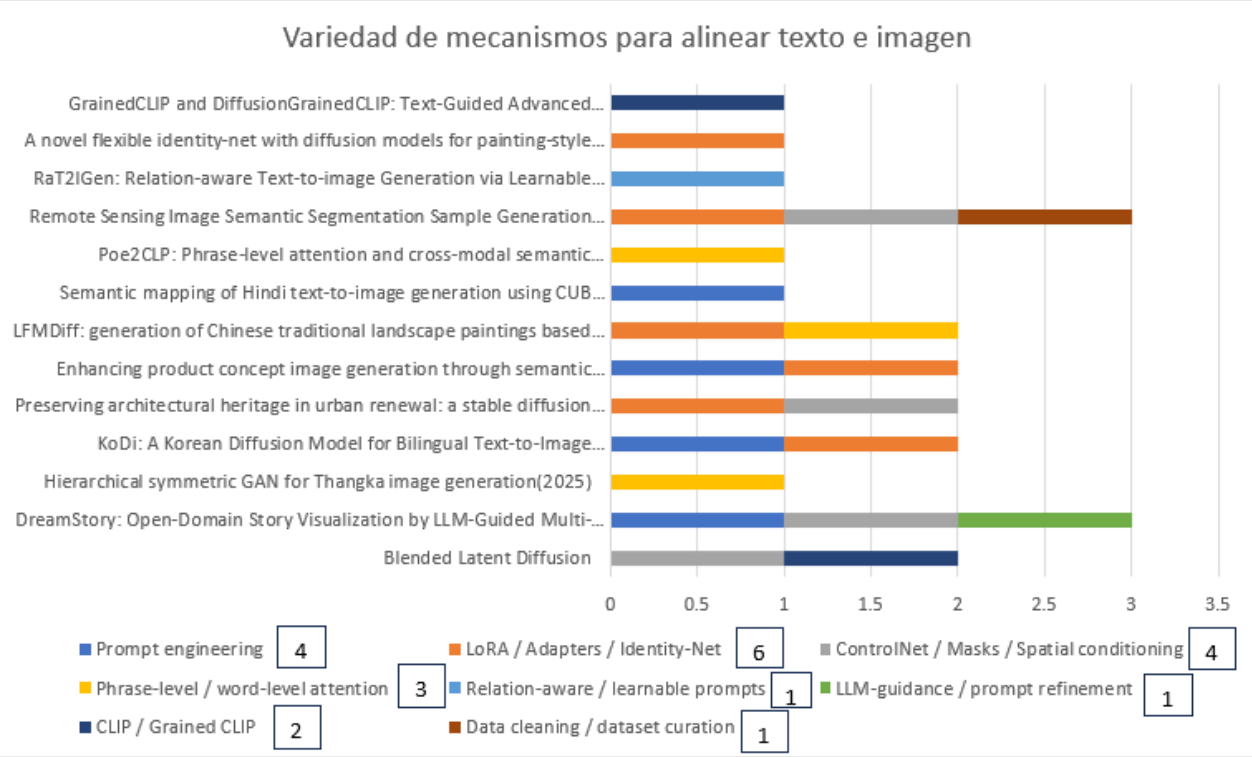


Figura 2. Datos usados: los 13 artículos que proponen modelos. Gráfico de barras apiladas sobre la Variedad de mecanismos para alinear texto e imagen en los artículos seleccionados

Esta indica que los ajustes de dominio específico mediante LoRA son los más frecuentes, seguidos de la combinación de attention mechanisms y prompt engineering o entrenamiento jerárquico [11, 14]. Estos mecanismos han mostrado un impacto positivo en la coherencia semántica de las imágenes generadas, aunque su efectividad depende de la complejidad del prompt y de la diversidad de datos de entrenamiento [15, 16].

También se observa que los enfoques actuales aplican principalmente estrategias de control en tres niveles: atributos, composición y estilo artístico o cultural.

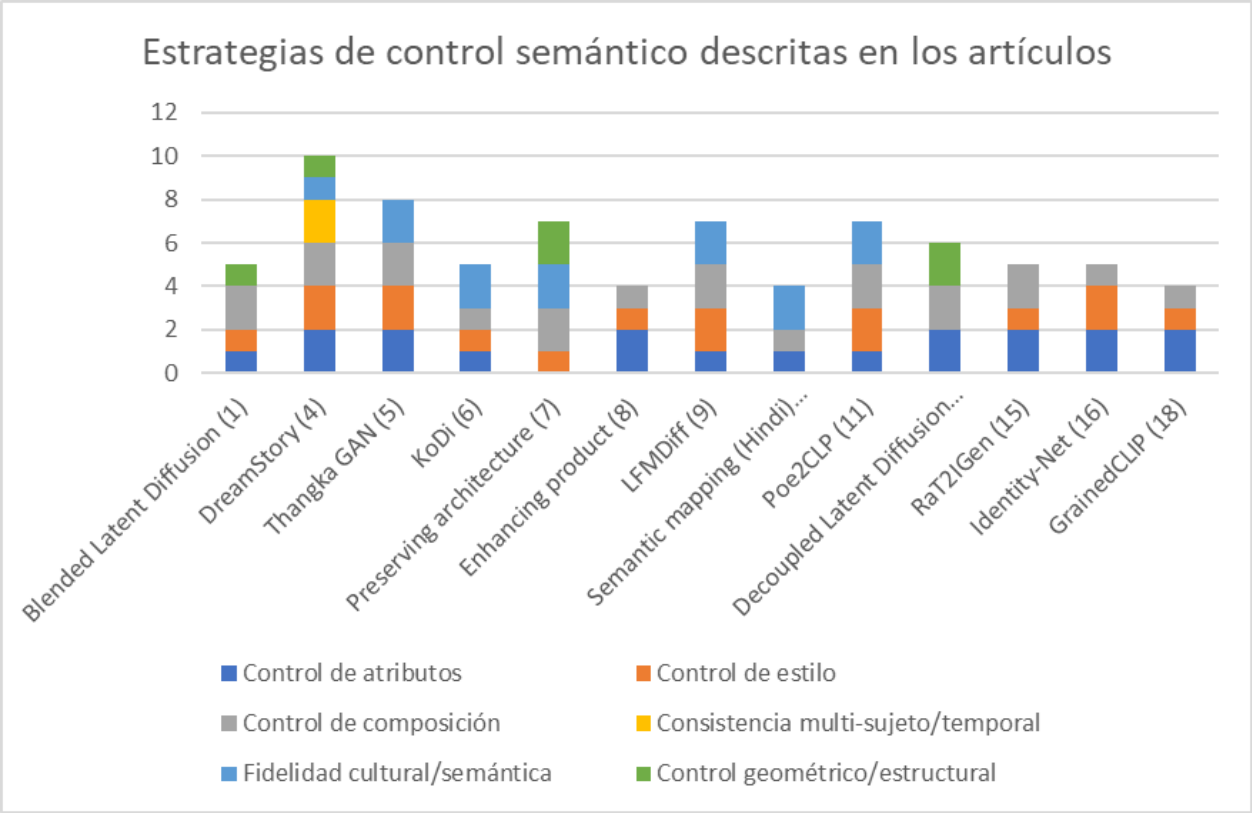


Figura 3. Datos usados: los 13 artículos que proponen modelos. Gráfico de barras apiladas de estrategias de control utilizadas en los artículos seleccionados. Para la graficación se asignó un puntaje según la presencia de la estrategia: No se usó = 0, Sí se usó = 2, Parcialmente usado = 1.

El gráfico descriptivo de "Estrategias de control" organiza por artículos y tipos de control, mostrando que la mayoría de los estudios combinan control de atributos y composición, con un menor número incorporando control de estilo cultural o artístico. Esto indica un interés creciente en generar imágenes coherentes no solo con la descripción textual, sino también con convenciones estéticas específicas [8, 17].

Asimismo, se identifican diversas métricas para evaluar la correspondencia texto–imagen como: CLIPScore, FID, IS, métricas de coherencia semántica y evaluación humana [11, 12, 14]. Cada métrica presenta limitaciones y oportunidades como se describe a continuación:

Tabla 3. Métricas usadas para evaluar la correspondencia texto-imagen

Métrica	**Sensible al alineamiento semántico**	**Reproducibilidad**
FID	Baja: captura diferencias visuales, no intención textual	Alta: automática y reproducible con dataset fijo
IS (Inception Score)	Baja: enfocado en calidad/diversidad, no match textual	Alta: cálculo automático
CLIPScore / CLIP similarity	Media-Alta: correlación con semántica general, falla en compositionality	Alta: evaluación automática y consistente
LPIPS / SSIM	Baja-Media: mide similitud perceptual, no intención textual	Alta: reproducible automáticamente
VQA-based metrics	Alta: evalúa correspondencia vía preguntas dirigidas	Media: depende del modelo VQA usado
Attribute accuracy	Alta: evalúa atributos específicos	Media-Alta: requiere clasificadores entrenados
Evaluación humana	Muy alta: referencia para intención semántica	Baja: costosa y variable
Distributional diagnostics	Media: detecta tendencias y hallucinations	Media: interpretación parcial necesaria

Los resultados de esta revisión sistemática revelan que el avance en la generación de imágenes a partir de texto ha transitado desde estructuras puramente generativas hacia arquitecturas híbridas que priorizan el control semántico y la fidelidad cultural. En los estudios revisados, se observa que los modelos de difusión han adquirido mayor relevancia en comparación con los VAE y las GAN, debido a su capacidad para capturar detalles finos y lograr una alineación más precisa entre texto e imagen [17].

Algunos estudios, por otro lado, destacan la puesta en práctica de técnicas de atención a nivel de frase y el uso de modelos de lenguaje a gran escala (LLM) para ayudar en la visualización de narrativas complejas, lo que ayuda a que haya más coherencia entre diferentes objetos generados [11,18]. Adicionalmente, se han empleado métodos como la ingeniería de prompts jerárquicos y LoRA para mejorar la exactitud del resultado y la calidad visual, sobre todo en aplicaciones concretas como el patrimonio arquitectónico y el diseño de productos [7,10].

No obstante, a pesar de los avances alcanzados, la literatura especializada sigue identificando diversas limita-

ciones. Entre las más relevantes se encuentran la persistencia de sesgos implícitos heredados de los modelos preentrenados y las dificultades para mantener un control fino durante procesos de edición local sin comprometer la coherencia global de la imagen generada [6, 9]. Además, la generación de contenido altamente especializado, como la teledetección o el arte histórico, se ve restringida por la falta de datos y las particularidades del dominio. En este contexto, algunos estudios

han propuesto estrategias automáticas de depuración de datos, entre ellas los esquemas de doble bucle empleados en teledetección, con el fin de mejorar la validez técnica de los modelos [8,12]. Por esa razón, se recomienda que futuras investigaciones se enfoquen en desarrollar métodos de .ªtención consciente de la relación"(relation-aware) para optimizar la interacción entre varios objetos, así como en elaborar modelos de difusión avanzada que procesen atributos faciales de grano fino de manera más eficiente [19, 20].

A partir del análisis se identifican tendencias claras en la investigación reciente, entre ellas un interés creciente en modelos híbridos que incorporan difusión, aprendizaje multimodal y mecanismos de control explícito mediante señales de identidad o estructurales. Del mismo modo, los sistemas tienden hacia una mayor interpretabilidad y adaptabilidad, al tiempo que ganan la capacidad de equilibrar el control y la creatividad según el contexto de uso [15, 18, 21]. Finalmente, se proyecta un incremento en el desarrollo de modelos de texto e imagen especializados por dominio, junto con la adopción de arquitecturas más ligeras y eficientes, lo que generará nuevas oportunidades para su aplicación práctica en ámbitos como el diseño, el arte digital y la generación de contenido asistida por inteligencia artificial [14, 16, 19].

Conclusiones

La revisión sistemática sugiere que los modelos de difusión son los más utilizados para crear imágenes a partir de texto, ya que tienen la capacidad de combinar mecanismos de control semántico y producir contenido multimodal con gran fidelidad. Estos modelos ofrecen ventajas significativas en comparación con las arquitecturas basadas en VAE y GAN, especialmente en trabajos que requieren precisión cuando se trata de atributos visuales complejos y descripciones textuales. El análisis indica que la implementación de técnicas como adaptación de bajo rango (LoRA), prompt engineering jerárquico y atención a nivel de frase ayuda significativamente en el aumento de la fidelidad visual y la coherencia semántica en distintas áreas de aplicación, entre ellas el arte digital, el diseño de productos y el patrimonio arquitectónico.

Además, se observa que los mecanismos de control utilizados en los modelos de texto e imagen funcionan, sobre todo, a tres niveles: la configuración de la escena, el estilo cultural o artístico y las características visuales. La unión de estos posibilita la producción de imágenes más exactas y personalizadas, sim embargo todavía existen restricciones para el manejo a detalle de objetos individuales sin que esto impacte la coherencia total

de la imagen. También es un desafío

continuar evaluando el alineamiento semántico debido a que las métricas existentes son limitadas y requieren ser complementadas con valoraciones humanas y cambios específicos según el contexto de uso.

También, se lograron identificar limitaciones, fortalezas y tendencias en las investigaciones actuales en cuanto a las arquitecturas y mecanismos existentes. Se percibe existe una tendencia creciente hacia la aplicación de modelos híbridos, adaptables e interpretables que sean capaces de equilibrar el control y la creatividad dependiendo el contexto en el que apliquen. En este sentido, este trabajo resulta útil como una guía para el desarrollo de soluciones nuevas para la generación de imágenes a partir de texto.

Igualmente, en base a los resultados, resulta necesario emplear estrategias más sofisticadas para el control relacional y la atención consciente hacia varios objetos, además de incorporar modelos eficaces y especializados por dominio para mejorar su rendimiento.

Finalmente, se sugieren futuras vías de investigación, tales como el desarrollo de arquitecturas de difusión avanzadas para mejorar la gestión de atributos específicos; la elaboración de métricas e índices estandarizados que permitan calcular y medir la correlación entre texto e imagen; y el análisis de modelos adaptativos que hagan las aplicaciones prácticas más exactas en campos como el diseño, la educación, el arte digital y la producción de contenido con asistencia de la inteligencia artificial. Estas acciones mejorarán la fiabilidad, la creatividad y la habilidad de interpretación en los sistemas texto-imagen, lo que ayudará a progresar en esta nueva área de la inteligencia artificial generativa de imágenes.

Contribución de Autoría

Zaleth Valentina Rivas Calderón: Conceptualización, Investigación, Metodología, Software, Validación, Redacción - borrador original. Estefany Lucia Villanueva Rosales: Conceptualización, Investigación, Metodología, Software, Validación, Redacción - borrador original. Marcelino Torres Villanueva: Análisis formal, Visualización, Supervisión, Administración de proyectos, Curación de datos, Escritura, revisión y edición.

Referencias

[1] J. Xu, J. Du, and J. Wang, "A survey of generative models used in text-to-image," *Applied and Computational Engineering*, vol. 79, pp. 38–48, 2024.

[2] C. Zhang, C. Zhang, M. Zhang, I. S. Kweon, and J. Kim, "Text-to-image Diffusion Models in Generative

AI: A Survey," 2023. [Online]. Available: https://arxiv.org/abs/2303.07909

[3] K. Wang, X. Liu, Y. Chang, D. Zhao, T. Xian, and X. Geng, "Semantic guidance for precise style control in diffusion image generation," *Scientific Reports*, 2025.

[4] R. Li, W. Li, Y. Yang, H. Wei, J. Jiang, and Q. Bai, "Swinv2-Imagen: hierarchical vision transformer diffusion models for text-to-image generation," *Neural Computing and Applications*, vol. 36, pp. 17 245–17 260, 2024.

[5] H. Ma and H. Zheng, "Text Semantics to Image Generation: A Method of Building Facades Design Base on Stable Diffusion Model," in *Phygital Intelligence (CDRF 2023), Computational Design and Robotic Fabrication*, 2024, pp. 24–34.

[6] O. Avrahami, O. Fried, and D. Lischinski, "Blended Latent Diffusion," *ACM Transactions on Graphics*, vol. 42, no. 4, p. art. no. 3592450, 2023.

[7] H. He, H. Yang, Z. Tuo, Y. Zhou, Q. Wang, Y. Zhang, Z. Liu, W. Huang, H. Chao, and J. Yin, "DreamStory: Open-Domain Story Visualization by LLM-Guided Multi-Subject Consistent Diffusion," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 47, no. 12, pp. 11 874–11 891, 2025.

[8] Z. Ye, X. He, and Y. Peng, "RaT2IGen: Relation-aware Text-to-image Generation via Learnable Prompt," *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*, vol. 21, no. 5, p. art. no. 151, 2025.

[9] Z. Kuang, J. Zhang, Y. Li *et al.*, "Preserving architectural heritage in urban renewal: a stable diffusion model framework for automated historical facade generation," *npj Heritage Science*, vol. 13, p. art. no. 256, 2025.

[10] Z. Sordo, E. Chagnon, Z. Hu *et al.*, "Synthetic Scientific Image Generation with VAE, GAN, and Diffusion Model Architectures," *Journal of Imaging*, vol. 11, no. 8, p. art. no. 252, 2025.

[11] M. Gao, Q. Zhang, C. Song, X. Zhang, and Y. Li, "Hierarchical Prompt Engineering and Task-Differentiated Low-Rank Adaptation for Artificial Intelligence-Generated Content Image Quality Assessment," *Information (Switzerland)*, vol. 16, no. 11, p. art. no. 1006, 2025.

[12] J. Zhu and L. Mu, "GrainedCLIP and DiffusionGrainedCLIP: Text-Guided Advanced Models for Fine-Grained Attribute Face Image Processing," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 99 030–99 045, 2023.

[13] M. DÍncà, E. Peruzzo, M. Mancini, X. Xu, H. Shi, and N. Sebe, "GradBias: Unveiling Word Influence on Bias in Text-to-Image Generative Models," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 47, no. 11, pp. 9863–9875, 2025.

[14] J. Li, S. Zhang, L. Sun *et al.*, "Enhancing product concept image generation through semantic feature prompts and LoRA training," *Scientific Reports*, vol. 15, p. art. no. 40795, 2025.

[15] W. Hu, Y. Zhao, L. Yin *et al.*, "Hierarchical symmetric GAN for Thangka image generation," *npj Heritage Science*, vol. 13, p. art. no. 568, 2025.

[16] N. S. Mudiraj and S. Singh, "Semantic mapping of Hindi text-to-image generation using CUB dataset," *Scientific Reports*, vol. 15, p. art. no. 36632, 2025.

[17] Y. Zhao, Z. Liang, Y. Qiu *et al.*, "A novel flexible identity-net with diffusion models for painting-style generation," *Scientific Reports*, vol. 15, p. art. no. 27896, 2025.

[18] X. Peng, T. Sun, Q. Hu *et al.*, "Poe2CLP: Phrase-level attention and cross-modal semantic alignment for poem generate Chinese landscape paintings," *npj Heritage Science*, vol. 13, p. art. no. 656, 2025.

[19] K. Jung, N. Lee, and S. Choi, "KoDi: A Korean Diffusion Model for Bilingual Text-to-Image Generation and Cultural Fidelity," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 200 290–200 307, 2025.

[20] Y. Zhao, M. Li, and M. Berger, "CUPID: Contextual Understanding of Prompt-conditioned Image Distributions," *Computer Graphics Forum*, vol. 43, no. 3, p. art. no. e15086, 2024.

[21] Y. Xu, H. Liu, R. Yang, and Z. Chen, "Remote Sensing Image Semantic Segmentation Sample Generation Using a Decoupled Latent Diffusion Framework," *Remote Sensing*, vol. 17, no. 13, p. art. no. 2143, 2025.

[22] Z. Li, Y. Wang, C. Li *et al.*, "LFMDiff: generation of Chinese traditional landscape paintings based on diffusion model," *npj Heritage Science*, vol. 13, p. art. no. 564, 2025.

[23] T. Xing, H. Yan, X. Wang, K. Sun, H. Yu, P. Li, and Q. Zhao, "DLDC: A Dual Loop Data Cleaning Method for Fine-Tuning Remote Sensing Image Generative Models," *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 18, pp. 28 709–28 725, 2025.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 109-130
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Artículos de revisión
Temática: Inteligencia artificial
Recibido: 18/10/2025 | Aceptado: 13/12/2025 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a238
ARK: ark:/42411/s29.a238

Impacto de la IA en la salud: Diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades

Impact of AI on health: Diagnosis, treatment and prevention of diseases

Marcelino Torres Villanueva[1][0000-0002-9797-1510]*, **Jonathan Rojas Reyes**[2][0009-0004-2827-0878], **Jefferson Peña Serrano**[3][0009-0000-4123-4346]

[1]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. jpenas@unitru.edu.pe
[2]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. jrojasr@unitru.edu.pe
[3]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. mtorres@unitru.edu.pe

*Autor para correspondencia: jpenas@unitru.edu.pe

Resumen
Nuestra investigación busca facilitar el análisis de diversas fuentes bibliográficas que exploran la implementación de la Inteligencia Artificial (IA) en el sector salud, con un enfoque especial en la lucha contra enfermedades. Para garantizar una revisión sistemática y exhaustiva, utilizamos el marco metodológico PRISMA. Nuestra búsqueda se centró exclusivamente en artículos encontrados en SCOPUS. Los resultados de nuestra investigación revelaron una tendencia clara hacia la aplicación de la IA para la detección y diagnóstico de diferentes tipos de cáncer. También identificamos a Corea del Sur, China y Alemania como países líderes en la investigación y aplicación de la IA en el sector salud, con una gran cantidad de artículos. Además, nuestro análisis destacó el papel fundamental de las herramientas de IA, como el Machine Learning, en la mejora de la atención médica y la investigación en salud. Nuestro objetivo es resaltar el impacto significativo de la IA en el sector salud y su gran potencial para transformar la forma en que se proporciona la atención médica en el futuro.

Palabras claves: Inteligencia Artificial (IA), ChatGpt, Cáncer, Scopus y Machine Learning

Abstract
Our research seeks to facilitate the analysis of various bibliographic sources that explore the implementation of Artificial Intelligence (AI) in the health sector, with a special focus on the fight against diseases. To ensure a systematic and comprehensive review, we used the PRISMA methodological framework. Our search focused exclusively on articles found in SCOPUS. The results of our research revealed a clear trend towards the application of AI for the detection and diagnosis of different types of cancer. We also identified South Korea, China and Germany as leading countries in the research and application of AI in the health sector, with a large amount of articles. Additionally, our analysis highlighted the critical role of AI tools, such as Machine Learning, in improving healthcare and health research. Our goal is to highlight the significant impact of AI in the healthcare sector and its great potential to transform the way healthcare is delivered in the future.

Keywords: *Artificial Intelligence (AI), ChatGpt, Cancer, Scopus and Machine Learning*

Introducción

Este artículo de investigación tiene como finalidad mostrar el impacto que ha tenido la Inteligencia Artificial (IA) en las áreas de salud. Esta ha mostrado un gran desarrollo en los métodos de diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades, mejorando la precisión, eficacia y accesibilidad de los servicios médicos. Sin embargo, aún se siguen presentando desafíos tanto técnicos como éticos. Con esta investigación, buscamos analizar qué tan lejos estamos de lograr implementar la IA en nuestros sectores de salud.

Materiales y métodos o Metodología computacional

Realizamos una investigación sistemática, abarcando una cantidad amplia de temas con respecto a la salud, teniendo como marco metodológico a PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis). Haciendo uso de esta metodología pensamos responder la siguiente pregunta ¿Cómo se ha implementado la IA en el área de salud? Los criterios de búsqueda que nos ayudan a responder esta pregunta de investigación son: “Artificial intelligence tools in health”, “Artificial intelligence in health”, “disease prevention with Artificial Intelligence”. Nos apoyamos en la base de datos Scopus para lograr recolectar la información que necesitábamos. Lo que usamos para la búsqueda fue:

(TITLE-ABS-KEY(“Artificial Intelligence tools in health”)) OR TITLE-ABS-KEY(“Artificial intelligence in health”) PUBYEAR ¡2024 AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, “a”)).

Tabla 1. Búsqueda de términos en base de datos

Términos usados	**SCOPUS**
“Artificial intelligence tools in health” “Artificial intelligence in health” “disease prevention with Artificial Intelligence”	78
TOTAL	**78**

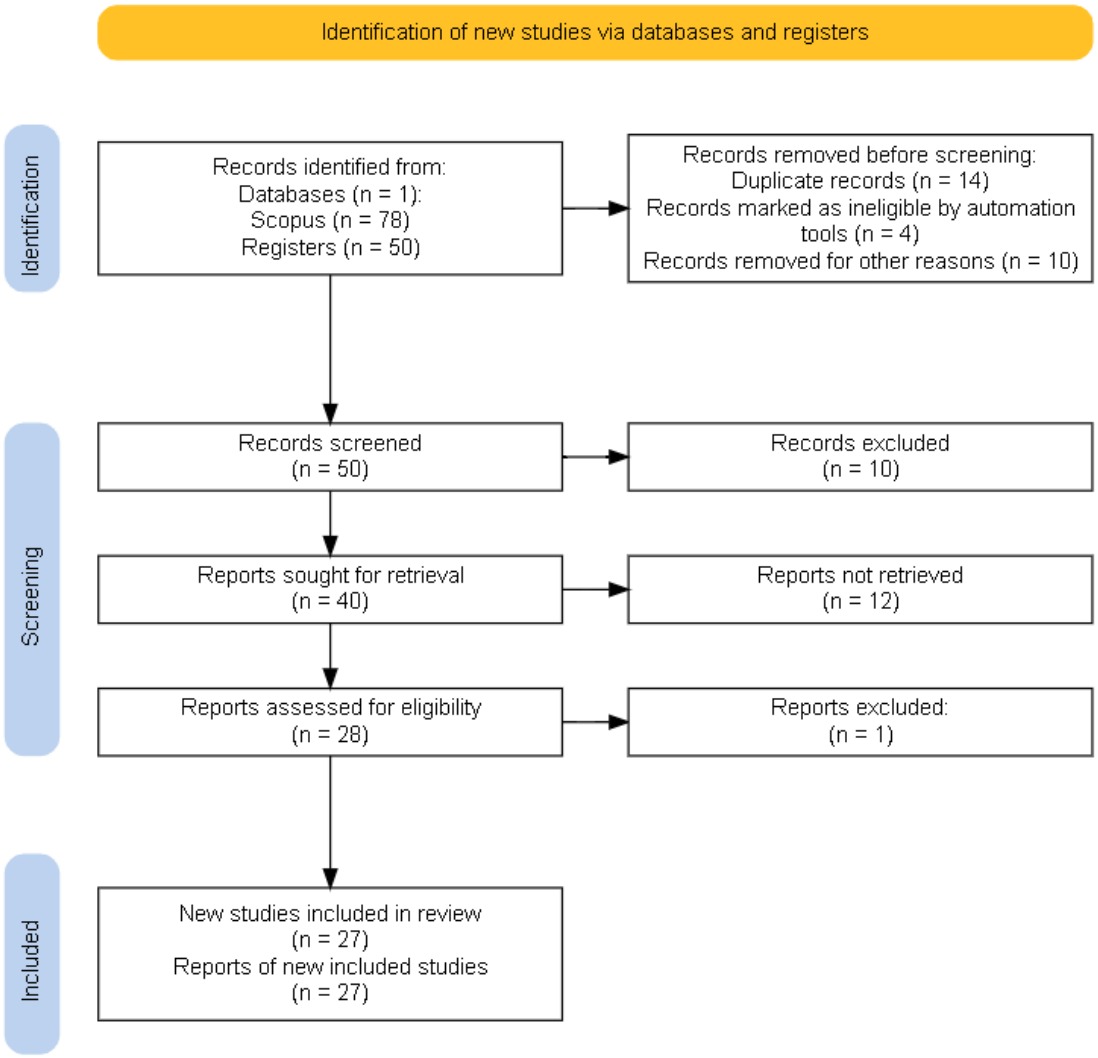


Figura 1. Flujograma Prisma

Resultados y discusión

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 109-130
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Tabla 2. Resultados de búsqueda de Artificial Intelligence in health

Título	**Resultados**	**Herramienta IA**	**Enfermedad**
Artificial intelligence for breast cancer detection and its health technology assessment: A scoping review [1]	La investigación muestra la efectividad clínica de las herramientas de IA para la detección de cáncer de mama.	Machine Learning	Cáncer de mama
Artificial intelligence in healthcare: a scoping review of perceived threats to patient rights and safety [2]	Se identificaron amenazas asociadas al uso de IA en la salud, como errores impredecibles, falta de regulación, costos elevados, preocupaciones de privacidad y sesgos en los servicios. Estas limitaciones afectan derechos y seguridad de los pacientes.	Inteligencia Artificial generalizada	Amenazas generales hacia el paciente.
A practical guide to apply AI in childhood cancer: Data collection and AI model implementation [3]	Se muestra la importancia de recoger datos de alta calidad para desarrollar modelos de IA efectivos en el cáncer infantil. Destaca la falta de grandes conjuntos de datos y la necesidad de colaborar internacionalmente. También se aborda el uso de plataformas de IA descentralizadas para proteger la privacidad.	Generative AI (ChatGPT), Machine Learning, XAI, Federated Learning	Cáncer Infantil
Applications of ChatGPT in the diagnosis, management, education, and research of retinal diseases: a scoping review [4]	Se explora las aplicaciones de ChatGPT en la atención de la salud ocular, destacando su potencial en áreas como la educación médica, el apoyo diagnóstico y la gestión de enfermedades, aunque también resalta preocupaciones sobre su exactitud, confiabilidad y el riesgo de desinformación. Se concluye que su integración debe ser cuidadosa, con supervisión profesional continua	ChatGPT, Generative AI	Enfermedades retinianas

Continúa en la siguiente página

Tabla 2 – *Continuación*

Título	**Resultados**	**Herramienta IA**	**Enfermedad**
Salivary detection of Chikungunya virus infection using a portable and sustainable biophotonic platform coupled with artificial intelligence algorithms [5]	Demuestra que una plataforma portátil de infrarrojo cercano acoplada con ATR-FTIR puede discriminar la infección por el virus de Chikungunya (CHIKV) a partir de muestras salivales, logrando una sensibilidad del 83 %, especificidad del 86 % y precisión del 85 % mediante el uso de algoritmos de soporte vectorial de máquinas (SVM). Los resultados sugieren que esta plataforma es una herramienta no invasiva y sostenible para la detección de CHIKV.	ATR-FTIR, Algoritmos de machine learning (SVM)	Virus Chikungunya
Application of artificial intelligence in chronic myeloid leukemia (CML) disease prediction and management: a scoping review [6]	Revisa la aplicación de IA en el diagnóstico y manejo de la LMC, destacando su uso para la clasificación del tumor (75 %), predicción/prognóstico (17 %), y tratamiento (8 %). Los modelos de IA más comunes incluyen SVM, XGBoost y redes neuronales. El modelo HCNN-IAS logró una precisión y sensibilidad del 100 %.	SVM, XGBoost, Redes Neuronales (ANN, HCNN-IAS)	Leucemia Mieloide Crónica (LMC)
Evaluation of artificial intelligence-powered screening for sexually transmitted infections-related skin lesions using clinical images and metadata [7]	Se desarrolló y evaluó un modelo de IA para diferenciar ITS de condiciones no relacionadas con ITS utilizando imágenes clínicas y metadatos. El modelo combinado de CNN y FCN con imágenes y metadatos alcanzó un AUC de 0.893, superior al modelo solo con imágenes (AUC = 0.859). La integración de metadatos dermatológicos y demográficos mejoró el rendimiento del modelo en un 6.7 %.	CNN, Fully Connected Neural Network (FCN)	Infecciones de transmisión sexual (ITS)

Continúa en la siguiente página

Tabla 2 – *Continuación*

Título	**Resultados**	**Herramienta IA**	**Enfermedad**
Novel artificial intelligence algorithms for diabetic retinopathy and diabetic macular edema [8]	Revisión sobre metodologías de IA para la identificación, perfilado de enfermedades y manejo de la retinopatía diabética (DR) y el edema macular diabético (DME). e discuten avances en la detección de lesiones, predicción de la progresión de la enfermedad y modelos de respuesta al tratamiento.	Deep learning, algoritmos de IA para diagnóstico, predicción y manejo	Retinopatía diabética, Edema macular diabético
Artificial intelligence enables precision diagnosis of cervical cytology grades and cervical cancer [9]	Desarrollado un sistema de detección de cáncer cervical utilizando IA (AICCS), con una red neuronal de aprendizaje profundo. Logró una AUC de 0.922 y una sensibilidad de 0.906 para clasificar los grados de citología cervical.	Deep Learning y redes neuronales profundas	Cáncer cervical, Lesiones intraepiteliales
Using artificial intelligence and predictive modelling to enable learning healthcare systems (LHS) for pandemic preparedness [10]	Propuesta de un para utilizar IA y modelado predictivo en la preparación ante pandemias, con la capacidad de detectar enfermedades pandémicas, asistir en la gestión de pacientes y predecir impactos a largo plazo post-recuperación. Requiere una mejor infraestructura de datos y un enfoque centrado en el paciente.	Inteligencia Artificial Generalizada, Modelado Predictivo	Pandemias (COVID-19 y otras enfermedades infecciosas)

Continúa en la siguiente página

Tabla 2 – *Continuación*

Título	**Resultados**	**Herramienta IA**	**Enfermedad**
A multicenter clinical AI system study for detection and diagnosis of focal liver lesions [11]	El sistema LiAIDS demostró un rendimiento superior en la detección de lesiones hepáticas benignas (F1-score de 0.940) y malignas (F1-score de 0.692) comparado con radiólogos junior (benignas: 0.830-0.890, malignas: 0.230-0.360), y similar a los radiólogos senior (benignas: 0.920-0.950, malignas: 0.550-0.650). LiAIDS mejoró la precisión diagnóstica de los radiólogos de manera significativa. .	LiAIDS (Sistema de Diagnóstico Artificial para Hígado)	Lesiones Focales Hepáticas (FLLs)
Evolving Artificial Intelligence (AI) at the Crossroads: Potentiating Productive vs. Declining Disruptive Cancer Research [12]	La integración de plataformas de IA como AGI y GenAI ha impulsado investigaciones productivas en cáncer, aumentando la cantidad de publicaciones y citas a lo largo del tiempo. GenAI, a través de herramientas como ChatGPT, ha ayudado a científicos en investigaciones preclínicas y clínicas, contribuyendo al repurposing de medicamentos, oncología de precisión y gestión de datos a gran escala.	AGI, GenAI, ChatGPT (Modelos de Lenguaje Grande)	Cáncer (General)

Continúa en la siguiente página

Tabla 2 – *Continuación*

Título	**Resultados**	**Herramienta IA**	**Enfermedad**
AI-based hierarchical approach for optimizing breast cancer detection using MammoWave device [13]	Este estudio presenta un modelo jerárquico basado en IA para detectar cáncer de mama con el dispositivo MammoWave, optimizando sub-bandas, métodos de extracción de características y clasificadores, logrando una precisión equilibrada del 70 %. Los planes futuros incluyen abordar desafíos relacionados con la densidad mamaria, ingeniería de características y el uso de aprendizaje profundo, respaldados por un ensayo clínico en cinco países europeos.	Inteligencia Artificial generalizada	Cáncer de mama
Benefits and harms associated with the use of AI-related algorithmic decision-making systems by healthcare professionals: a systematic review [14]	La IA tiene gran potencial en medicina, pero su beneficio para los pacientes es limitado sin capacitación adecuada ni validación externa. Muchos estudios carecen de transparencia y evaluación integral, por lo que se necesitan estándares más rigurosos.	Inteligencia Artificial generalizada	Amenazas generales hacia el paciente.
Decoding the black box: Explainable AI (XAI) for cancer diagnosis, prognosis, and treatment planning-A state-of-the art systematic review [15]	El 73 % de los estudios sobre XAI en oncología excluyen a clínicos, lo que limita su utilidad. Métodos como SHAP y LIME simplifican en exceso, causando imprecisiones, y el 87 % carece de evaluaciones rigurosas. Se necesita integrar XAI con métricas estándar, interfaces centradas en clínicos y sistemas contextuales para mejorar la precisión en oncología.	Inteligencia Artificial generalizada	Cáncer

Continúa en la siguiente página

Tabla 2 – *Continuación*

Título	**Resultados**	**Herramienta IA**	**Enfermedad**
Automated brain tumor recognition using equilibrium optimizer with deep learning approach on MRI images [16]	El artículo presenta la técnica BTR-EODLA para detectar tumores cerebrales en MRI, logrando una precisión del 98.78 %. A pesar de su éxito, se destacan limitaciones como el uso de conjuntos de datos pequeños y la necesidad de mejorar la aplicabilidad clínica y la eficiencia de los modelos.	Inteligencia Artificial generalizada	Amenazas generales hacia el paciente.
Artificial intelligence: A new frontier in dermatology [17]	La inteligencia artificial (IA) está transformando la dermatología, mejorando la precisión diagnóstica y optimizando los flujos de trabajo. Los dermatólogos deben estar informados sobre sus capacidades y limitaciones para mejorar la atención al paciente.	Inteligencia Artificial generalizada	enfermedades dermatológicas
Artificial intelligence in community pharmacy practice: Pharmacists'perceptions, willingness to utilize, and barriers to implementation [18]	El estudio reveló que dos tercios de los farmacéuticos comunitarios en Etiopía tienen una actitud positiva hacia la adopción de la IA, aunque varía según educación, fuentes de información y conocimiento de la IA. Se destacan la necesidad de recursos, políticas y formación para integrar la IA en las farmacias, y se sugieren más estudios a nivel nacional sobre la preparación para su implementación.	Inteligencia Artificial generalizada	Amenazas generales hacia el paciente.

Continúa en la siguiente página

Tabla 2 – *Continuación*

Título	**Resultados**	**Herramienta IA**	**Enfermedad**
From promise to practice: Artificial intelligence in skin cancer screenings [19]	El estudio resalta el potencial de la inteligencia artificial (IA) en el diagnóstico de melanoma, mostrando una preferencia de pacientes y dermatólogos por enfoques híbridos que combinan la experiencia humana con la IA. A pesar de los avances, aún existe una brecha entre el desarrollo de la IA y su implementación clínica, y se requieren más estudios para abordar la confianza y la validación en su uso. La integración de la IA en dermatología sigue siendo un campo en evolución que necesita más investigación para superar barreras y desafíos.	Inteligencia Artificial generalizada	enfermedades dermatológicas
Reinforcement learning model for optimizing dexmedetomidine dosing to prevent delirium in critically ill patients [20]	El uso de modelos de aprendizaje por refuerzo en la inteligencia artificial (IA) ha demostrado ser efectivo para optimizar la dosificación de dexmedetomidina en pacientes críticos, lo que ayuda a prevenir el delirio en unidades de cuidados intensivos (UCI). Este enfoque supera las estrategias tradicionales al ofrecer recomendaciones personalizadas y dinámicas basadas en datos, mejorando así los resultados clínicos y reduciendo la incidencia de delirio en estos pacientes. Sin embargo, se requieren evaluaciones adicionales para confirmar su validez en entornos clínicos reales.	Machine learning	Delirio

Continúa en la siguiente página

Tabla 2 – *Continuación*

Título	**Resultados**	**Herramienta IA**	**Enfermedad**
The mental health implications of artificial intelligence adoption: the crucial role of self-efficacy [21]	Este estudio investiga cómo la adopción de IA afecta el agotamiento laboral, revelando que el estrés laboral mediatiza esta relación y que la autoeficacia en el aprendizaje de IA modera el impacto del estrés. Los resultados subrayan la importancia de programas de capacitación para mitigar los efectos negativos en la salud mental de los empleados. Además, se enfatiza la necesidad de considerar factores humanos en la adopción de IA para crear entornos de trabajo más positivos y productivos.	Machine learning	Estrés
Explainable artificial intelligence-driven prostate cancer screening using exosomal multi-marker based dual-gate FET biosensor [22]	El sistema de detección de cáncer de próstata basado en XAI superó la precisión del método PI-RADS convencional, especialmente en lesiones ambiguas, mejorando la detección temprana y reduciendo biopsias innecesarias. Aunque prometedor, el estudio tiene limitaciones debido al tamaño y la homogeneidad de la muestra, por lo que se necesitan más investigaciones con cohortes diversas. Además, el enfoque XAI mejora la transparencia y la colaboración con los clínicos.	Redes neuronales	Cancer de prostata

Continúa en la siguiente página

Tabla 2 – *Continuación*

Título	**Resultados**	**Herramienta IA**	**Enfermedad**
Is artificial intelligence prepared for the 24-h shifts in the ICU? [23]	la IA y el aprendizaje automático tienen el potencial de transformar la atención en unidades de cuidados intensivos (UCI) al mejorar la precisión diagnóstica, optimizar operaciones y mejorar los resultados de los pacientes. Aunque persisten desafíos, el avance de estas tecnologías, con un enfoque ético y práctico, promete una nueva era en la medicina crítica, donde su uso centrado en el paciente puede salvar vidas y elevar la calidad de la atención en las UCI.	Inteligencia Artificial generalizada	Amenazas generales hacia el paciente
SkinHealthMate app: An AI-powered digital platform for skin disease diagnosis [24]	La inteligencia artificial mejora la dermatología, con aplicaciones como SkinHealthMate que optimizan diagnósticos, gestión de citas y coordinación entre profesionales. Ofrece versiones web y móvil para facilitar el acceso y mejorar la atención al paciente. Se recomienda seguir investigando para maximizar su efectividad y asegurar su acceso equitativo.	Inteligencia Artificial generalizada	enfermedades dermatológicas
Ethical Challenges and Opportunities in Applying Artificial Intelligence to Cardiovascular Medicine [25]	Se concluye que la integración de la IA será esencial en la práctica clínica moderna, especialmente en cardiología. Esto incluye formación en herramientas de IA para médicos, regulación ética, promoción de la confianza del paciente y educación pública sobre beneficios y riesgos.	Inteligencia Artificial generalizada	Enfermedades cardiovasculares

Continúa en la siguiente página

Tabla 2 – *Continuación*

Título	**Resultados**	**Herramienta IA**	**Enfermedad**
A machine learning tool for identifying patients with newly diagnosed diabetes in primary care [26]	Se mostró cómo un modelo de ML basado en la frecuencia de consultas y códigos de diagnóstico puede predecir diabetes en atención primaria, aunque los factores clave (hipertensión, obesidad, dislipidemia) ya son conocidos. Sugiere incluir factores adicionales, como patrones de estilo de vida y medicación.	Machine Learning	Diabetes
Artificial intelligence approaches for phenotyping heart failure in U.S. Veterans Health Administration electronic health record [27]	El modelo basado en NLP y ML logró identificar la insuficiencia cardíaca (HF) con un AUC de 0.94, precisión del 86 % y sensibilidad del 86 %. La combinación de NLP y ML superó significativamente el rendimiento de los enfoques tradicionales basados en códigos ICD. El enfoque integró datos estructurados y no estructurados, logrando representatividad comparable con la revisión manual. El modelo mostró resultados efectivos para clasificación, con un F-score de hasta 0.85, identificando 143 pacientes con HF, de los cuales 121 fueron confirmados como casos reales según estándares de oro.	Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP) y Machine Learning (ML)	Insuficiencia cardíaca (HF)

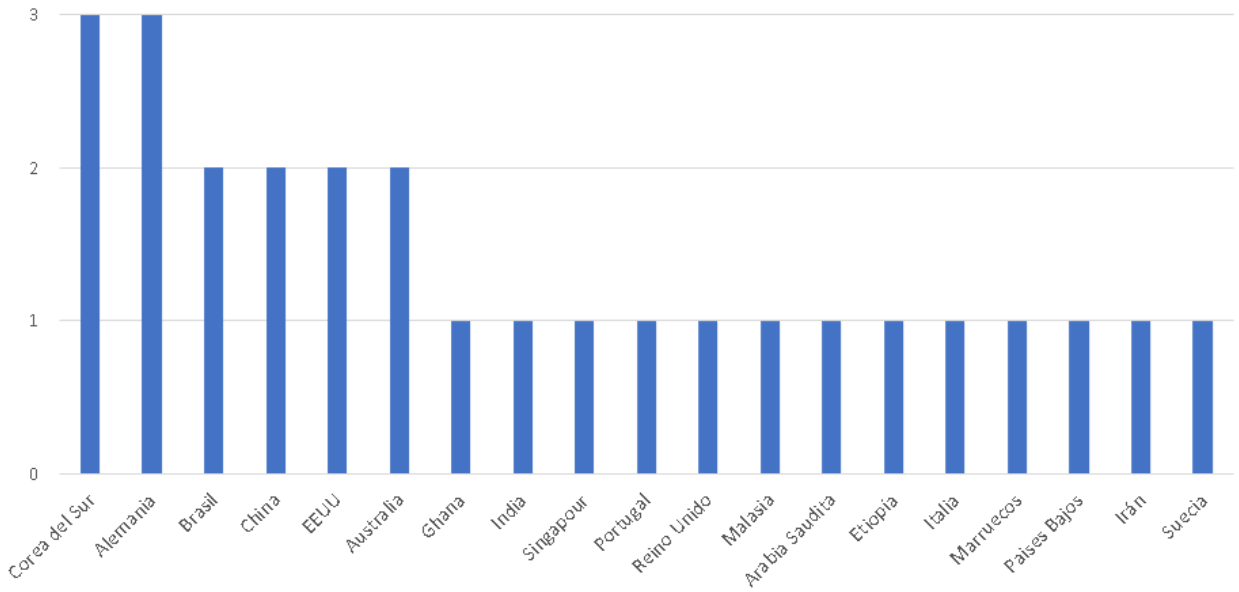


Figura 2. Los países con publicaciones en SCOPUS (2024)

La Inteligencia Artificial (IA), junto con sus múltiples herramientas, está demostrando un impacto significativo en diversas áreas de la salud. Se ha utilizado para el diagnóstico, tratamiento y prevención de una amplia gama de enfermedades, desde cánceres específicos hasta infecciones virales y enfermedades crónicas. La Figura 3, obtenida a partir de nuestra investigación, muestra las principales enfermedades que han sido objetivo de la aplicación de IA en la medicina.

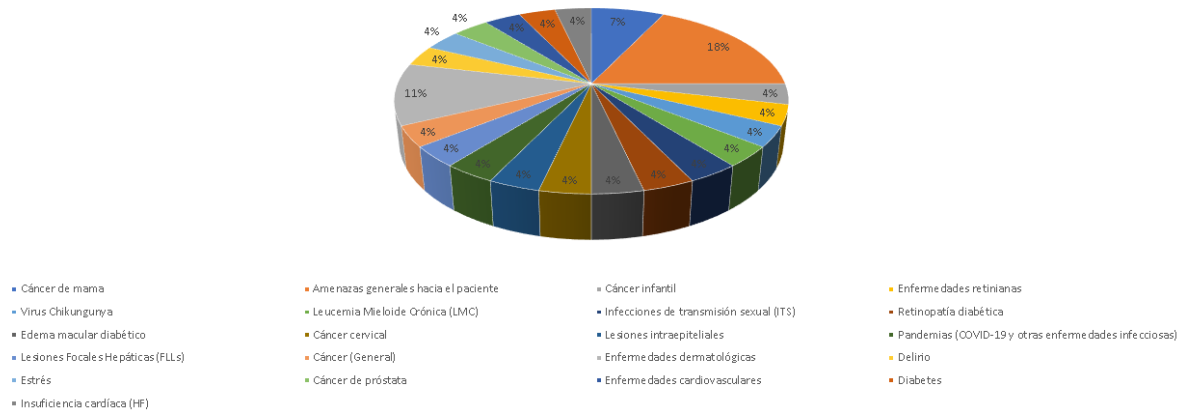


Figura 3. Representación porcentual de implementación de IA ante enfermedades

Cáncer de mama: Esta enfermedad es un tipo de cáncer que afecta las células de las glándulas mamarias. Y es la causante de una gran cantidad de muertes en mujeres por no decir que es una de las principales causas.

Amenazas generales hacia el paciente: Se refiere a los riesgos potenciales en la atención médica que pueden poner en peligro la seguridad y el bienestar del paciente, como los errores médicos, la falta de acceso a atención adecuada o los efectos secundarios de los tratamientos.

Cáncer Infantil: El cáncer en niños se presenta de diferentes formas, con tipos comunes como leucemias, tumores cerebrales y linfomas. Aunque más raro que en adultos, su tratamiento puede ser complejo y específico.

Enfermedades retinianas: Son aquellos trastornos que afectan la retina del ojo, como la degeneración macular o la retinopatía diabética, si no se llegan a tratar de una manera adecuada y rápida, puede llevar a la pérdida de la vista.

Virus Chikungunya: Es una enfermedad viral que se llega a transmitir por medio de los mosquitos llegando a causar fiebre alta, dolor articular intenso y síntomas como dolores musculares y erupciones cutáneas.

Leucemia Mieloide Crónica (LMC): Este tipo de cáncer en la sangre que como consecuencia logra afectar a las células de la médula ósea, lo cual ocasiona que se produzca una cantidad poco normal de glóbulos blancos.

Infecciones de transmisión sexual (ITS): Estas enfermedades se propagan de persona a persona mediante el contacto sexual. Las ITS que suelen presentarse considerablemente en mayor proporción en la actualidad son la gonorrea , VIH y sífilis.

Retinopatía diabética, Edema macular diabético: Estas complicaciones de la diabetes llegan a afectar a los vasos sanguíneos de la retina, lo que puede llevar a pérdida de vista. El edema macular es la hinchazón de la retina debido a la fuga de líquido.

Pandemias (COVID-19 y otras enfermedades infecciosas): Las pandemias son brotes globales de enfermedades infecciosas, como la COVID-19, que afectan a grandes porciones de la población, provocando una crisis sanitaria y económica.

Cáncer cervical, Lesiones intraepiteliales: El cáncer cervical se origina en el cuello del útero y puede ser precedido por lesiones intraepiteliales, que son cambios anormales en las células del cuello uterino, a menudo causados por infecciones de papilomavirus humano (VPH).

Lesiones Focales Hepáticas (FLLs): Son áreas anormales en el hígado que pueden ser benignas o malignas. Pueden ser indicativas de enfermedades hepáticas, como tumores o quistes.

Cáncer (General): Grupo de enfermedades caracterizadas por el crecimiento descontrolado de células anormales en el cuerpo. Puede afectar a cualquier órgano o tejido.

Cáncer de próstata: Es un tipo de cáncer que afecta a la glándula prostática en los hombres. Puede llegar a crecer de manera lenta, pero en algunos casos se vuelve agresivo y se esparce a otras partes del cuerpo.

Enfermedades dermatológicas: Son trastornos que afectan la piel, como el acné, eczema, psoriasis o dermatitis, que pueden causar molestias y cambios visibles en la piel.

Delirio: Es un trastorno mental temporal caracterizado por confusión, desorientación y alteración en la percepción de la realidad, generalmente asociado con enfermedades graves o efectos secundarios de medicamentos.

Estrés: Es aquella respuesta física y emocional a aquellas situaciones que se perciben como abrumadoras. El estrés crónico puede tener efectos negativos sobre la salud mental y física, contribuyendo a diversas enfermedades.

Enfermedades cardiovasculares: Estas enfermedades están catalogadas como un grupo de trastornos que afectan al corazón y los vasos sanguíneos, que comprometen su capacidad para transportar sangre de manera eficiente por el cuerpo.

Diabetes: Esta catalogada como una enfermedad crónica que ocurre cuando el cuerpo ya no puede regular adecuadamente los niveles de azúcar en la sangre, puede ser debido a la falta de producción de insulina o por una resistencia a su acción.

Insuficiencia Cardíaca: Es una condición médica crónica en la que el corazón pierde su capacidad de bombear sangre de manera eficiente para satisfacer las necesidades del cuerpo.

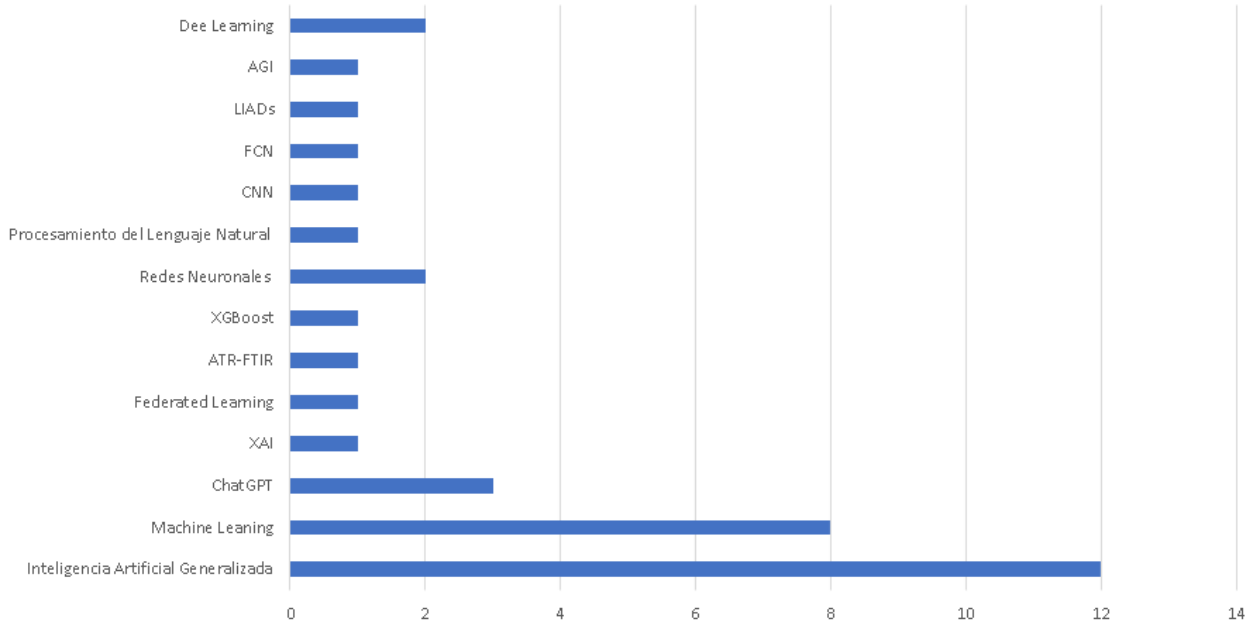


Figura 4. Cifra de uso de herramientas en los documentos

Machine Learning: El aprendizaje automático es una técnica de inteligencia artificial que permite a los sistemas aprender y mejorar sin que el humano llegue a intervenir, utilizando datos y experiencia para tomar decisiones informadas. En otras palabras, los sistemas pueden adaptarse y mejorar con el tiempo, sin necesidad de ser reprogramados explícitamente.

ChatGPT: Es un modelo de lenguaje generativo desarrollado por OpenAI, diseñado para procesar y generar texto natural de manera conversacional. Esto significa que el modelo puede entender y responder a preguntas complejas, manteniendo una conversación coherente y natural.

Explainable AI (XAI): La inteligencia artificial explicable se refiere a un enfoque de Inteligencia Artificial que busca hacer que los modelos sean comprensibles para los humanos, explicando sus decisiones y resultados de manera transparente.

Federated Learning: Es un método de aprendizaje que entrena modelos de IA de forma colaborativa, sin compartir datos entre dispositivos. Garantizando así la privacidad y seguridad de los datos, asimismo permite a los modelos aprender grandes cantidades de datos.

ATR-FTIR (Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier con Reflectancia Total Atenuada): Técnica

utilizada para analizar materiales mediante espectros infrarrojos. Al combinar esta técnica con inteligencia artificial, es posible clasificar materiales de manera precisa y eficiente.

Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP): Es una rama de la Inteligencia Artificial (IA) que se centra en como interactúan las computadoras y las personas cada uno con su lenguaje. Su meta es permitir que las máquinas razonen de la misma manera que lo hará un ser humano o persona.

XGBoost: Es un algoritmo de machine learning basado en árboles de decisión, optimizado para alta precisión y velocidad en tareas de clasificación y predicción. Esto lo hace ideal para aplicaciones que requieren resultados precisos y rápidos.

Redes Neuronales Artificiales: Esta estructura se asemeja al funcionamiento del cerebro del hombre, teniendo como principal objetivo el procesamiento de datos complejos y reconocimiento de los patrones.Estas redes tienen la característica de aprender de los datos procesados teniendo como consecuencia un mayor desempeño conforme pasa el tiempo.

Convolutional Neural Network (CNN): Tipo de red neuronal especializada en procesar y analizar datos estructurados como imágenes.

Fully Connected Neural Network (FCN): La red neuronal completamente conectada es una red neuronal en la que todas las neuronas están completamente conectadas entre capas. Esto permite a la red aprender a reconocer patrones y características en datos complejos, lo que la hace ideal para aplicaciones de predicción y clasificación.

Deep Learning: Subcampo de machine learning que utiliza redes neuronales profundas. Permitiendo así a los modelos aprender a reconocer patrones y características en datos complejos, lo que los hace ideales para aplicaciones con procesamiento de lenguaje natural y más.

Artificial General Intelligence (AGI): Concepto de IA que aspira a replicar la capacidad humana de razonar y resolver problemas en cualquier dominio.

LiAIDS (Sistema de Diagnóstico Artificial para Hígado): Sistema de diagnóstico basado en inteligencia artificial que se utiliza para detectar y clasificar enfermedades hepáticas, utilizando algoritmos de IA para analizar imágenes médicas o datos clínicos.

Conclusiones

Basándonos en los resultados obtenidos ,se ha visto que se usan diversas herramientas de IA como Machine Learning ,ChatGPT ,XAI,Redes Neuronales,Deep Learning,algoritmos de IA,etc ,para obtener una ayuda en diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades.Siendo útil para la mayoría por su gran potencial en esta área , teniendo de inconveniente la falta de datos en algunos campos ,nuestro objetivo de este trabajo es permitir al lector informarse,evaluar,aprender y servir a otras futuras investigaciones relacionadas con las herramientas de inteligencia artificial .

Contribución de Autoría

Jefferson Peña Serrano: Conceptualización, Investigación, Metodología, Validación, Redacción - borrador original. Jonathan Rojas Reyes: Conceptualización, Investigación, Metodología, Software, Análisis formal, Recursos, Visualización. Marcelino Torres Villanueva: Supervisión, Administración de proyectos.

Referencias

[1] A. Uwimana, G. Gnecco, and M. Riccaboni, "Artificial intelligence for breast cancer detection and its health technology assessment: A scoping review," *SCOPUS*, vol. 184, no. 109391, November 2024.

[2] N. N. Botha, C. E. Segbedzi, V. K. Dumahasi, S. Maneen, R. V. Kodom, I. S. Tsedze, L. A. Akoto, F. S. Atsu, O. U. Lasim, and E. W. Ansah, "Artificial intelligence in healthcare: a scoping review of perceived threats to patient rights and safety," *SCOPUS*, vol. 82, no. 188, October 2024.

[3] S. Wen, S. Theobald, P. Gangas, K. C. Borja Jiménez, J. H. Merks, R. A. Schoot, M. Meyerheim, and N. Graf, "A practical guide to apply ai in childhood cancer: Data collection and ai model implementation," *SCOPUS*, vol. 4, no. 100197, October 2024.

[4] V. C. F. Bellanda, M. L. d. Santos, D. A. Ferraz, R. Jorge, and G. B. Melo, "Applications of chatgpt in the diagnosis, management, education, and research of retinal diseases: a scoping review," *SCOPUS*, vol. 10, no. 79, October 2024.

[5] M. Guevara-Vega, R. B. Rosa, D. C. Caixeta, M. A. Costa, R. C. d. Souza, G. M. Ferreira, A. C. Mundim Filho, M. G. Carneiro, and A. C. G. Jardim, "Salivary detection of chikungunya virus infection using a portable and sustainable biophotonic platform coupled with artificial intelligence algorithms," *SCOPUS*, vol. 14, no. 21546, September 2024.

[6] M. Ram, M. R. Afrash, K. Moulaei, M. Parvin, E. Esmaeeli, Z. Karbasi, S. Heydari, and A. Sabahi, "Application of artificial intelligence in chronic myeloid leukemia (cml) disease prediction and management: a scoping review," *SCOPUS*, vol. 24, no. 1026, August 2024.

[7] N. N. Soe, Z. Yu, P. M. Latt, D. Lee, J. J. Ong, Z. Ge, C. K. Fairley, and L. Zhang, "Evaluation of artificial intelligence-powered screening for sexually transmitted infections-related skin lesions using clinical images and metadata," *SCOPUS*, vol. 22, no. 296, July 2024.

[8] J. Yao, J. Lim, G. Y. S. Lim, J. C. L. Ong, Y. Ke, T. F. Tan, T.-E. Tan, S. Vujosevic, and D. S. W. Ting, "Novel artificial intelligence algorithms for diabetic retinopathy and diabetic macular edema," *SCOPUS*, vol. 11, no. 23, June 2024.

[9] J. Wang, Y. Yu, Y. Tan, H. Wan, N. Zheng, Z. He, L. Mao, W. Ren, K. Chen, Z. Lin, G. He, and Y. Chen, "Artificial intelligence enables precision diagnosis of cervical cytology grades and cervical cancer," *SCOPUS*, vol. 15, no. 4369, May 2024.

[10] A. Ankolekar, L. Eppings, F. Bottari, I. F. Pinho, K. Howard, R. Baker, Y. Nan, X. Xing, S. L. Walsh, W. Vos, G. Yang, and P. Lambin, "Using artificial intelligence and predictive modelling to enable learning healthcare systems (lhs) for pandemic preparedness," *SCOPUS*, vol. 24, no. December 2024, pp. 412–419, May 2024.

[11] H. Ying, X. Liu, M. Zhang, Y. Ren, S. Zhen, X. Wang, B. Liu, P. Hu, L. Duan, M. Cai, M. Jiang, and X. Cheng, "A multicenter clinical ai system study for detection and diagnosis of focal liver lesions," *SCOPUS*, vol. 15, no. 1131, February 2024.

[12] N. K. Sharma and S. C. Sarode, "Evolving artificial intelligence (ai) at the crossroads: Potentiating productive vs. declining disruptive cancer research," *SCOPUS*, vol. 16, no. 3646, October 2024.

[13] M. Taghipour-Gorjikolaie, N. Ghavami, L. Papini, M. Badia, A. Fracassini, A. Bigotti, G. Palomba, D. A. t. Sanchez-Bayuela, C. R. Castellano, R. Loretoni, M. Calabrese, and A. S. Tagli, "Ai-based hierarchical approach for optimizing breast cancer detection using mammowave device," *SCOPUS*, vol. 100, no. 107143, November 2024.

[14] C. Wilhelm, A. Steckelberg, and F. G. Rebitschek, "Benefits and harms associated with the use of ai-related algorithmic decision-making systems by healthcare professionals: a systematic review," *SCOPUS*, vol. 48, no. 101145, March 2024.

[15] Y. A. Mohamed, B. E. Khoo, M. S. M. Asaari, M. E. Aziz, and F. R. Ghazali, "Decoding the black box: Explainable ai (xai) for cancer diagnosis, prognosis, and treatment planning-a state-of-the art systematic review," *SCOPUS*, vol. 193, no. 105689, November 2024.

[16] M. Ragab, I. Katib, S. A. Sharaf, H. A. Alterazi, A. Subahi, S. G. Alattas, S. S. Binyamin, and J. Alyami, "Automated brain tumor recognition using equilibrium optimizer with deep learning approach on mri images," *SCOPUS*, vol. 14, no. 29448, November 2024.

[17] S. Sitaru and A. Zink, "Artificial intelligence: A new frontier in dermatology," *SCOPUS*, vol. 38, pp. 2199–2200, August 2024.

[18] A. K. Sendekie, L. W. Limenh, B. B. Abate, G. S. Chanie, A. T. Kassaw, F. B. Tamene, K. Y. Gete, and E. M. Dagnew, "Artificial intelligence in community pharmacy practice: Pharmacists'perceptions, willingness to utilize, and barriers to implementation," *SCOPUS*, vol. 16, no. 100542, November 2024.

[19] Y. Li and V. Rotemberg, "From promise to practice: Artificial intelligence in skin cancer screenings," *SCOPUS*, vol. 38, pp. 2203–2204, September 2024.

[20] H. Y. Lee, S. Chung, D. Hyeon, H.-L. Yang, H.-C. Lee, H. G. Ryu, and H. Lee, "Reinforcement learning model for optimizing dexmedetomidine dosing to prevent delirium in critically ill patients," *SCOPUS*, vol. 7, no. 325, November 2024.

[21] B.-J. Kim and J. Lee, "The mental health implications of artificial intelligence adoption: the crucial role of self-efficacy," *SCOPUS*, vol. 11, no. 1561, November 2024.

[22] J. Y. Choi, S. Park, J. S. Shim, H. J. Park, S. U. Kuh, Y. Jeong, M. G. Park, T. I. Noh, S. G. Yoon, Y. M. Park, S. J. Lee, and H. Kim, "Explainable artificial intelligence-driven prostate cancer screening using exosomal multi-marker based dual-gate fet biosensor," *SCOPUS*, vol. 267, no. 116773, September 2024.

[23] F. A. Gonzalez, C. Santonocito, T. Lamas, P. Costa, S. M. Vieira, H. A. Ferreira, and F. Sanfilippo, "Is artificial intelligence prepared for the 24-h shifts in the icu?" *SCOPUS*, vol. 43, no. 101431, October 2024.

[24] A. Aboulmira, H. Hrimech, M. Lachgar, A. Camara, C. Elbahja, A. Elmansouri, and Y. Hassini, "Skinhealthmate app: An ai-powered digital platform for skin disease diagnosis," *SCOPUS*, vol. 6, no. 200166, November 2024.

[25] S. Lewin, R. Chetty, A. R. Ihdayhid, and G. Dwivedi, "Ethical challenges and opportunities in applying artificial intelligence to cardiovascular medici," *SCOPUS*, vol. 40, pp. 1897–1906, June 2024.

[26] P. Wändell, A. C. Carlsson, M. Wierzbicka, K. Sigurdsson, J. Ärnlöv, J. Eriksson, C. Wachtler, and T. Ruge, "A machine learning tool for identifying patients with newly diagnosed diabetes in primary care," *SCOPUS*, vol. 18, pp. 501–505, June 2024.

[27] Y. Shao, S. Zhang, V. K. Raman, S. S. Patel, Y. Cheng, A. Parulkar, P. H. Lam, H. Moore, H. M. Sheriff, G. C. Fonarow, P. A. Heidenreich, and W.-C. Wu, "Artificial intelligence approaches for phenotyping heart failure in u.s. veterans health administration electronic health record," *SCOPUS*, vol. 11, pp. 3155–3166, June 2024.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 131-153
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Artículos de revisión
Temática: Inteligencia artificial
Recibido: 26/10/2025 | Aceptado: 28/11/2025 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a237
ARK: ark:/42411/s29.a237

Desarrollo de la Inteligencia Artificial en las Grandes Empresas Tecnológicas: Una Revisión Sistemática

Artificial Intelligence Development in Large Technology Companies: A System Review

Erick Arnie Zavaleta Galarza[1][0009-0002-5880-3626], **Luiggi Anthony Rosas Pérez**[2][0009-0009-0875-6455]*, **Marcelino Torres Villanueva**[3][0000-0002-9797-1510]

[1]Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Peru ezavaletag@unitru.edu.pe
[2]Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Peru lrosasp@unitru.edu.pe
[3]Universidad Nacional de Trujillos, Trujillo, Peru mtorres@unitru.edu.pe

*Autor para correspondencia: lrosasp@unitru.edu.pe

Resumen
El desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) en grandes empresas tecnológicas fue analizado mediante una revisión sistemática con el objetivo de identificar las principales áreas de aplicación, los productos y soluciones desarrollados, y su impacto en la competitividad y sostenibilidad de las industrias. La metodología incluyó la recopilación y análisis de información relevante sobre empresas como Amazon, Microsoft, Alphabet e IBM, destacando sus innovaciones tecnológicas y estrategias de implementación. Los resultados revelaron que sectores como finanzas, salud y telecomunicaciones concentran las aplicaciones más frecuentes de la IA, permitiendo optimizar procesos, mejorar la toma de decisiones y personalizar productos y servicios. Además, se identificaron soluciones clave como Azure AI, Watsonx y Vertex AI, que han impulsado la transformación de diversas industrias. También se observó que la IA ha promovido la sostenibilidad mediante la optimización de recursos y la mitigación de riesgos ambientales, así como la inclusión social al eliminar barreras lingüísticas y culturales. Por otro lado, es crucial identificar desafíos relacionados con las limitaciones tecnológicas y la necesidad de combinar la automatización con la interacción humana para garantizar experiencias satisfactorias.

Palabras claves: Aplicaciones estratégicas y sociales de la IA, Empresas tecnológicas, Inteligencia artificial, Productos y Soluciones de IA, PRISMA.

Abstract
The development of Artificial Intelligence (AI) in large technology companies was analyzed through a systematic review with the aim of identifying the main areas of application, the products and solutions developed, and their impact on the competitiveness and sustainability of industries. The methodology included the collection and analysis of relevant information on companies such as Amazon, Microsoft, Alphabet and IBM, highlighting their technological innovations and implementation strategies. The results revealed that sectors such as finance, health and telecommunications concentrate the most frequent applications of AI, allowing for the optimization of processes, improved decision-making and personalization of products and services. In addition, key solutions such as Azure AI, Watsonx and Vertex AI were identified, which have driven the transformation of various industries. It was also observed that AI has promoted sustainability by optimizing resources and mitigating environmental risks, as well as social inclusion by eliminating linguistic and cultural barriers. On the other

hand, it is crucial to identify challenges related to technological limitations and the need to combine automation with human interaction to ensure satisfactory experiences.

Keywords: *Strategic and social applications of AI, Technology companies, Artificial intelligence, AI products and solutions, PRISMA.*

Introducción

Las grandes empresas se mantienen en su posición como líderes gracias a su gran visión estratégica y capacidad de aprovechar las oportunidades en el momento correcto, por lo que no es sorpresa que grandes empresas de todas las industrias y sobre todo las centradas en tecnología hayan apostado por el desarrollo e implementación de la inteligencia artificial con el objetivo de mantenerse a la vanguardia y crear nuevas estrategias de negocio. La inteligencia artificial tiene la capacidad de transformar de manera notable las estrategias empresariales y los procesos de toma de decisiones, gracias a su habilidad para replicar la inteligencia humana y llevar a cabo tareas complejas [1]. Así pues, nos damos cuenta que la implementación de la inteligencia artificial no es solo una tendencia sino una estrategia para garantizar su crecimiento y poder competir en sus respectivos mercados.

El uso de la inteligencia artificial se expande a diferentes campos y suele variar según el sector al que pertenezca la empresa, entonces las herramientas que estas necesitan para poder realizar sus operaciones diarias o competir en su sector también cambian [2]. Esta razón es la principal por la que muchas organizaciones deciden cuidadosamente qué áreas son las más necesarias a desarrollar, puesto que no todo es tan sencillo con esta tecnología, conocida por su capacidad de adaptación y versatilidad. Uno de los mayores obstáculos para su implementación es el alto costo de desarrollo de herramientas e implementación, teniendo en cuenta el nivel necesario para que genere un beneficio significativo. No obstante, su capacidad para adaptarse a diversos entornos empresariales demuestra que la inteligencia artificial es una de las tecnologías multifunción con mayor adecuación en distintos sectores de la economía [3].

La inteligencia artificial se ha convertido en parte de nuestra vida cotidiana, especialmente en sectores como la salud, las finanzas, la manufactura y el transporte. Su capacidad para simplificar tareas complejas y mejorar procesos ha hecho que sea una aliada indispensable en la solución de problemas desafiantes. El uso de nuevas tecnologías es un hito fundamental en el desarrollo de la historia humana en todas sus etapas, es posible evidenciar avances que contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de las personas y entre éstos se encuentran, justamente, los avances en IA aplicados a la salud [4]. En el área de la salud, una de las aplicaciones más populares son los asistentes robóticos para cirugías, que ofrecen mayor precisión y reducen los riesgos en procedimientos complejos. En el sector manufacturero, se emplean robots inteligentes para automatizar líneas

de producción y sistemas predictivos para minimizar fallos y optimizar recursos. En el área del transporte, empresas como Tesla lideran con innovaciones en vehículos autónomos, integrando IA para mejorar la seguridad y la experiencia del usuario, además de avanzar hacia una movilidad más sostenible.

En este artículo exploramos las siguientes empresas tecnológicas: IBM, Microsoft, Amazon y Alphabet que han destacado por su capacidad para aplicar la inteligencia artificial en soluciones innovadoras que abordan tanto problemas industriales como sociales. IBM, con su sistema Watson, ha impulsado avances en salud y finanzas, mientras que Microsoft, a través de Azure AI, facilita herramientas para democratizar el acceso a la IA. Amazon utiliza inteligencia artificial para optimizar sus operaciones logísticas y mejorar la experiencia del cliente, y Alphabet lidera en áreas como el aprendizaje automático y los asistentes virtuales. Este artículo analiza cómo estas compañías integran la IA en sus estrategias, destacando su impacto en productos, soluciones y aplicaciones en sus industrias.

Materiales y métodos o Metodología computacional

Este estudio se centró en una revisión sistemática de la información usando la Metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Urrútia & Bonfill, 2010) [5] y las técnicas disponibles para entender el desarrollo de la inteligencia artificial (IA) en grandes empresas tecnológicas. El objetivo principal fue recopilar y analizar datos sobre los productos y soluciones de cuatro compañías líderes en tecnología: Microsoft, Alphabet, Amazon e IBM así como identificar los ámbitos en los que aplican sus innovaciones en IA. A través de esta revisión, se buscó ofrecer una visión completa de las iniciativas y avances en IA que estas empresas han implementado en sectores clave.

Esta investigación recopiló artículos de fuentes académicas en sitios web como SCOPUS, SCIELO, DIALNET, SCIENCEDIRECT y ACADEMIC GOOGLE. Asimismo, se extrajo información de las páginas oficiales orientadas a IA de las empresas a revisar, las cuales son MICROSOFT, ALPHABET, AMAZON e IBM. La revisión se centrará en responder preguntas clave cómo: ¿En qué sectores son las aplicaciones más frecuentes de la IA? ¿Qué productos y soluciones ofrecen estas empresas mediante la implementación de la IA? Y, finalmente, ¿cómo afectan estos avances a la competitividad y sostenibilidad de las industrias involucradas?

Proceso de recolección de información

Para iniciar el proceso de búsqueda de literatura relacionada con el desarrollo de la inteligencia artificial en grandes empresas tecnológicas, se empleó una combinación de términos clave y el uso de bases de datos académicas reconocidas. El objetivo fue identificar artículos relevantes en idiomas inglés y español que

aportarán información valiosa sobre los productos, soluciones y aplicaciones de IA de las empresas Microsoft, Alphabet, IBM y Amazon.

Se utilizaron como bases de datos principales SCOPUS y SCIENCEDIRECT para la identificación de artículos en inglés. En SCOPUS, se emplearon términos clave como .ªrtificial intelligence", .ªI products", .ªI solutionsƶ .ªpplications", combinados con el operador booleano AND. Además, se aplicó un filtro temporal para limitar los resultados a publicaciones realizadas entre los años 2019 y 2024. De igual manera en SCIELO Y DIALNET se utilizó una combinación de palabras clave relacionadas con inteligencia artificial, soluciones y productos en IA y aplicaciones industriales, asegurando que los artículos fueran recientes y relevantes para el tema de estudio.

Para la recolección de artículos en español, se realizó una búsqueda exhaustiva en Google Académico, utilizando frases como "Inteligencia Artificial en Microsoft", "Inteligencia Artificial en Google (Alphabet)", "Inteligencia Artificial en IBM", "Inteligencia Artificial en Amazon". Esta búsqueda se complementa con consultas en las bases de datos SCIELO y DIALNET, aplicando filtros temporales similares para incluir solo publicaciones desde el año 2020. Estas plataformas permitieron identificar estudios en el idioma nativo de los autores y asegurar una perspectiva más amplia del tema.

Además de las fuentes académicas, se recurrió a los sitios web basados en IA oficiales de Microsoft, Google (Alphabet), IBM y Amazon, así como a reportes técnicos de los mismos y publicaciones institucionales. Estas fuentes corporativas proporcionaron información detallada sobre los productos y aplicaciones de inteligencia artificial desarrollados por estas empresas, incluyendo casos de éxito y ejemplos de aplicación en sectores clave como energía, salud, manufactura, servicios financieros y sector público.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 131-153
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

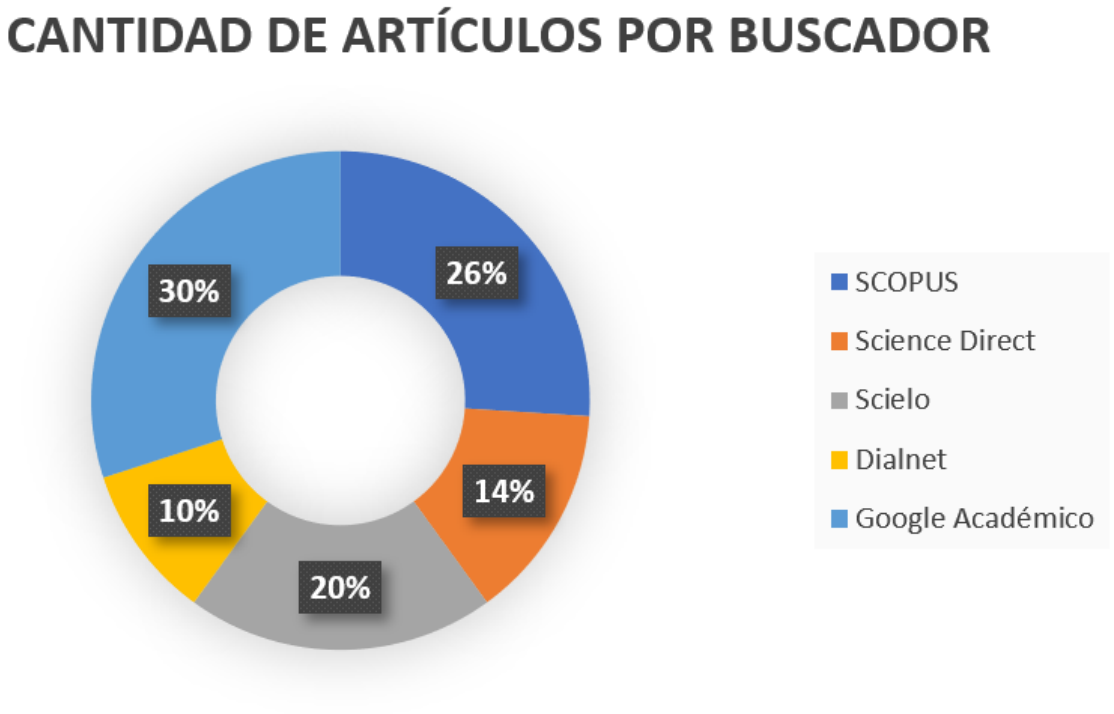


Figura 1. Proporción de artículos recopilados según la base de datos. Elaboración propia

Tabla 1. Número de artículos obtenidos por base de datos antes de aplicar los criterios de inclusión y exclusión. Elaboración propia.

Buscadores	**Cantidad**
Dialnet	5
Google académico	15
Scielo	10
Science Direct	7
SCOPUS	13
Total general	50

La Tabla 1 evidencia que las bases de datos Scielo, SCOPUS y Google Académico concentraron la mayor parte de los artículos relacionados con el tema de esta revisión sistemática. Estos artículos se seleccionaron cuidadosamente. La Figura 2 ilustra el proceso llevado a cabo para identificar los artículos más relevantes. De un conjunto inicial de 50 artículos, la cantidad se redujo a 30 tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión

definidos para este estudio.

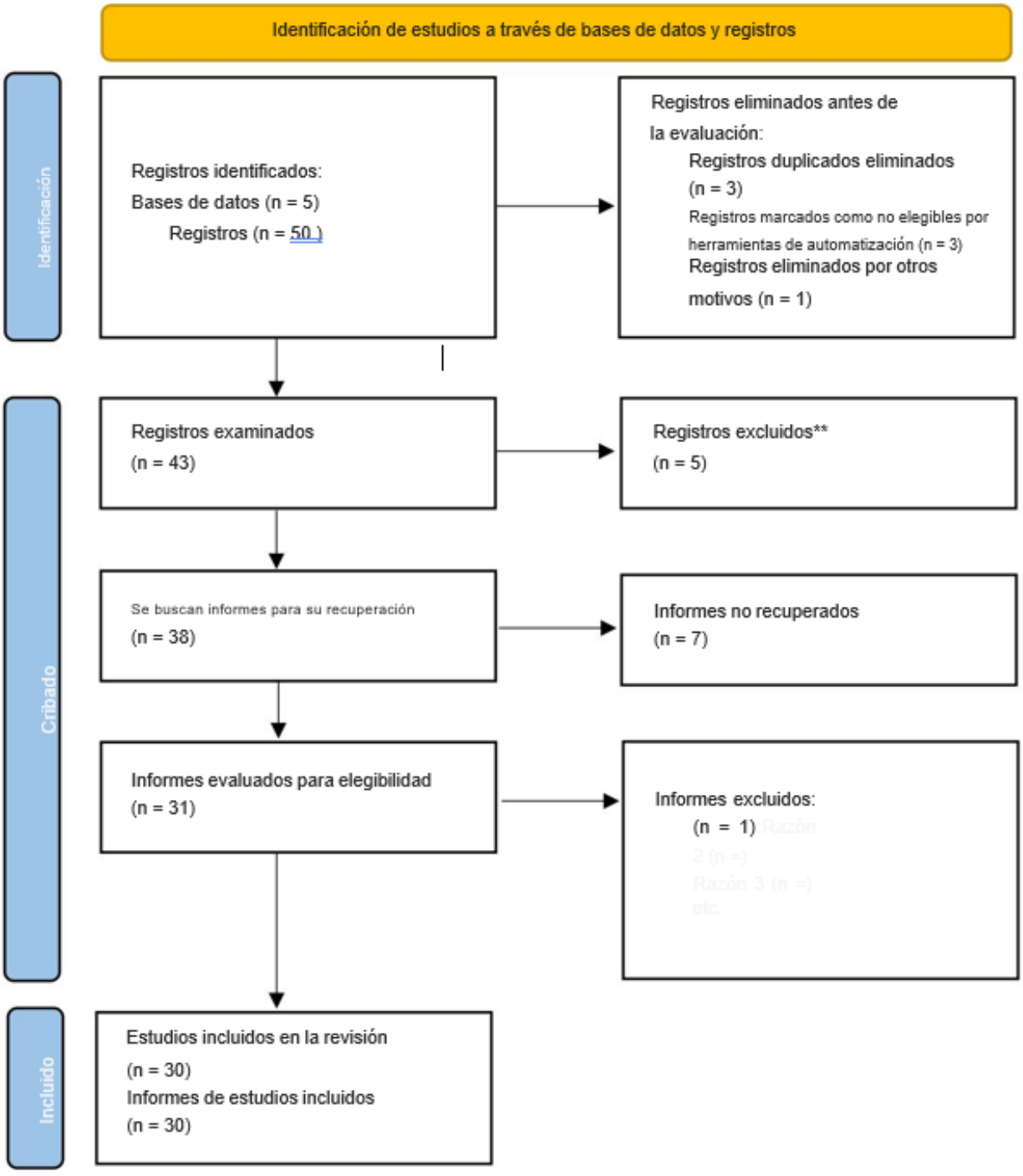


Figura 2. Diagrama de Flujo para la Selección de Artículos Encontrados. PRISMA. Elaboración propia.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 131-153
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Criterios de exclusión y de inclusión

Después de realizar una búsqueda inicial, se establecieron criterios de inclusión para identificar los artículos más relevantes para esta investigación. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: (1) Publicaciones realizadas entre los años 2020 y 2024 para asegurar la actualidad de los datos. (2) Estudios centrados en el uso de la inteligencia artificial en grandes empresas tecnológicas, específicamente Microsoft, Alphabet, Amazon e IBM, y su impacto en sectores como energía, salud, manufactura, servicios financieros y el sector público. (3) Investigaciones que analizaron productos, soluciones y aplicaciones de IA de estas empresas, con un enfoque en su contribución a la competitividad y sostenibilidad industrial. (4) Estudios que utilizaron métodos experimentales, cuasiexperimentales o análisis de casos prácticos para evaluar la efectividad de las soluciones de IA implementadas. (5) Publicaciones en inglés y español, para garantizar una visión amplia y diversa del tema.

En cuanto a los criterios de exclusión, estos se definieron para eliminar información irrelevante o no accesible.

Los criterios de exclusión incluyeron: (1) Artículos no disponibles en línea o con acceso restringido. (2) Estudios que se centraran exclusivamente en el desarrollo técnico de herramientas de IA, sin analizar su impacto práctico en la industria. (3) Publicaciones que no abordan específicamente el uso de la inteligencia artificial en las empresas tecnológicas mencionadas. (4) Artículos publicados antes de 2020, ya que no cumplen con el rango temporal establecido.

Estos criterios permitieron filtrar y seleccionar los documentos más pertinentes, asegurando un análisis exhaustivo y enfocado en los objetivos de la investigación. Para resumir y analizar los resultados de los estudios incluidos, se emplearon técnicas de síntesis narrativa. En una primera fase, se identificaron 85 artículos provenientes de las cuatro bases de datos consultadas. La Figura 1 ilustra, en porcentaje, la proporción de información recolectada inicialmente de cada base de datos, mientras que la Tabla 1 detalla la cantidad exacta de artículos seleccionados por cada fuente.

Resultados y discusión

Los estudios más significativos para nuestra investigación están resumidos en la Tabla 2 a continuación.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 131-153
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Tabla 2. Información destacada de los estudios más significativos en la revisión. Elaboración propia.

N°	Título	Base de datos	País	Año	Objetivos/Resultados
1	Translation of Medical Terms by AI: A Comparative Linguistic Study of Microsoft Copilot and Google Translate [6]	Google Académico	Arabia Saudita	2024	Las herramientas de traducción basadas en inteligencia artificial, como Microsoft Copilot y Google Translate, muestran diferencias importantes en su precisión al traducir términos médicos. Microsoft Copilot suele ser más efectivo en aspectos contextuales y sintácticos, mientras que Google Translate tiende a cometer errores relacionados con transliteraciones y equivalencias literales. Estos resultados señalan áreas clave que necesitan mejoras para que la traducción de términos técnicos sea más confiable en contextos profesionales.
2	Google Gemini as a next generation AI educational tool: a review of emerging educational technology [7]	Google Académico	Arabia Saudita	2024	Google Gemini demuestra un gran potencial en el ámbito educativo, revelando cómo sus capacidades multimodales y de razonamiento pueden transformar la personalización del aprendizaje. Sin embargo, también destaca la importancia de abordar desafíos éticos y garantizar el desarrollo responsable para maximizar su impacto positivo en la educación.

Continúa en la siguiente página

N°	Título	Base de datos	País	Año	Objetivos/Resultados
3	An Overview on Amazon Rekognition Technology [8]	Google Académico	India	2021	El análisis destacó cómo la tecnología de visión por computadora, implementada a través de Amazon Web Services Rekognition jugó un papel crucial en ayudar a las empresas a mantenerse sostenibles durante la pandemia de COVID-19. Los resultados mostraron que esta tecnología permitió automatizar tareas clave como la detección de equipos de protección personal (PPE), el monitoreo de distanciamiento social y la identificación de rostros, optimizando así las operaciones empresariales en un contexto de restricciones sanitarias.
4	The Amazon Nova family of models: Technical report and model card [9]	Google Académico	Estados Unidos	2024	El análisis de Amazon Nova demuestra su capacidad para ofrecer modelos fundacionales multimodales con un equilibrio óptimo entre precisión, velocidad y costo. Modelos como Nova Pro destacan en tareas complejas, mientras que Nova Lite y Micro son eficientes en costos y latencia. Nova Canvas y Reel lideran en generación de imágenes y videos personalizados. Las evaluaciones validan su rendimiento, adaptabilidad y confiabilidad, posicionándolos como referentes en soluciones generativas para diversas industrias.

Continúa en la siguiente página

N°	Título	Base de datos	País	Año	Objetivos/Resultados
5	Enhancing AI Governance in Financial Industry through IBM watsonx.governance [10]	Science Direct	Estados Unidos	2024	El análisis resalta la importancia de la confianza y la gobernanza en la adopción de IA en sectores regulados como las finanzas. IBM Watson.governance se posiciona como una solución clave, proporcionando herramientas automatizadas para monitorear, gestionar y cumplir con normativas, reduciendo riesgos asociados a sesgos, desvíos y falta de transparencia.
6	AI revolutionizing industries worldwide: A comprehensive overview of its diverse applications [11]	Science Direct	Arabia Saudita	2024	Este análisis profundiza en el papel de la IA como eje central de estas revoluciones, explorando su impacto histórico, actual y futuro en sectores clave como la salud, las finanzas y la manufactura. Además, plantea una reflexión sobre los beneficios, riesgos y desafíos éticos de la adopción de la IA, cuestionando si esta tecnología será una herramienta de progreso o una fuente de preocupación.
7	Elastic Machine Learning Algorithms in Amazon SageMaker [12]	Google Académico	Estados Unidos	2020	El desarrollo de SageMaker aborda desafíos clave en la construcción de plataformas de aprendizaje automático (ML) a escala industrial, incluyendo la necesidad de entrenamientos incrementales, predictibilidad de costos y elasticidad en el manejo de cargas de trabajo.

Continúa en la siguiente página

N°	Título	Base de datos	País	Año	Objetivos/Resultados
8	How artificial intelligence affects international industrial transfer — Evidence from industrial robot application [13]	Science Direct	China	2024	El estudio explora cómo el avance de la inteligencia artificial, reflejado en el uso de robots industriales, impacta la transferencia global de industrias en el contexto de la Industria 4.0. Los resultados destacan que el progreso en tecnologías como los robots industriales no solo promueve la transición de la manufactura tradicional a la manufactura inteligente, sino que también potencia la competitividad de los países en el ámbito de la transferencia industrial.
9	Inteligência Artificial Aplicada À Saúde Ocupacional [14]	Scielo	Portugal	2024	La revisión resaltó el acelerado progreso de la inteligencia artificial y su impacto en el entorno laboral, incluyendo cambios en la organización de las tareas, impactos en la productividad y posibles reducciones en el número de puestos de trabajo. Se observó que, aunque algunos países ya han implementado medidas prácticas para mitigar los efectos negativos, todavía existen importantes lagunas en la comprensión y difusión de información sobre cómo la IA afecta variables como el número de empleos y los errores cometidos durante su implementación.

Continúa en la siguiente página

N°	Título	Base de datos	País	Año	Objetivos/Resultados
10	La inteligencia artificial en la educación del siglo XXI: avances, desafíos y oportunidades Presentación [15]	Scielo	Perú	2024	El análisis destaca el impacto de la IA en la educación, desde la personalización del aprendizaje hasta la predicción del rendimiento académico y la mejora en la construcción del conocimiento. Se enfatiza la necesidad de una implementación ética centrada en el ser humano y de preparar a docentes y estudiantes para enfrentar sus desafíos. Estas investigaciones reflejan cómo la IA transforma la enseñanza, planteando tanto oportunidades como retos.

A partir de la Tabla 2, es posible extraer información clave para esta revisión sistemática, ya que en ella se detallan con mayor precisión los artículos más relevantes. Esto permite identificar las bases de datos de las que se obtuvieron los artículos más relevantes.

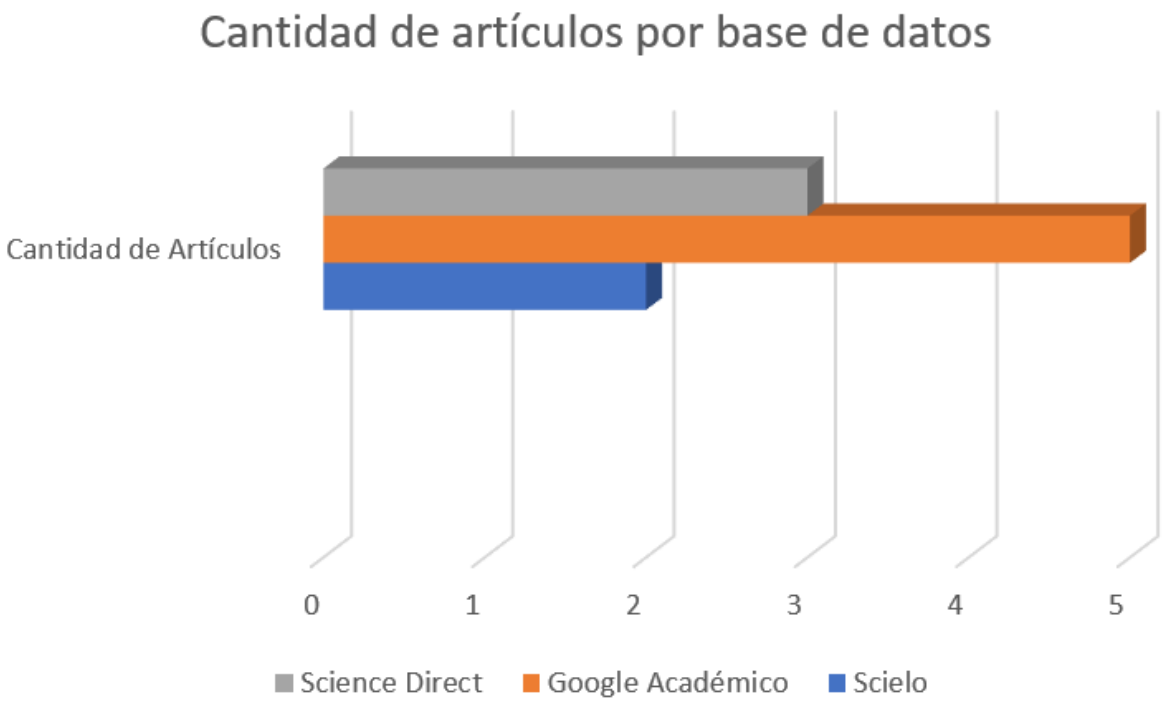


Figura 3. Distribución de estudios más relevantes por Base de Datos Elaboración propia.

Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) se define como la capacidad de los sistemas computacionales para procesar información y generar respuestas que resuelvan problemas y alcancen objetivos específicos. Según varios autores, la IA se centra en desarrollar agentes que actúan de manera inteligente, simulando procesos de pensamiento humano y mejorando la toma de decisiones a través del análisis de datos y patrones. Aunque no reproduce la energía física de los humanos, busca imitar su capacidad cognitiva con una precisión superior, utilizando modelos matemáticos y algoritmos avanzados [16].

En esencia, la IA se inspira en el funcionamiento de la inteligencia natural para crear sistemas que puedan aprender, adaptarse y realizar tareas de manera eficiente. Mediante técnicas como el aprendizaje automático y el procesamiento del lenguaje natural, la inteligencia artificial permite a las máquinas analizar grandes volúmenes de datos, identificar tendencias y prever escenarios con un alto grado de exactitud. Esto la convierte en una herramienta fundamental para abordar problemas complejos en diferentes áreas.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 131-153
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Empresas Tecnológicas

Las empresas tecnológicas son pilares fundamentales en la revolución impulsada por la inteligencia artificial (IA), liderando su desarrollo y aplicación en múltiples sectores. Estas organizaciones, a través de sus capacidades de investigación y desarrollo, han creado tecnologías disruptivas que transforman la manera en que las personas y las industrias operan. Desde la creación de algoritmos avanzados hasta el diseño de plataformas innovadoras, su trabajo permite resolver problemas complejos y explorar nuevas fronteras del conocimiento.

Además, las empresas tecnológicas no solo diseñan soluciones técnicas, sino que también moldean el entorno económico y social en el que estas tecnologías se implementan. Establecen estándares, definen tendencias y configuran el marco ético para la adopción de la IA. Su influencia trasciende la innovación tecnológica, contribuyendo a la evolución de los mercados y a la mejora de las capacidades humanas mediante la integración de sistemas inteligentes.

Productos y Soluciones de IA

Los productos y soluciones basados en inteligencia artificial son ejemplos tangibles de cómo esta tecnología impacta la vida cotidiana y los entornos profesionales. Desde sistemas de recomendación en plataformas digitales hasta modelos predictivos en el ámbito financiero, estas herramientas son clave para mejorar la precisión, la eficiencia y la personalización en diversas tareas. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real y ofrecer resultados adaptativos ha redefinido la manera en que se abordan los desafíos en múltiples áreas [17].

La implementación de estas soluciones no solo optimiza procesos, sino que también genera nuevas oportunidades de negocio y fomenta la innovación continua. Al aprovechar tecnologías como el aprendizaje automático y el procesamiento de lenguaje natural, los productos de IA pueden resolver problemas complejos y crear experiencias únicas para los usuarios.

Aplicaciones Estratégicas y Sociales de la IA

La inteligencia artificial ha demostrado ser una herramienta clave para impulsar el desarrollo estratégico en sectores como la salud, la educación y los servicios financieros. Sus aplicaciones permiten mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y optimizar recursos, ofreciendo soluciones adaptadas a las necesidades de cada contexto. Además, las capacidades de análisis predictivo y automatización ayudan a tomar decisiones más informadas y precisas, elevando el impacto positivo en las operaciones humanas.

En el ámbito social, la IA está transformando la manera en que se abordan problemas globales como el cambio climático, la equidad en la educación y la mejora de la calidad de vida [18]. A través de iniciativas que aprovechan su potencial, se están generando avances significativos en la atención a comunidades vulnerables y en la resolución de desafíos críticos. Estas aplicaciones no solo destacan la versatilidad de la inteligencia artificial, sino también su capacidad para generar beneficios tangibles y duraderos en la sociedad.

DISCUSIÓN

La Inteligencia Artificial se ha convertido en una herramienta clave para enfrentar los desafíos actuales en diferentes sectores, gracias a su habilidad para optimizar procesos y proporcionar soluciones innovadoras. Su uso está cambiando la forma en que las industrias funcionan, ayudándolas a resolver problemas complejos y a mantenerse competitivas en un entorno global en constante evolución. La versatilidad de la IA ha permitido su aplicación en diversas áreas, desde la medicina y la educación hasta la manufactura y el comercio. Es así que para tener un mejor panorama del desarrollo de la misma en una empresa, es conveniente analizar cómo las grandes empresas tecnológicas como Amazon, Microsoft, Alphabet e IBM, están desarrollando la IA y a qué mejoras y/o resultados han llegado con ello.

Para abordar las preguntas planteadas al inicio, hemos recopilado una serie de datos a partir de diversos artículos. En particular, para responder a la interrogante sobre ¿En qué sectores son las aplicaciones más frecuentes de la IA?, hemos obtenido los siguientes resultados.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 131-153
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

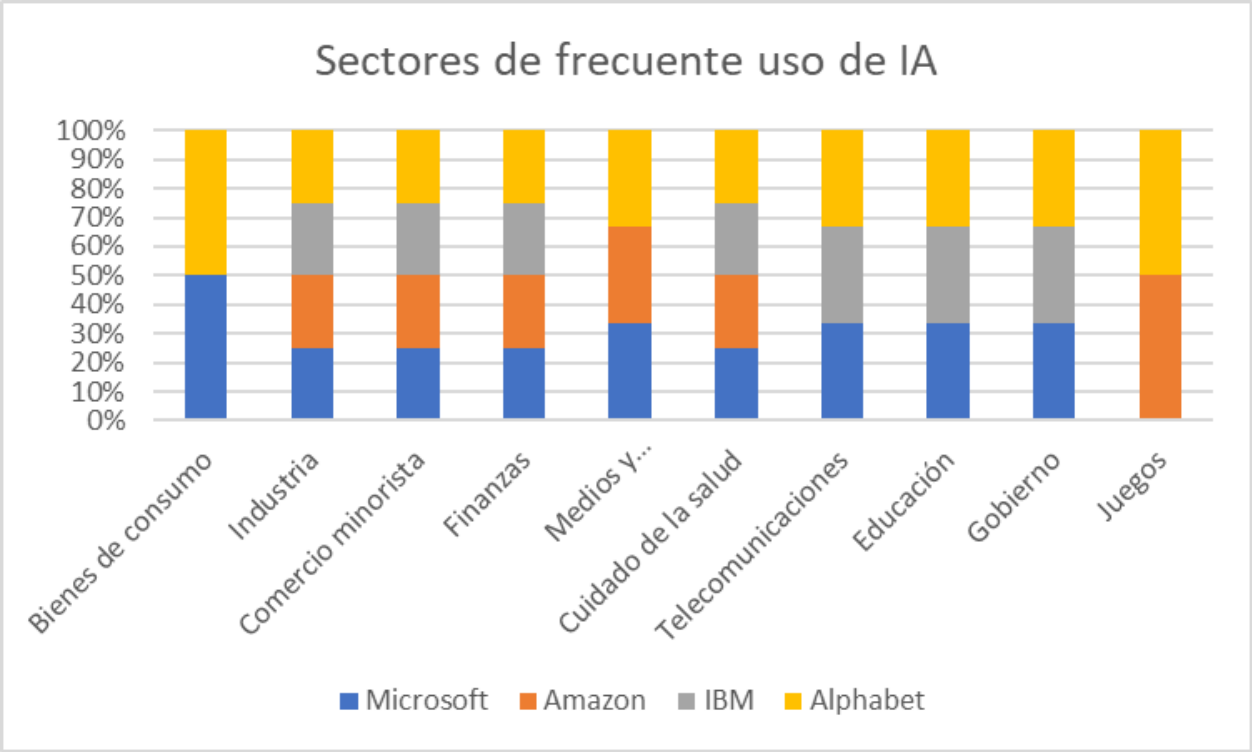


Figura 4. Sectores de frecuente uso de la IA en las empresas a revisar según bibliografía. Elaboración propia.

La Figura 4 refleja los sectores donde la inteligencia artificial (IA) tiene mayor influencia en el desarrollo y la innovación tecnológica. Se observa que áreas como Finanzas, Medios y entretenimiento, y Cuidado de la salud destacan por ser espacios clave para la aplicación de IA. Esto sugiere un avance significativo en el aprovechamiento de esta tecnología para resolver problemas complejos, optimizar procesos y ofrecer soluciones innovadoras que impactan tanto en la experiencia del usuario como en la eficiencia operativa.

El sector financiero, por ejemplo, ha experimentado una transformación profunda gracias a la IA, que permite detectar fraudes, gestionar riesgos y personalizar servicios en tiempo real. De manera similar, en los sectores de Telecomunicaciones, medios y entretenimiento, la IA se utiliza para la creación de contenido personalizado y la mejora de la experiencia del consumidor, mientras que en el cuidado de la salud ha sido crucial para diagnósticos más precisos, gestión de datos médicos y desarrollo de tratamientos innovadores [19].

Sectores como Educación también están emergiendo como campos relevantes para la IA, aunque su impacto actual podría estar en una etapa temprana [20]. Sin embargo, su desarrollo continuo refleja el potencial de la IA para abordar desafíos críticos, como la personalización del aprendizaje y la optimización de redes de

comunicación [21]. El caso del sector de Juegos es particularmente interesante, ya que representa no solo un espacio de entretenimiento, sino también un campo experimental para desarrollar tecnologías avanzadas, como algoritmos de aprendizaje profundo y simulaciones en tiempo real. Esto demuestra cómo la IA impulsa tanto la innovación tecnológica como la creatividad.

En general, los resultados reflejan que la IA no solo está transformando sectores tradicionales, sino que también está promoviendo el surgimiento de nuevas oportunidades de desarrollo tecnológico.

La segunda pregunta a contestar es: ¿Qué productos y soluciones ofrecen estas empresas mediante la implementación de la IA?, donde obtuvimos los siguientes datos.

Tabla 3. Productos / Soluciones de IA por empresa tecnológica según bibliografía. Elaboración propia.

Empresas tecnológicas	**Productos / Soluciones IA**
Microsoft	Microsoft Copilot, Azure AI
Amazon	Amazon Q, Amazon Bedrock, Amazon Transcribe, Amazon Polly, Amazon Textract, Amazon Rekognition, Amazon Lex, Amazon Translate, Amazon Personalize, Amazon Augmented AI, Amazon Comprehend, Amazon Fraud Detector, Amazon Kendra
IBM	IBM watsonx, IBM Granite, IBM Consulting
Alphabet	Gemini, Paquete de interacción con el cliente con la IA de Google, Vertex AI, Visión AI, Natural language AI, Translation AI, Video AI, Document AI
Microsoft	Microsoft Copilot, Azure AI

La Tabla 3 presentada resume algunas de las principales ofertas de estas compañías, mostrando su liderazgo en el sector. Por ejemplo Microsoft ha centrado su estrategia en el desarrollo de herramientas que potencian la productividad y la accesibilidad a soluciones basadas en IA, como Microsoft Copilot, integrado en herramientas como Microsoft 365, que actúa como un asistente que mejora la eficiencia en tareas diarias como la redacción, el análisis de datos y la gestión de proyectos. Por otro lado, Azure AI es una plataforma robusta que ofrece servicios de IA para empresas, incluyendo aprendizaje automático, procesamiento del lenguaje natural y análisis predictivo [22], lo que refuerza su posición como proveedor integral de soluciones empresariales.

Amazon por su parte se destaca por su enfoque diversificado y especializado, ofreciendo una amplia gama de productos y servicios basados en IA. Entre ellos, Amazon Bedrock facilita la implementación de modelos fundacionales [23], mientras que Amazon Rekognition y Amazon Polly se centran en el análisis de imágenes y la conversión de texto a voz, respectivamente. Herramientas como Amazon Fraud Detector y Amazon Personalize

abordan necesidades específicas, como la detección de fraudes y la personalización de experiencias. Además, soluciones como Amazon Comprehend y Amazon Translate son fundamentales para el análisis de texto y la traducción automática, posicionando a Amazon como un referente en la democratización de la IA para múltiples industrias [24].

Del mismo modo IBM destaca con productos como Watsonx, una plataforma diseñada para el desarrollo de modelos de IA personalizados [25]. Además, IBM Granite y los servicios de consultoría de IBM Consulting complementan su portafolio, permitiendo a las organizaciones optimizar procesos y tomar decisiones basadas en datos. Así también Alphabet, a través de Google, ofrece una gama de herramientas que abarcan desde la creación de contenido hasta el análisis avanzado. Gemini, uno de sus desarrollos más recientes, promete revolucionar la interacción humano-máquina al integrar capacidades conversacionales avanzadas. Otros productos, como Vertex AI y Natural Language AI, se centran en facilitar a las empresas el diseño e implementación de modelos personalizados y en optimizar la comprensión del lenguaje natural. Soluciones específicas como Vision AI y Document AI destacan por su capacidad para procesar imágenes y documentos, lo que simplifica tareas como la clasificación y la extracción de información clave [26].

Ahora bien, ahora tenemos la última pregunta: ¿Cómo afectan estos avances a la competitividad y sostenibilidad de las industrias involucradas? Los resultados demuestran que el desarrollo de la inteligencia artificial (IA) en grandes empresas tecnológicas ha impulsado cambios significativos en la competitividad y sostenibilidad de las industrias, convirtiéndose en un elemento clave para estas corporaciones [27]. Estas organizaciones han estado a la vanguardia en el diseño, implementación y democratización de tecnologías avanzadas que, al integrarse en diferentes sectores, generan un impacto notable en la eficiencia, la innovación y la responsabilidad social.

En cuanto a competitividad, gigantes tecnológicos como Microsoft, Google (Alphabet), Amazon e IBM han liderado la creación de plataformas de IA que mejoran la capacidad de procesamiento de datos y la toma de decisiones en tiempo real. Por ejemplo, Azure AI y Google Vertex AI proporcionan a las empresas herramientas que combinan análisis predictivo y automatización, permitiendo optimizar procesos críticos y desarrollar productos personalizados. Este enfoque ha sido especialmente valioso en sectores como las finanzas, donde la IA ayuda a detectar fraudes de manera temprana y gestionar riesgos con mayor precisión. Además, en el ámbito de la salud, soluciones como IBM Watsonx han transformado los diagnósticos médicos y el diseño de tratamientos personalizados [28], posicionando a estas empresas como líderes indiscutibles en innovación.

Estas corporaciones también se destacan por su habilidad para integrar la IA en sistemas que mejoran la respuesta al mercado. A través del uso de aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural, las grandes empresas tecnológicas facilitan a sus clientes—otras organizaciones—un acceso más ágil a modelos que

analizan las tendencias del consumidor, ayudándoles a adaptar su oferta y optimizar la experiencia del cliente.

Por otro lado, desde la perspectiva de la sostenibilidad, las grandes empresas tecnológicas han liderado el camino hacia el uso responsable de los recursos mediante soluciones basadas en IA. Herramientas como Google Vision AI y Amazon Rekognition están diseñadas para optimizar cadenas de suministro y reducir [29]. Un ejemplo destacado es el compromiso de Microsoft con la sostenibilidad, promoviendo plataformas que fomentan la economía circular y optimizan el consumo energético en sectores clave como la manufactura y la energía.

Además, la inteligencia artificial desarrollada por estas empresas ha permitido avanzar en la predicción y mitigación de riesgos ambientales [30]. Los modelos predictivos pueden anticipar eventos climáticos extremos o interrupciones logísticas, mejorando la resiliencia de las organizaciones y promoviendo una gestión más sostenible. Esto no solo refuerza el compromiso de las empresas tecnológicas con la sostenibilidad, sino que también las posiciona como actores esenciales en la transición hacia prácticas empresariales más responsables.

En cuanto a la inclusión social, estas corporaciones han diseñado herramientas que eliminan barreras lingüísticas y culturales. Tecnologías como Google Translate y Amazon Comprehend han mejorado la accesibilidad global a información y servicios, beneficiando a millones de personas y ampliando las oportunidades económicas y educativas en comunidades desfavorecidas.

Conclusiones

En síntesis, la Inteligencia Artificial (IA) se ha convertido en un motor de cambio en múltiples sectores, afectando de manera significativa la competitividad, la sostenibilidad y la inclusión social. Su habilidad para resolver problemas complejos, optimizar procesos y mejorar la toma de decisiones la hace una herramienta esencial en el desarrollo empresarial y social. Empresas tecnológicas de gran envergadura, como Amazon, Microsoft, Alphabet e IBM, han estado a la vanguardia en la implementación de soluciones avanzadas basadas en IA, lo que ha reforzado su influencia en áreas como las finanzas, la salud y las telecomunicaciones. Estas tecnologías han facilitado una mayor eficiencia operativa y la personalización de productos y servicios, garantizando que las organizaciones se adapten a un entorno global en constante cambio.

No obstante, el desarrollo y uso de la IA también conlleva desafíos significativos. Aunque herramientas como los chatbots han optimizado la eficiencia en el servicio al cliente, estas soluciones pueden no ser suficientes para resolver problemas específicos o cumplir completamente con las expectativas de los usuarios. Es crucial diseñar e implementar estas tecnologías desde la perspectiva del usuario, combinando sus capacidades con la interacción humana para asegurar experiencias satisfactorias y mantener la confianza en la tecnología.

Es así de manera general que, el avance de la IA en grandes empresas tecnológicas se ha vuelto un elemento clave para fomentar y promover el progreso tecnológico, la sostenibilidad y la inclusión social. Sin embargo, su implementación debe considerar cuidadosamente las implicaciones éticas y humanas, asegurando que los beneficios de estas tecnologías se traduzcan en un impacto positivo y sostenible para las industrias y la sociedad.

Contribución de Autoría

Rosas Pérez Luiggi Antony: Conceptualización, Investigación, Metodología, Visualización, Escritura, Revisión, Edición - borrador original. Zavaleta Galarza Erick Arnie: Conceptualización, Investigación, Metodología, Validación, Redacción - borrador original.Torres Villanueva Marcelino: Supervisión

Referencias

[1] Á. R. P. González, C. J. V. Estévez, M. J. C. C. Jaramillo, and E. R. S. Flores, "Inteligencia artificial como estrategia de innovación en empresas de serviciosuna revisión bibliográfica," *Publicando*, vol. 10, no. 38, pp. 74–82, 2023.

[2] A. M. Ezequiel, "Big data e inteligencia artificial en las pequeñas y medianas empresas de córdoba," Córdoba, 2022.

[3] A. D. P. Melo, Z. M. Cañón, and J. C. T. Alonso, "Efectos de la inteligencia artificial en las empresas," Bogotá, 2020.

[4] D. N. Martínez-García, V. M. Dalgo-Flores, J. L. Herrera-López, E. I. Analuisa-Jiménez, and E. F. Velasco-Acurio, "Avances de la inteligencia artificial en salud," *DOMINIO DE LAS CIENCIAS*, vol. V, no. 3, pp. 603–613, 2019.

[5] G. Urrútia and X. Bonfill, "Declaración prisma: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemática y metaanálisis," *ELSEVIER DOYMA*, vol. 11, no. 135, pp. 507–511, 2010.

[6] R. Al-Jarf, "Translation of medical terms by ai: A comparative linguistic study of," 2024.

[7] M. Imran and N. Almusharraf, "Google gemini as a next generation," *Smart Learn. Environ*, vol. 11, no. 22, 2024.

[8] R. Kumar, "An overview on amazon rekognition technology," 2021.

[9] A. A. G. Intelligence, "The amazon nova family of models: Technical report and model card," 2024.

[10] S. Majumder, A. Bhattacharjee, and D. J. N. Kozhaya, "Enhancing ai governance in financial industry through ibm watsonx.governance," 2024.

[11] A. B. Rashid and M. A. K. Kausik, "Ai revolutionizing industries worldwide: A comprehensive overview of its diverse applications," *ELSEVIER*, vol. VII, 2024.

[12] E. Liberty, Z. Karnin, B. Xiang, L. Rouesnel, B. Coskun, R. Nallapati, J. Delgado, A. Sadoughi, Y. Astashonok, P. Das, C. Balioglu, S. Chakravarty, M. Jha, P. Gautier, D. Arpin, T. Januschowski, and V. Flun, "Elastic machine learning algorithms in amazon sagemaker," in *ACM SIGMOD*, 2020, pp. 731–737.

[13] H. Zhang, Y. Ding, J. Niu, and S. Jung, "How artificial intelligence affects international industrial transfer — evidence from industrial robot application," *ELSEVIER*, vol. 95, 2024.

[14] M. Santos, A. Almeida, and D. Chagas, "Inteligência artificial aplicada à saúde ocupacional," *RPSO saúde ocupacional*, vol. 18, 2024.

[15] C. R. Panaqué and C. B. Castañón, "La inteligencia artificial en la educación del siglo xxi: avances, desafíos y oportunidades presentación," *Educación PUCP*, vol. 33, no. 64, pp. 5–7, 2024.

[16] IBM, "Soluciones de inteligencia artificial (ia) — ibm," IBM Corporation, https://www.ibm.com/es-es/artificial-intelligence, 2024, [Último acceso: 2024 Diciembre 5].

[17] Google, "Servicios de cloud computing — google cloud," Google LLC., 2024, available online. [Último acceso: 5 Diciembre 2024].

[18] J. M. F. Vivar and F. J. G. Peñalvo, *La vida algorítmica de la educación: Herramientas y sistemas de inteligencia artificial para el aprendizaje en línea.* McGraw-Hill, 2023, vol. 1.

[19] M. F. Martín, "La revolución de la inteligencia artificial generativa (genai) en el cuidado de la salud," *I+S: Revista de la Sociedad Española de Informática y Salud*, no. 158, pp. 25–26, 2024.

[20] C. R. Panaqué and C. B. Castañón, "La inteligencia artificial en la educación del siglo xxi: avances, desafíos y oportunidades presentación," *Educación*, vol. 33, no. 64, pp. 5–7, 2024.

[21] I. M. Herrera and D. P. Serrano, *La inteligencia artificial visual y su cobertura mediática en España: un análisis bajo el prisma de Google News y Google Trends.* España: McGraw Hill, 2023, pp. 93–100.

[22] Microsoft, "Soluciones de inteligencia artificial — microsoft ai," Microsoft Corporation, https://www.microsoft.com/es-es/ai, 2024, [Último acceso: 5 Diciembre 2024].

[23] L. Šamanić, "Upsell discovery by analysing customer communication and integration into the amazon bedrock infrastructure," 2024.

[24] R. A. D. Zorrilla, "Ética y uso de algoritmos e inteligencia artificial por amazon. análisis valorativo," 2022.

[25] S. Majumder, A. Bhattacharjee, and J. Kozhaya, "Enhancing ai governance in financial industry through ibm watsonx.governance," TechRxiv, 2024.

[26] C. Lopezosa and L. Codina, "Probando bard: así funciona la inteligencia artificial generativa de google," *Anuario ThinkEPI*, vol. 17, 2023.

[27] H. Zhang, Y. Ding, J. Niu, and S. Jung, "How artificial intelligence affects international industrial transfer—evidence from industrial robot application," *Journal of Asian Economics*, vol. 95, 2024.

[28] M. M. Diz, "Estudio de la aplicación de la ética en la inteligencia artificial por ibm," 2022.

[29] J. J. Omena, E. Elena, B. Gobbo, and J. Chao, "El potencial de las redes basadas en la api google vision para el estudio de imágenes digitales nativas," *DISEÑA*, vol. 19, pp. 1–25, 2021.

[30] A. D. P. Melo, Z. M. Cañón, and J. C. T. Alonso, "Efectos de la inteligencia artificial en las empresas," https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/3959, 2020, [Último acceso: 5 Diciembre 2024].

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 154-182
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Artículos de revisión
Temática: Inteligencia artificial
Recibido: 13/11/2025 | Aceptado: 2/1/2026 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a340
ARK: ark:/42411/s29.a340

Análisis comparativo del uso de Inteligencia Artificial aplicadas en Sistemas de Información Georreferencial (GIS) para optimización de experiencias turísticas

Comparative analysis of the use of Artificial Intelligence applied to Georeferenced Information Systems (GIS) for optimizing tourist experiences

Javier Robinson Herrera Lopez[1][0009-0006-8712-8286]*, **Tatiana Mercedes Suarez Rosas**[2][0000-1111-2222-3333]

[1]Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú. javier_herrera1@usmp.pe
[2]Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú. tatiana_suarez@usmp.pe

*Autor para correspondencia: javier_herrera1@usmp.pe

Resumen
El turismo hoy en día tiene varios retos, como ofrecer experiencias más personalizadas, prever la demanda y gestionar los recursos de forma sostenible. Los métodos tradicionales a menudo no alcanzan a manejar grandes volúmenes de datos y adaptarse a las circunstancias cambiantes. Este estudio se enfocó en cómo la Inteligencia Artificial, junto con Sistemas de Información Georreferencial, puede enriquecer las experiencias turísticas, comparando su efectividad con las formas más tradicionales. Se llevó a cabo una revisión sistemática siguiendo las pautas de PRISMA, se realizó búsquedas exhaustivas en once bases de datos multidisciplinarias .Se incluyeron estudios empíricos publicados entre 2020 y 2025 que mostraran una integración tecnológica con validación métrica. De un total de 80 registros iniciales, se revisaron 69 artículos completos usando una matriz estructurada que consideró metodologías, tecnologías utilizadas, contextos y métricas de evaluación. Los resultados mostraron un predominio de estudios cuantitativos que emplearon datos secundarios y modelos de aprendizaje profundo. También se destacó el rendimiento en cuatro áreas clave: sistemas de recomendación inteligentes con una precisión superior al 85 (con valores individuales entre 83/

Palabras claves: Inteligencia Artificial, Sistemas de Información Geográfica, GIS, Turismo inteligente, Machine Learning, Deep Learning, Optimización de rutas turísticas, Análisis geoespacial

Abstract
Tourism today faces several challenges, such as offering more personalized experiences, forecasting demand, and managing resources sustainably. Traditional methods often struggle to handle large volumes of data and adapt to changing circumstances. This study focused on how Artificial Intelligence, along with Geographic Information Systems, can enrich tourism experiences, comparing its effectiveness with more traditional approaches. A systematic review was conducted following the PRISMA guidelines, with comprehensive searches performed in eleven multidisciplinary databases. Empirical studies published between 2020 and 2025 that demonstrated technological integration with metric validation were included. Of an initial 80 records, 69 full articles were reviewed using a structured matrix that considered methodologies, technologies used, contexts, and evaluation

metrics. The results showed a predominance of quantitative studies employing secondary data and deep learning models. Performance was also highlighted in four key areas: intelligent recommendation systems with accuracy exceeding 85 % (with individual values between 83 % and 96.3 %), multi-objective optimization algorithms that integrate personal preferences and environmental sustainability, predictive models with a strong capacity to forecast tourist flows, and management platforms that offer real-time monitoring along with predictive alerts. The main limitations of the study were methodological diversity and the lack of experimental research in Latin American contexts. The combination of Artificial Intelligence and Georeferenced Information Systems fosters more personalized and sustainable tourism management.

Keywords: *Artificial Intelligence, Geographic Information Systems, GIS, Smart Tourism, Machine Learning, Deep Learning, Tourist Route Optimization, Geospatial Analysis*

Introducción

En el mundo digital de hoy, el sector turístico a nivel global está pasando por un cambio radical gracias a la fusión de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estas tecnologías están reformulando de manera fundamental cómo operan, gestionan y brindan experiencias personalizadas los destinos turísticos [1, 2]. Esta revolución tecnológica ha impulsado el desarrollo del concepto de destinos turísticos inteligentes, donde la mezcla de datos georreferenciados con algoritmos de aprendizaje automático permite mejorar desde la planificación del territorio hasta la personalización de itinerarios en tiempo real [3, 4] . La IA en el turismo, incluyendo redes neuronales profundas, procesamiento de lenguaje natural y análisis predictivo, está proporcionando capacidades sin precedentes para entender los patrones de movilidad turística, anticipar los flujos de visitantes y sugerir experiencias altamente personalizadas teniendo en cuenta las preferencias individuales y limitaciones temporales y espaciales [5–7].

A pesar del aumento en la inversión en soluciones tecnológicas de IA y SIG para el turismo, evidenciado por un aumento del 51.06 % en publicaciones científicas entre 2023 y 2024 en este campo [8] , la información sobre la comparación de la efectividad de distintas técnicas de Machine Learning y Deep Learning junto con análisis geoespacial sigue estando dispersa [9] . Estudios recientes indican que, aunque técnicas como la Regresión de Vectores de Soporte superan a los modelos tradicionales en previsiones a largo plazo [10] y arquitecturas de deep learning como las CNN con mecanismos de atención multi-cabeza logran más precisión que modelos recursivos en la predicción de la demanda turística [11] , hay una notable falta de marcos metodológicos unificados que permitan comparar de manera sistemática el rendimiento de estas técnicas en contextos geoespaciales específicos. Además, aunque se ha visto que mezclar redes neuronales convolucionales con realidad aumentada puede lograr precisiones de más del 90 % en el reconocimiento de recursos turísticos georreferenciados [12] , y que los modelos híbridos basados en grafos son más precisos que los métodos tradicionales para prever flujos entre destinos [13] , todavía hay áreas críticas que necesitamos entender mejor. En particular, no está claro qué combinaciones específicas de técnicas de IA y análisis espacial son las que dan los mejores resultados en

áreas turísticas como la personalización de experiencias, la predicción de demanda, la optimización de rutas y la gestión de carga [14, 15].

Esta investigación tiene como objetivo responder las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué técnicas de Machine Learning o Deep Learning integradas con análisis geoespacial mejoran la personalización de experiencias turísticas y cuál es su rendimiento comparado con sistemas tradicionales?

¿Cómo los modelos de Deep Learning combinados con análisis espacial/espaciotemporal mejoran la predicción de demanda turística, flujos de visitantes y patrones de movilidad, comparado con modelos estadísticos tradicionales?

¿De qué manera la integración de IA con SIG optimiza la gestión operativa de destinos turísticos (planificación territorial, evaluación de recursos, monitoreo en tiempo real, gestión de capacidad de carga)?

¿Qué tan efectiva es la integración de modelos predictivos de IA con análisis espacial Sistemas de Información Georeferencial optimiza la gestión de recursos turísticos?

También se abordarán otras cuestiones sobre cómo los modelos de Deep Learning, combinados con análisis espacial o espaciotemporal, pueden mejorar la predicción de la demanda turística y los patrones de visitantes frente a los modelos estadísticos más tradicionales. Además, se estudiará cómo la integración de la IA con los SIG puede optimizar la gestión operativa de los destinos, abarcando desde la planificación del territorio y el monitoreo en tiempo real hasta la gestión de la carga, y qué tan eficiente es esta combinación en la gestión de recursos turísticos [16–18].

Se espera que los resultados de esta revisión ofrezcan un marco metodológico sólido y fundamentado en evidencia, que pueda guiar a investigadores, desarrolladores de sistemas inteligentes y administradores de destinos turísticos en la elección de las técnicas de IA y SIG más adecuadas según sus objetivos específicos. Esto facilitará el progreso en la comprensión del turismo inteligente al organizar resultados empíricos que están por ahí y destacar las mejores prácticas que ya han funcionado [19–21] . Esta investigación es especialmente importante en el contexto latinoamericano y peruano, donde destinos emergentes necesitan estrategias tecnológicas validadas para competir a nivel mundial, mientras que también buscan preservar la sostenibilidad y la equidad en el desarrollo turístico [22, 23].

El artículo presenta en la sección 2 una revisión del estado del arte sobre IA y SIG aplicados al turismo, identificando enfoques metodológicos predominantes y tecnologías emergentes. La sección 3 describe la metodología de revisión utilizada, incluyendo estrategias de búsqueda, criterios de selección y los procesos de extracción

de datos que siguen los protocolos PRISMA , realizando búsquedas exhaustivas en once bases de datos multidisciplinarias. De un total de 80 registros identificados inicialmente, se incluyeron 69 artículos completos que cumplían los criterios de inclusión, todos enfocados en la integración de IA y SIG en contextos turísticos. En la sección 4 se muestran los resultados del análisis cienciométrico. En la sección 5 se tratan los hallazgos más importantes, haciendo una comparación de la efectividad de varios enfoques y señalando patrones, tendencias y contradicciones en lo que se ha publicado. La sección 6 se centra en las limitaciones de esta revisión y sugiere posibles líneas de investigación para el futuro. Finalmente, en la sección 7, se presentan las conclusiones, donde se ofrecen recomendaciones prácticas para implementar soluciones de IA y SIG en destinos turísticos inteligentes.

Materiales y métodos o Metodología computacional

Metodología

La metodología utilizada para esta investigación utiliza el método mixto, que combina el análisis cienciométrico [24] que proporciona un examen sistémico de las publicaciones, tendencias, brechas, así como los principales investigadores, instituciones, revistas más influyentes respecto al Análisis comparativo del uso de Inteligencia Artificial aplicadas en Sistemas de Información Georreferencial para optimización de experiencias turísticas; para el análisis bibliométrico los investigadores han usado Google Colab, Pandas, además de Rayyan. Mientras que la Revisión de Alcance- Scoping Review [25], permite asegurar la alta calidad de la evidencia al resumir exhaustivamente toda la investigación existente sobre una pregunta específica, la reducción del sesgo al usar métodos transparentes y replicables, y la capacidad de generar conclusiones más precisas y confiables. Esta investigación está basada en el framework PICO [26] y el protocolo revisión sistemática OSF [27] el cual consiste en 10 etapas principales, conocidas como: AA, migración, análisis, visualización, ver Tabla 1. Para la escritura se usó Prisma [28].

Los autores/ el autor propone todas las etapas de manera secuencial, para para comprender el alcance actual de la Inteligencia Artificial y Sistemas Geoespaciales en rutas turísticas. Los datos se recopilaron de las bases de datos Google Académico, IEEE, ACM, ARXIV, FRONTIERS, MDPI y Semantic Scholar. Se han utilizado palabras clave específicas para las variables Inteligencia Artificial, Sistemas de información georreferencial, Rutas turísticos y un marco temporal de 13 años. Se Identificaron 80 artículos, Se eliminaron los duplicados y los 69 documentos restantes se importaron a Zotero y se analizaron utilizando el software Excel, python con pandas y google calab. El análisis incluye la co-ocurrencia de palabras clave, la autoría, los países y las fuentes para comprender la relación de la red de autores.

Tabla 1. Resumen de la revisión

Etapa	**Actividad**	**Resultado**	**Metodología**	**Herramienta**
Planificación	Revisión de Literatura informal	Análisis comparativo del uso de Inteligencia Artificial aplicadas en Sistemas de Información Georreferencial para optimización de experiencias turísticas	[29]	Google académico, Semantic Scholar, Consensus
	Definir la pregunta	¿Cómo contribuyen el uso de Inteligencia Artificial y Sistemas de Información Geográfica a la mejora en la personalización de experiencias turísticas, en comparación con métodos tradicionales?	[26]	Word, Claude, Perplexity, Excel

Etapa	Actividad	Resultado	Metodología	Herramienta
	Identificación de GAP	¿Qué técnicas de Machine Learning o Deep Learning integradas con análisis geoespacial mejoran la personalización de experiencias turísticas y cuál es su rendimiento comparado con sistemas tradicionales? ¿Cómo los modelos de Deep Learning combinados con análisis espacial/espaciotemporal mejoran la predicción de demanda turística, flujos de visitantes y patrones de movilidad, comparado con modelos estadísticos tradicionales? ¿De qué manera la integración de IA con SIG optimiza la gestión operativa de destinos turísticos (planificación territorial, evaluación de recursos, monitoreo en tiempo real, gestión de capacidad de carga)? ¿Qué tan efectiva es la integración de modelos predictivos de IA con análisis espacial Sistemas de Información Georreferencial optimiza la gestión de recursos turísticos?	[30]	Word, Claude, Perplexity, Excel

Etapa	Actividad	Resultado	Metodología	Herramienta
	Definición y refinamiento de la Pregunta de investigación	Lista de Inclusión: Las Subpreguntas Lista de exclusión: Diseño del estudio: Revisiones teóricas sin aplicación práctica Sujetos: Contextos no turísticos Tamaño muestral: Datasets insuficientes para modelado predictivo robusto. Intervenciones: Uso básico de GPS o mapas estáticos sin análisis inteligente, Sistemas sin IA (ML/DL) integrada con geoespacial, Implementaciones que usen solo una tecnología de forma aislada Análisis: Métodos exclusivamente cualitativos	[31]	
Búsqueda	Identificación de palabras clave.	(Ïnteligencia Artificial.ºR .ªrtificial Intelligence") AND ("Sistemas de Información Geográfica.ºR "Geographic Information Systems.ºR GIS) AND (Rutas turísticas.ºR "Tourist routes.ºR "Tourism planning")	[31]	Claude, ChatGPT, bd, Excel
	Validación de las palabras clave.	Inteligencia Artificial, Sistemas de información georeferencial, Rutas turisticos	[32]	Claude, ChatGPT, Excel

Etapa	Actividad	Resultado	Metodología	Herramienta
	Cadenas de búsqueda por BD	(Ïnteligencia Artificial.ºR .ªrtificial Intelligence") AND ("Sistemas de Información Geográfica.ºR "Geographic Information Systems.ºR GIS) AND (Rutas turísticas.ºR "Tourist routes.ºR "Tourism planning") (.ªrtificial Intelligence.ºR "Machine Learning") AND ("Geographic Information System.ºR GIS OR "Geospatial analysis") AND ("Tourism.ºR "Tourist routes.ºR "Travel route optimization") (.ªrtificial Intelligence.ºR .ªI") AND ("Geographic Information System.ºR GIS OR "Spatial Data Systems") AND ("Tourism.ºR "Tourist routes.ºR "Travel recommendations") Artificial Intelligence Geospatial and tourism (.ªrtificial Intelligence.ºR "Machine Learning") AND ("Geographical Information Systems.ºR "Geospatial Data") AND ("Tourism.ºR "Tourist Routes.ºR "Smart Tourism") (.ªrtificial Intelligence.ºR .ªI.ºR "Machine Learning") AND ("Geographic Information System.ºR GIS OR "Geospatial analysis") AND ("Tourism.ºR "Tourist route.ºR "Destination management") Artificial Intelligence AND GIS AND Tourism artificial intelligence OR machine learning AND geographic information systems OR GIS OR geospatial technology AND tourism OR tourist route OR travel recommendation	(Medina et al., 2023	Claude, ChatGPT, bd, Excel

Etapa	Actividad	Resultado	Metodología	Herramienta
Selección de BD	Ejecución de cadenas.	(.ªrtificial Intelligence.ºR .ªI.ºR "Machine Learning") AND ("Geographic Information System.ºR GIS OR "Geospatial analysis") AND ("Tourism.ºR "Tourist route.ºR "Destination management")	(Medina et al., 2023	
	Selección de BD.	MDPI	[33]	Google
Selección y evaluación	Identifica estudios.	Dataset	(Medina et al., 2023	Excel
	Elimina duplicados	0	(Medina et al., 2023	Rabbit
	Criba por título y resumen.	80 (se usó la lista de exclusión e inclusión)	(Medina et al., 2023	Excel
	Criba por texto completo.	80 (se identificó los tipos de tecnología, método / clase, herramientas, temas turísticos)	(Medina et al., 2023	Excel
	Evalúa la calidad	DataSet refinada, DATA	(Medina et al., 2023	Excel
Bibliometría	Importar datos a herramientas para bibliometría.	Se importó 70 datos de los artículos recapitulados.	[34]	Google Colab
	Refinar parámetros para el análisis bibliométrico.	Se uso Google Colab para el análisis bibliométrico.	(Sustacha Melijosa, 2022)	Google Colab

Etapa	Actividad	Resultado	Metodología	Herramienta
	identificación de clústeres.	Todos los artículos fueron agrupados. Mayor detalle en Ficha de Investigador	(Sustacha Melijosa, 2022)	Google Colab
	Análisis bibliométrico	Se identifico que el país con mayor papers incluido en nuestra línea de investigación es Perú y le sigue China.	(Sustacha Melijosa, 2022)	Google Colab
Síntesis	Extrae datos y síntesis de datos	Resultados organizados	Revisión de alcance (Scoping Review)	Word, Excel
Redacción	Elaboración de informe	Articulo Final Informe	Revisión de alcance (Scoping Review)	Word
	Justificación	Analizar la IA y los SIG están transformando la gestión turística, identificando vacíos y avances recientes en el área.	PRISMA, PICO	Word

Nota: Elaboración propia

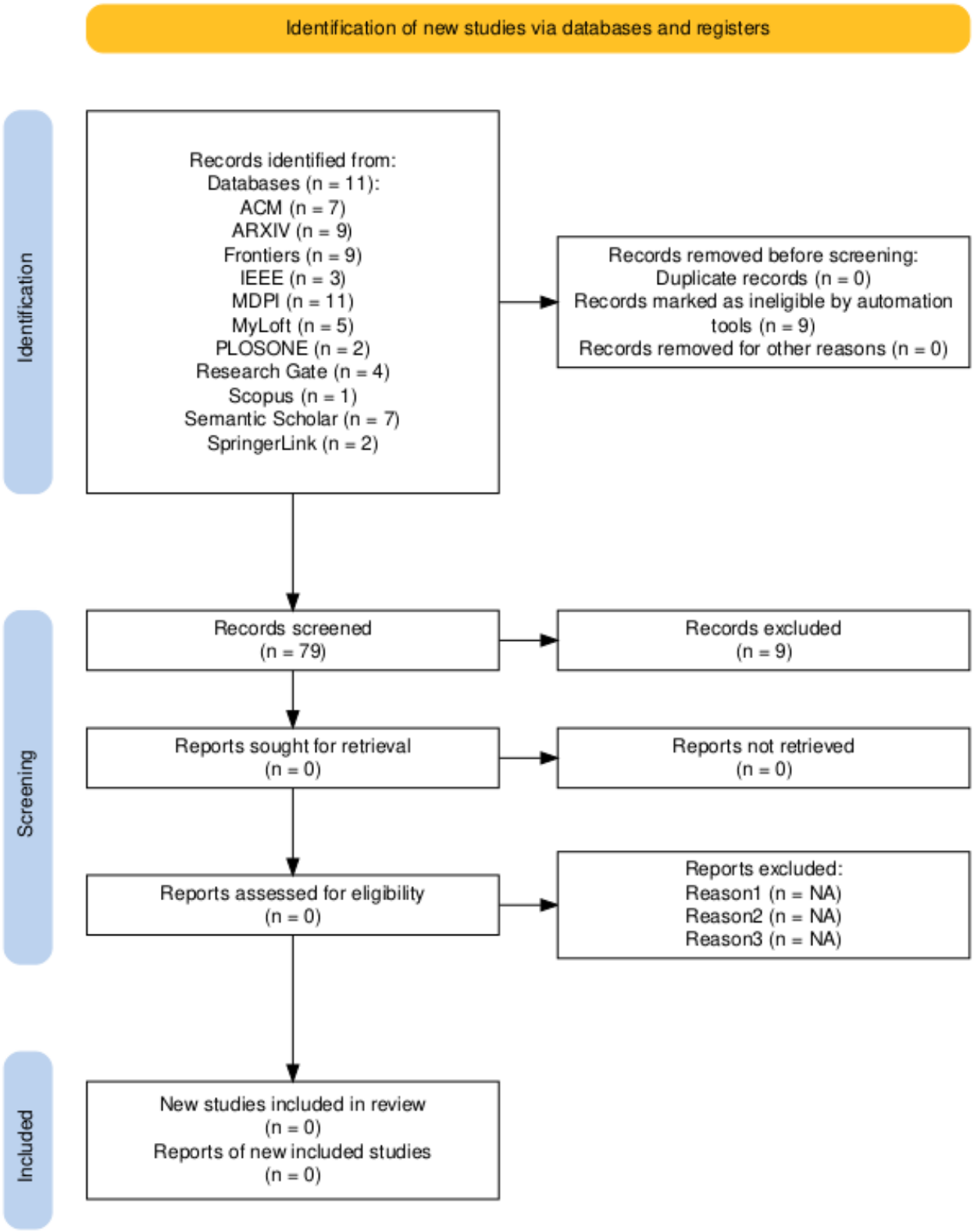


Figura 1. Descripción general

Nota: Descripción general se muestra en: PRISMA Flow Diagram (shinyapps.io)

Selección de la base de datos y recopilación de datos

Esta revisión utilizó un enfoque multi-base de datos para garantizar una cobertura exhaustiva de la literatura científica relacionada con la inteligencia artificial (V1), los sistemas de información georreferencial (V2) y las rutas turísticas (V3). Se seleccionaron siete bases de datos principales considerando su relevancia en el campo de la investigación tecnológica y turística, así como su accesibilidad y cobertura temática específica.

Google Académico se empleó como base de datos principal debido a su amplia cobertura multidisciplinaria y su capacidad para indexar publicaciones de diversas fuentes, incluyendo revistas científicas, tesis, libros y documentos técnicos relacionados con aplicaciones de inteligencia artificial en contextos geoespaciales y turísticos. IEEE Explorer y ACM Digital Library se incorporaron específicamente para acceder a literatura especializada en ciencias de la computación, inteligencia artificial y sistemas de información, proporcionando acceso a conferencias y revistas de alto impacto en el desarrollo de tecnologías aplicadas.

Arxiv se incluyó para capturar investigaciones emergentes y preprints en inteligencia artificial y aprendizaje automático que aún no han sido publicados en revistas formales, permitiendo identificar tendencias recientes en la aplicación de algoritmos de IA para optimización de rutas y análisis geoespacial. Las plataformas Frontiers y MDPI se seleccionaron por su enfoque en publicaciones de acceso abierto y su creciente relevancia en investigaciones interdisciplinarias que combinan tecnología, geografía y turismo sostenible.

Adicionalmente, se utilizaron herramientas especializadas de gestión bibliográfica y descubrimiento de literatura. Research Rabbit (Rabbit) se empleó para identificar conexiones entre publicaciones y descubrir investigaciones relacionadas mediante análisis de redes de citación, facilitando la identificación de trabajos relevantes que podrían no aparecer en búsquedas tradicionales. Semantic Scholar complementó la búsqueda mediante su sistema de recomendación basado en inteligencia artificial, permitiendo identificar artículos altamente citados y con mayor impacto en la intersección de las tres variables de estudio.

La combinación de estas bases de datos permitió una cobertura comprehensiva de literatura científica desde múltiples perspectivas disciplinarias, abarcando desde aspectos técnicos de implementación de IA y SIG hasta aplicaciones prácticas en el sector turístico, garantizando así la robustez y exhaustividad de la revisión bibliográfica.

Estrategia de selección de palabras clave, criterio de inclusión y exclusión

La revisión utilizó un enfoque multi-base de datos para extraer datos bibliográficos utilizando palabras clave seleccionadas en función del alcance de la investigación sobre inteligencia artificial, sistemas de información georeferencial y rutas turísticas. Se emplearon principalmente Google Académico, IEEE Explorer, ACM Digital Library, Arxiv, Frontiers, MDPI, Research Rabbit y Semantic Scholar porque estas bases de datos, en conjunto, proporcionan una cobertura comprehensiva de artículos en comparación con bases de datos individuales. Además, se verificó que existe una superposición significativa entre estas plataformas, permitiendo validar la relevancia de los artículos encontrados mediante búsquedas cruzadas en las diferentes bases de datos. Se llevó a cabo una revisión documental de los documentos pertinentes para probar la fiabilidad de las palabras clave antes de realizar búsquedas exhaustivas en cada base de datos.

La primera cadena de búsqueda en Google Académico dio como resultado 1,540 artículos, de los cuales se seleccionaron 6 después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión. La segunda cadena de búsqueda en IEEE Explorer dio como resultado 53 artículos, seleccionándose 4. La tercera cadena en ACM Digital Library arrojó 552 artículos, de los cuales se seleccionaron 6.

La búsqueda en Arxiv dio como resultado 10 artículos, seleccionándose 9. En Frontiers, generó 263 artículos, de los cuales se seleccionaron 9. La búsqueda en MDPI produjo 20 artículos, seleccionándose 12. En Research Rabbit dio como resultado 46 artículos, seleccionándose 1. Finalmente, Semantic arrojó 251 artículos, de los cuales se seleccionaron 6.

Los criterios de inclusión y exclusión incluyeron trabajos de ciencias de la computación, ingeniería, ciencias ambientales, geografía y turismo, publicados en los últimos 13 años, desde 2012 hasta 2025 y escritos en inglés o español. Se encontraron un total de 2,735 artículos en las bases de datos y se seleccionaron 53 artículos relevantes que fueron importados a los gestores de referencias para su análisis detallado.

Tabla 2. Artículos seleccionados para el trabajo por cada base de datos

Nombre	Resultado	Seleccionados	Cadenas de búsqueda
Google Académico	1540	6	(Ïnteligencia Artificial.ºR .ªrtificial Intelligence") AND ("Sistemas de Información Geográfica.ºR "Geographic Information Systems.ºR GIS) AND (Rutas turísticas.ºR "Tourist routes.ºR "Tourism planning")
IEEE Explorer	53	4	(.ªrtificial Intelligence.ºR "Machine Learning") AND ("Geographic Information System.ºR GIS OR "Geospatial analysis") AND ("Tourism.ºR "Tourist routes.ºR "Travel route optimization")
ACM digital Learning	552	6	(.ªrtificial Intelligence.ºR .ªI") AND ("Geographic Information System.ºR GIS OR "Spatial Data Systems") AND ("Tourism.ºR "Tourist routes.ºR "Travel recommendations")
Arxiv	10	9	Artificial Intelligence Geospatial and tourism
Frontiers	263	9	(.ªrtificial Intelligence.ºR "Machine Learning") AND ("Geographical Information Systems.ºR "Geospatial Data") AND ("Tourism.ºR "Tourist Routes.ºR "Smart Tourism")
MDPI	20	12	(.ªrtificial Intelligence.ºR .ªI.ºR "Machine Learning") AND ("Geographic Information System.ºR GIS OR "Geospatial analysis") AND ("Tourism.ºR "Tourist route.ºR "Destination management")
Rabbit (Research Rabbit)	46	1	Artificial Intelligence AND GIS AND Tourism
Semantic Scholar	251	6	artificial intelligence OR machine learning AND geographic information systems OR GIS OR geospatial technology AND tourism OR tourist route OR travel recommendation

Nota: Elaboración propia

Selección de herramientas informáticas para el análisis y la revisión del análisis crítico

Se utilizó un análisis cienciométrico utilizando las bases de datos Google Académico, IEEE Explorer, ACM Digital Library, Arxiv, Frontiers, MDPI, Research Rabbit y Semantic Scholar, junto con el software de visualización Google Colab Python con sus librerías bibliométricas, para mapear la estructura, los patrones y la agrupación temática del dominio científico relacionado con inteligencia artificial, sistemas de información georeferencial y rutas turísticas. Los datos bibliográficos se filtraron y examinaron para eliminar los duplicados mediante gestores de referencias como Zotero, y los documentos restantes se utilizaron para crear la

co-ocurrencia de palabras clave, la autoría, los países y el mapa de fuentes para mostrar la relación de la red.

La co-ocurrencia de palabras clave ayuda a comprender los enlaces al tema utilizados por investigadores anteriores en el campo e identificar brechas de investigación en la intersección de inteligencia artificial, sistemas de información geográfica y aplicaciones turísticas. La agrupación de palabras clave mediante Google Colab ayuda a los investigadores a comprender la corriente principal de la investigación y dónde se necesita una revisión adicional, identificando clusters temáticos emergentes y consolidados. Los datos también se utilizaron para crear redes de citas de revistas, acoplamiento bibliográfico, citación de documentos, coautoría y citas de países, mostrando las relaciones entre diferentes estudios y la colaboración internacional en el desarrollo de soluciones tecnológicas para optimización de rutas turísticas.

Entre los 80 artículos seleccionados y utilizados para la cienciometría, los artículos se revisaron críticamente para examinar el proceso metodológico, las herramientas y tecnologías de inteligencia artificial implementadas, los sistemas de información geográfica utilizados, y el software adoptado para el diseño y optimización de rutas turísticas. Se prestó especial atención a los algoritmos de IA empleados (machine learning, deep learning y otros algoritmos), los Sistemas de Geoferencial (GIS) y las metodologías de validación aplicadas. Los estudios fueron categorizados según su enfoque metodológico, contexto geográfico de aplicación, y tipo de ruta turística abordada para identificar patrones, tendencias y enfoques similares en la literatura científica.

Etapas adoptadas en la revisión sistemática

En la sección se analizan los Elementos de Informe Preferidos para las Revisiones Sistemáticas y el Metaanálisis (PRISMA), el flujo de la revisión del artículo y el marco de todo el estudio (Fig.2) muestra el proceso de extracción de archivos de la de da base tos, y cómo los duplicados e irrelevantes fueron eliminados de los registros identificados o recopilados (Fig.3, 4, 5 y 6) también muestra la descripción general del documento.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 154-182
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft



Figura 2. Proceso de identificación, selección y exclusión de artículos en la revisión sistemática

Nota: Elaboración propia

Resultados

Esta sección presenta los resultados obtenidos del análisis cienciométrico a partir de los sesenta y nueve artículos seleccionados. Los datos fueron procesados mediante Google Colab, utilizando scripts en Python que integraron rutinas de minería de texto, análisis de co-ocurrencia de palabras clave y mapeo temático de la literatura científica sobre la aplicación de Inteligencia Artificial en Sistemas de Información Georreferencial para la optimización de experiencias turísticas. El procesamiento permitió identificar los principales patrones de evolución temporal, así como la productividad científica y la distribución geográfica de las publicaciones, complementado con la representación visual de una nube de palabras y una tabla de frecuencia de términos obtenida del conjunto de artículos procesados, también se incluyen los resultados derivados del análisis documental, con especial énfasis en identificar las regiones con mayor desarrollo en la intersección de IA, SIG y

turismo, así como las técnicas y metodologías predominantes.

Distribución Geográfica y Productividad por País

El análisis geográfico de la producción científica muestra que la investigación sobre inteligencia artificial aplicada a sistemas de información georreferencial para experiencias turísticas se concentra principalmente en países de Asia, Europa y América. Tal como se aprecia en la Figura 3 y la Tabla de publicaciones por país, China lidera significativamente la actividad científica en el área con el mayor número de publicaciones, seguido por España y Perú. Este resultado se relaciona con la expansión de programas de investigación en turismo inteligente y la digitalización de destinos turísticos en dichas regiones. Por su parte, China destaca por sus aportes en modelos predictivos de flujos turísticos y sistemas de recomendación basados en deep learning. El análisis realizado en Google Colab evidencia una tendencia hacia la investigación nacional con colaboraciones regionales emergentes, principalmente en el contexto latinoamericano. Esta dinámica ha favorecido la diversidad de aplicaciones, desde la optimización de rutas hasta la gestión de capacidad de carga en destinos patrimoniales. Asimismo, se observa una creciente participación de países latinoamericanos como Perú, Colombia y Ecuador, que comienzan a incorporar soluciones de IA y SIG orientadas a la mejora de la experiencia turística y la preservación del patrimonio cultural. Finalmente, la disponibilidad de datos geoespaciales de plataformas como Flickr [35] y TripAdvisor [36] continúa siendo esencial para la reproducibilidad de los modelos y la comparación de resultados entre investigaciones.

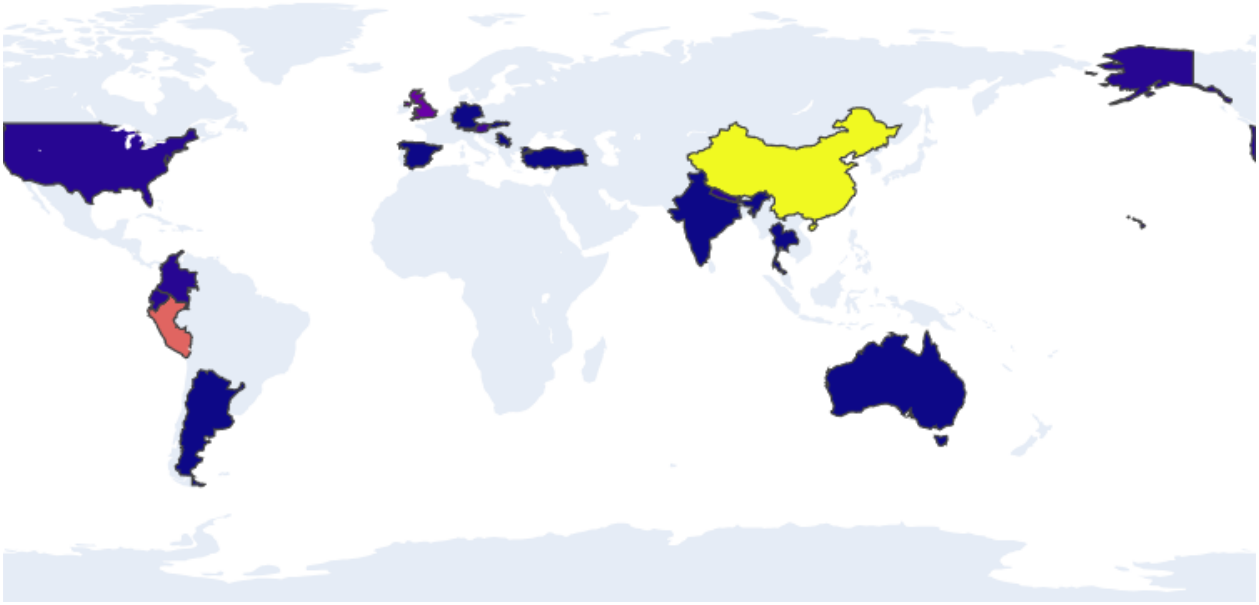


Figura 3. Distribución geográfica de estudios

Nota: Se concluye que la mayoría de los papers son de origen Chino. Elaboración propia con la herramienta Google Colab

Tabla 3. Cantidad de papers por país

País	**Cantidad**
China	21
Perú	13
España	8
Reino Unido	5
Austria	3
Colombia	2

Clasificación de Publicaciones por Tipo de Documento

La Figura 4 muestra la distribución de las publicaciones según el tipo de documento. Los artículos de revista journalArticle representan la categoría predominante con 59 publicaciones (74 %), seguidos por tesis con 10 documentos (12.5 %), libros con 7 publicaciones (9 %), y secciones de libro (bookSection) con 3 documentos (3.5 %). Esta distribución evidencia que la producción científica sobre IA y SIG aplicados al turismo se concen-

tra principalmente en revistas académicas arbitradas, lo que refleja la madurez y el rigor científico del campo de estudio.

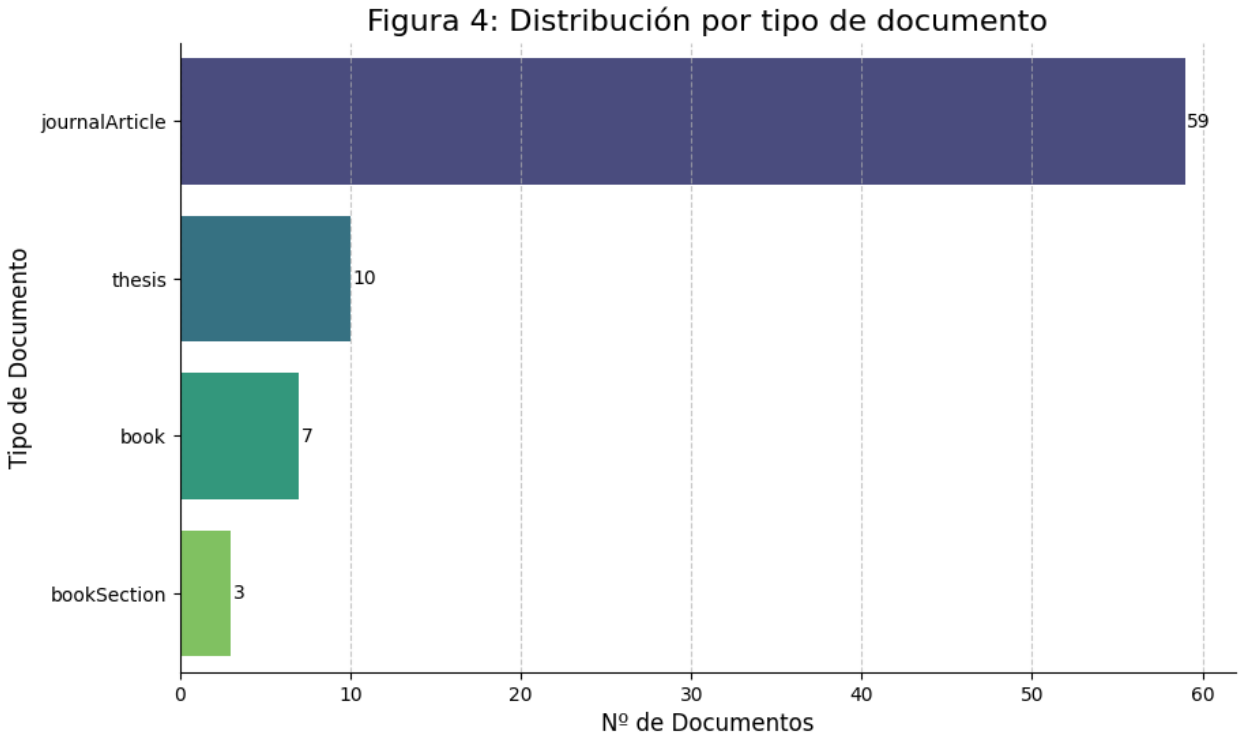


Figura 4. Distribución por tipo de documento

Nota: Elaboración propia con la herramienta Google Colab

El Desarrollo Temporal de las Publicaciones

Durante el periodo comprendido entre 2008 y 2025, se observa una evolución marcada en la producción científica relacionada con la aplicación de inteligencia artificial en sistemas de información georreferencial para experiencias turísticas. El análisis cienciométrico realizado en Google Colab muestra que el número de publicaciones mantuvo niveles bajos y relativamente estables entre 2008 y 2019, con un promedio de 2 publicaciones anuales, reflejando una etapa inicial de exploración del campo.

A partir de 2020, se evidencia un punto de inflexión con un crecimiento exponencial sostenido que se acelera significativamente desde 2021. El número de publicaciones pasó de 5 trabajos en 2020 a 9 en 2021, alcanzando

11 publicaciones en 2022 y 13 en 2023. Este incremento se corresponde con la consolidación de metodologías de aprendizaje profundo aplicadas al turismo y la mayor disponibilidad de datos geoespaciales. El año 2024 marca el pico máximo de producción científica con 19 publicaciones, representando un aumento del 51.06 % respecto al año anterior, lo que refleja la madurez y expansión del campo de estudio.

Sin embargo, los datos de 2025 muestran una disminución abrupta a 9 publicaciones, lo cual puede atribuirse a que el año aún no ha concluido al momento de la recolección de datos. La tendencia general evidencia un crecimiento exponencial desde 2020, confirmando el interés académico creciente por integrar técnicas de IA y análisis geoespacial para optimizar la gestión turística, personalizar experiencias de viaje y desarrollar destinos turísticos inteligentes.

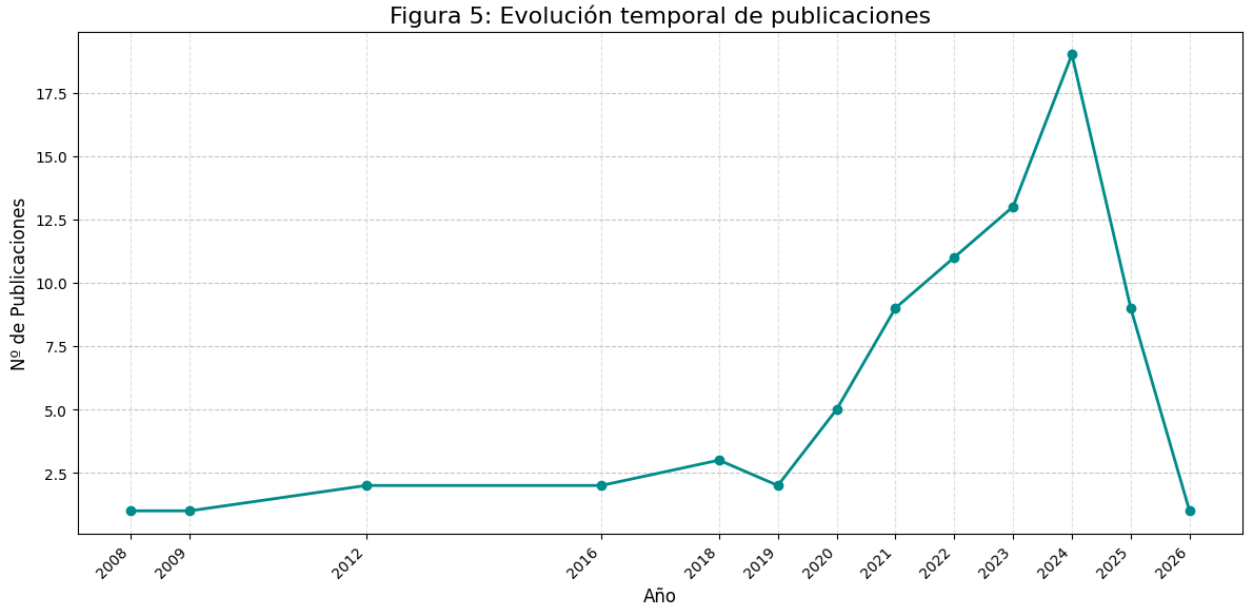


Figura 5. Evolución temporal de publicaciones

Nota: Elaboración propia con la herramienta Google Colab

Nube de Palabras y Co-ocurrencia de Términos

La nube de palabras generada a partir de los títulos y resúmenes de los artículos analizados revela los conceptos predominantes en la literatura sobre inteligencia artificial aplicada al turismo georreferenciado (Figura 6). Los términos más prominentes fueron "tourist"(turista, 39 artículos), "tourism"(turismo, 54 artículos),

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 154-182
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

"planning"(planificación), "destination"(destino) y "gis"(sistemas de información geográfica, 18 artículos), evidenciando el enfoque central en la planificación y gestión de experiencias turísticas mediante tecnologías geoespaciales.

El análisis de frecuencias destaca la prevalencia de técnicas de inteligencia artificial, especialmente "machine learning"(aprendizaje automático, 27 artículos), "deep learning"(aprendizaje profundo, 11 artículos) y .ªlgorithms"(algoritmos, 13 artículos), aplicadas principalmente en sistemas de recomendación y predicción de demanda turística. La presencia significativa de términos como recommendation"(recomendación), route"(ruta) y "tour route planning"(planificación de rutas turísticas, 11 artículos) confirma el interés en optimizar itinerarios mediante análisis algorítmico.

Adicionalmente, conceptos como "forecasting"(pronóstico), "predictive"(predictivo) y "demand"(demanda) reflejan el enfoque cuantitativo de las investigaciones, mientras que términos emergentes como "sustainable"(sostenible), "smart"(inteligente) y .ºexperience"(experiencia) indican la evolución hacia destinos turísticos inteligentes y personalizados. La integración de "geolocation"(geolocalización, 5 artículos), "spatial"(espacial) y çlustering"(agrupamiento) evidencia la importancia del análisis espacial en las soluciones propuestas.

Figura 6: Técnicas de IA/ML utilizadas (Nube de Palabras)



Figura 6. Técnicas de IA/ML utilizadas

Nota: Elaboración propia con la herramienta Google Colab

Tabla 4. Tabla de palabras clave

Keyboard	**Cantidad**	**Significado**
tourism	54	Aparece en 54 de tus artículos
tourist	39	Aparece en 39 artículos
machine learning	27	Aparece en 27 artículos
algorithms	13	Aparece en 13 artículos
tour route planning	11	Aparece en 11 artículos
geographic information systems (gis)	18	Aparece en 18 artículos
deep learning	11	Aparece en 11 artículos
tourism analytics	7	Aparece en 7 artículos
geolocation	5	Aparece en 5 artículos
artificial intelligence	5	Aparece en 5 artículos

Modelos de Aprendizaje Profundo utilizados

El análisis de los artículos revisados revela que las redes neuronales recurrentes (RNN/LSTM) y las redes neuronales convolucionales (CNN) constituyen los modelos de aprendizaje profundo más empleados en aplicaciones turísticas georreferenciadas, seguidas por arquitecturas híbridas que integran múltiples técnicas de inteligencia artificial, como se ilustra en la Figura 7. Entre los modelos analizados, las arquitecturas híbridas de LSTM con mecanismos de autoatención alcanzaron niveles de precisión superiores al 88.6 % en la recomendación de rutas personalizadas [37]. La incorporación de redes generativas adversariales (GAN) con modelos Transformer permitió mejorar la precisión del pronóstico en un 18.37 % respecto a modelos convencionales [38], mientras que los modelos de aprendizaje profundo por ensamble que integran autoencoders apilados demostraron un rendimiento superior en el manejo de grandes volúmenes de datos turísticos [39].

Las redes neuronales de grafos (GNN) han sido aplicadas exitosamente para el análisis de recomendaciones de evacuación turística, extrayendo información de interacción de alto orden mediante minería de grafos [40]. El aprendizaje por refuerzo profundo basado en actor-crítico (AC-DRL) ha demostrado eficacia en la planificación adaptativa de rutas multiobjetivo [41], mientras que modelos de ensamble apilado superaron algoritmos individuales en la clasificación de turistas y locales [42]. Este avance refleja la madurez de los sistemas de inteligencia artificial en el ámbito turístico, marcando la transición hacia soluciones adaptativas orientadas a datos que integran análisis geoespacial y personalización de experiencias. A continuación, se presenta la Figura 7, que resume los modelos de aprendizaje profundo identificados:

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 154-182
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

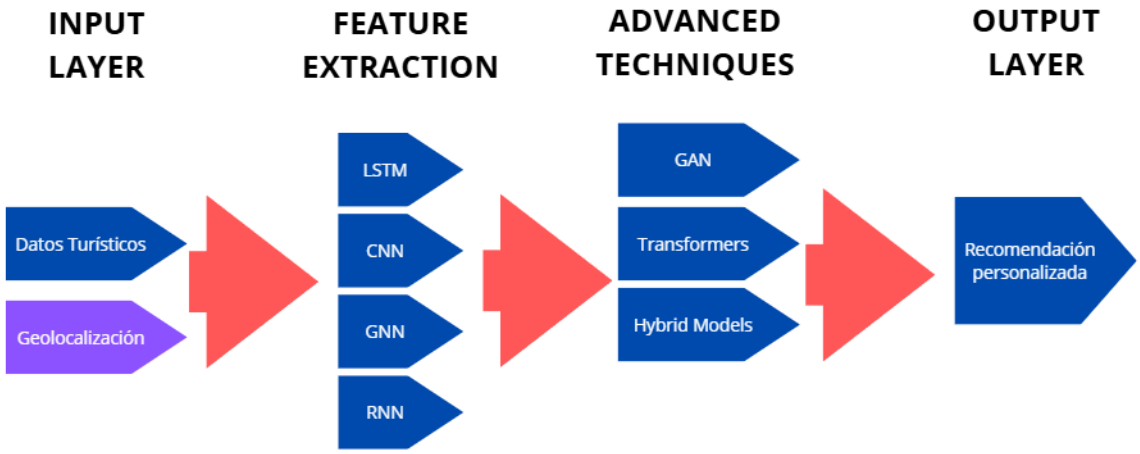


Figura 7. Modelos de aprendizaje profundo

Nota: Elaboración propia

Resultados y Discusión

La evidencia revisada muestra que las técnicas de Machine Learning y Deep Learning aplicadas al análisis geoespacial han permitido avanzar hacia una personalización turística mucho más precisa y sensible al contexto. Entre los enfoques más representativos destaca el modelo TourBERT [43]. que adapta la arquitectura de BERT al lenguaje turístico, combinando texto, ubicación y comportamiento del usuario para generar perfiles de viajero más realistas. Su capacidad para integrar semántica y espacialidad permite identificar patrones de interés con un nivel de detalle que antes era inalcanzable con modelos clásicos. A su vez, el sistema GraphWin, desarrollado con soporte de inteligencia artificial visual, ha demostrado utilidad para construir rutas personalizadas en función de preferencias individuales y condiciones espaciales dinámicas [44]. Otros estudios complementarios proponen el uso de algoritmos bioinspirados, como Ant Colony Optimization, que mejoran la selección de itinerarios mediante simulación de enjambres, logrando reducir tiempos de viaje y optimizar la satisfacción del visitante [45]. En conjunto, estos trabajos confirman que la sinergia entre IA y análisis geográfico no solo ofrece recomendaciones más relevantes, sino que abre paso a experiencias turísticas adaptativas, en las que cada recorrido refleja la huella única del viajero.

Modelos de Deep Learning y análisis espaciotemporal para la predicción de demanda y movilidad turística

El análisis de los resultados incluidos en la base de datos muestra una evolución clara en los modelos destinados a anticipar la movilidad y la demanda turística. Los enfoques más recientes se apoyan en arquitecturas que combinan memoria secuencial y atención espacial para captar la variabilidad temporal de los desplazamientos humanos. Un ejemplo sólido es P-RecN, un modelo LSTM con atención que incorpora variables geográficas y temporales, obteniendo mejoras notables en la predicción de flujos turísticos respecto a modelos estadísticos tradicionales [37]. De forma similar, la arquitectura TMS-Net [37] mplea redes LSTM multicapa con convoluciones temporales, lo que permite detectar patrones estacionales y prever picos de afluencia con antelación. Algunos estudios complementarios, como el basado en FTM-SAM y SSCA-SSTTA, han explorado el uso combinado de redes neuronales y mecanismos de similitud espacial para estimar demanda en tiempo real, reduciendo significativamente el margen de error en escenarios urbanos densos [46]. En conjunto, estos modelos aprenden a interpretar la relación entre tiempo, lugar y comportamiento turístico, ofreciendo una visión mucho más dinámica del fenómeno que las aproximaciones estadísticas clásicas.

Integración de IA y SIG en la gestión operativa de destinos turístico

La incorporación de inteligencia artificial en los sistemas de información geográfica está redefiniendo la manera en que los destinos turísticos se gestionan y planifican. Se propone una plataforma que combina análisis de imágenes con IA para planificar rutas, evaluar zonas críticas y distribuir la carga turística de manera equitativa. Gracias a la integración de datos de GPS, clima y sensores ambientales, la herramienta permite anticipar la congestión y redistribuir el flujo de visitantes en tiempo real. Asimismo, investigaciones más recientes muestran la utilidad de los modelos FTM-SAM y SSTTA en la gestión territorial, al ofrecer mapas predictivos de densidad turística que ayudan a proteger ecosistemas sensibles y optimizar los recursos locales [46]. Estas soluciones no solo mejoran la eficiencia técnica, sino que aportan una dimensión ética y sostenible: permiten a los gestores equilibrar la conservación del patrimonio natural con la calidad de la experiencia turística. En lugar de depender de informes ex post, los destinos comienzan a basar sus decisiones en modelos vivos, capaces de aprender y reaccionar a medida que cambian las condiciones del entorno [4].

Efectividad de los modelos predictivos de IA con análisis espacial en la gestión de recursos turísticos

Los modelos predictivos integrados con análisis espacial se consolidan como herramientas de gran valor para la planificación y administración de destinos turísticos. A diferencia de las metodologías tradicionales, estos sistemas no solo pronostican flujos, sino que traducen datos geoespaciales en acciones concretas para mejorar la distribución de recursos. En los estudios revisados, las arquitecturas basadas en deep learning como Tour-

BERT [43] y TMS-Net [37] han logrado reducciones significativas del error medio absoluto en la estimación de demanda, al combinar información textual, meteorológica y espacial. También se observan mejoras en la gestión operativa, con modelos que apoyan la toma de decisiones sobre transporte, mantenimiento o seguridad en destinos de alta rotación. Por otro lado, propuestas como la de Ant Colony Optimization [37] muestran que la inteligencia artificial puede integrarse a los SIG para diseñar rutas eficientes que optimicen recursos energéticos y reduzcan emisiones sin afectar la experiencia del visitante. Así, la efectividad de la IA radica no solo en su precisión predictiva, sino en su capacidad de conectar la planificación turística con principios de sostenibilidad y responsabilidad territorial [47, 48].

Conclusiones

La revisión realizada nos permitió ver cómo la inteligencia artificial y los sistemas geoespaciales están transformando poco a poco el turismo, ya no como una promesa futurista, sino como una herramienta real que se está aplicando en destinos de todo el mundo. En los estudios analizados se repite un mismo escenario: los métodos tradicionales se quedan cortos para entender el movimiento de los viajeros y responder a sus necesidades en tiempo real, mientras que los modelos de aprendizaje profundo y análisis espacial ofrecen nuevas formas de anticiparse y personalizar. Tecnologías como LSTM, redes de grafos o modelos especializados como TourBERT demuestran que es posible predecir comportamientos, sugerir rutas más eficientes y hasta gestionar la saturación de puntos turísticos con mayor precisión. Aunque todavía falta investigación aplicada en Latinoamérica y una mayor estandarización metodológica, los casos revisados dejan claro que integrar IA y SIG no es solo un asunto técnico, sino una apuesta por experiencias más seguras y memorables para las personas, y por decisiones más responsables para los gestores. Al final, lo que muestran estos hallazgos es que la tecnología puede ser una aliada para un turismo equilibrado, capaz de cuidar el territorio sin dejar de sorprender al viajero.

Contribución de Autoría

Javier Robison Herrera Lopez: Conceptualización, Investigación, Metodología, Curación de datos, Redacción - borrador original, Visualización. Tatiana Mercedes Suarez Rosas: Conceptualización, Investigación, Metodología, Curación de datos, Análisis formal, Software, Escritura, revisión y edición.

Referencias

[1] J. C. S. Núñez, J. A. Gómez-Pulido, and R. R. Ramírez, "Machine learning applied to tourism: A systematic review," *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 14, no. 5, p. e1549, 2024.

[2] A. Louati *et al.*, "Machine Learning and Artificial Intelligence for a Sustainable Tourism: A Case Study on Saudi Arabia," *Information*, vol. 15, no. 9, p. 516, aug 2024.

[3] D. Ordóñez-Martínez, J. M. Seguí-Pons, and M. Ruiz-Pérez, "Toward Establishing a Tourism Data Space: Innovative Geo-Dashboard Development for Tourism Research and Management," *Smart Cities*, vol. 7, no. 1, pp. 633–661, feb 2024.

[4] M. Šoltésová, B. Iannaccone, Ł. Štrba, and C. Sidor, "Application of GIS Technologies in Tourism Planning and Sustainable Development: A Case Study of Gelnica," *IJGI*, vol. 14, no. 3, p. 120, mar 2025.

[5] X. Zhou, J. Tian, J. Peng, and M. Su, "A Smart Tourism Recommendation Algorithm Based on Cellular Geospatial Clustering and Multivariate Weighted Collaborative Filtering," *IJGI*, vol. 10, no. 9, p. 628, sep 2021.

[6] X. Xiao, C. Li, X. Wang, and A. Zeng, "Personalized tourism recommendation model based on temporal multilayer sequential neural network," *Sci Rep*, vol. 15, no. 1, p. 382, jan 2025.

[7] N. Mou *et al.*, "Personalized tourist route recommendation model with a trajectory understanding via neural networks," *International Journal of Digital Earth*, vol. 15, pp. 1738–1759, oct 2022.

[8] D. M. Cevallos, J. D. Z. Mieles, and V. R. Z. Burgos, "Transformación digital en la industria del turismo: revisión sistemática de literatura y análisis bibliométrico," *GADE: Revista Científica*, vol. 5, no. 1, pp. 415–437, feb 2025.

[9] M. Badouch and M. Boutaounte, "Personalized Travel Recommendation Systems: A Study of Machine Learning Approaches in Tourism," *JAIMLNN*, no. 33, pp. 35–45, apr 2023.

[10] O. Claveria and S. Torra, "MODELLING TOURISM DEMAND TO SPAIN WITH MACHINE LEARNING TECHNIQUES. THE IMPACT OF FORECAST HORIZON ON MODEL SELECTION," *Revista de Economía Aplicada*.

[11] D.-K. Kim, S. K. Shyn, D. Kim, S. Jang, and K. Kim, "A Daily Tourism Demand Prediction Framework Based on Multi-head Attention CNN: The Case of The Foreign Entrant in South Korea," dec 2021, arXiv preprint.

[12] R. A. R. Ayquipa, "Machine Learning y realidad aumentada para el reconocimiento de recursos turísticos."

[13] H. Fang, S. Gao, and F. Zhang, "Forecasting Inter-Destination Tourism Flow via a Hybrid Deep Learning Model," may 2023, arXiv preprint.

[14] D. Shrestha, T. Wenan, D. Shrestha, N. Rajkarnikar, and S.-R. Jeong, "Personalized Tourist Recommender System: A Data-Driven and Machine-Learning Approach," *Computation*, vol. 12, no. 3, p. 59, mar 2024.

[15] R. Alsahafi, R. Mehmood, and S. Alqahtany, "A Machine Learning-Based Analysis of Tourism Recommendation Systems: Holistic Parameter Discovery and Insights," *ijacsa*, vol. 16, no. 1, 2025.

[16] J. Bravo, R. Alarcón, C. Valdivia, and O. Serquén, "Application of Machine Learning Techniques to Predict Visitors to the Tourist Attractions of the Moche Route in Peru," *Sustainability*, vol. 15, no. 11, p. 8967, jan 2023.

[17] L. Zhang *et al.*, "Visual analytics of route recommendation for tourist evacuation based on graph neural network," *Scientific Reports*, vol. 13, oct 2023.

[18] S. García-Ayllón, "GIS Assessment of Mass Tourism Anthropization in Sensitive Coastal Environments: Application to a Case Study in the Mar Menor Area," *Sustainability*, vol. 10, no. 5, p. 1344, apr 2018.

[19] K. L.-M. Ang, J. K. P. Seng, E. Ngharamike, and G. K. Ijemaru, "Emerging Technologies for Smart Cities'Transportation: Geo-Information, Data Analytics and Machine Learning Approaches," *IJGI*, vol. 11, no. 2, p. 85, jan 2022.

[20] J. Song and B. Xu, "Evaluation model of urban tourism competitiveness in the context of sustainable development," *Front. Public Health*, vol. 12, p. 1396134, jun 2024.

[21] P. Müllner, A. Schreuer, S. Kopeinik, B. Wieser, and D. Kowald, "Multistakeholder fairness in tourism: what can algorithms learn from tourism management?" *Front. Big Data*, vol. 8, p. 1632766, sep 2025.

[22] M. A. Ruiz Palacios, C. Pereira Texeira de Oliveira, J. Serrano González, and S. Saénz Flores, "Analysis of Tourist Systems Predictive Models Applied to Growing Sun and Beach Tourist Destination," *Sustainability*, vol. 13, no. 2, p. 785, jan 2021.

[23] J. Schrader *et al.*, "Application of artificial intelligence techniques for the profiling of visitors to tourist destinations," *Front. Artif. Intell.*, vol. 8, p. 1632415, aug 2025.

[24] M. Haghani, "What makes an informative and publication-worthy scientometric analysis of literature: A guide for authors, reviewers and editors," *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 22, p. 100956, nov 2023.

[25] H. Davies *et al.*, "Scoping review of review methodologies used for guiding evidence-based practice in critical care: a protocol," *BMJ Open*, vol. 14, no. 11, p. e082661, nov 2024.

[26] E. J. C. Reyes and R. F. B. Medina, "Estructuras metodológicas PICO y PRISMA 2020 en la elaboración de artículos de revisión sistemática: Lo que todo investigador debe conocer y dominar," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 9, no. 1, pp. 8525–8543, mar 2025.

[27] L. F. Becka, "Transformación digital en Turismo: Un estudio sobre el uso de herramientas para la gobernanza inteligente," Master's thesis, Universidad Nacional de La Plata, 2023.

[28] M. Royo, "BiblioGuías: Revisiones sistemáticas: PRISMA 2020: guías oficiales para informar (redactar) una revisión sistemática," accedido: 19 de octubre de 2025. [Online]. Available: https://biblioguias.unav.edu/revisionessistematicas/guias_oficiales

[29] G. Goris and S. J. Adolf, "Utilidad y tipos de revisión de literatura," *Ene*, vol. 9, no. 2, pp. 0–0, 2015.

[30] F. Arias-Odón and W. Artigas, "Cómo plantear problemas científicos relevantes identificando brechas de investigación." *Mujer Andina*, vol. 1, no. 1, pp. 76–82, dec 2022.

[31] P. I. V. Zúñiga, R. J. C. Cedeño, and I. A. M. Palacios, "Metodología de la investigación científica: guía práctica," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, no. 4, pp. 9723–9762, sep 2023.

[32] M. Medina, R. Rojas, W. Bustamante, R. Loaiza, C. Martel, and R. Castillo, *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación.* Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú, 2023.

[33] E. E. Espinoza-Freire, "Estrategias de búsqueda de información en bases de datos científicas: Una guía práctica," *Sociedad & Tecnología*, vol. 8, no. S2, pp. 647–658, sep 2025.

[34] I. Sustacha Melijosa, J. F. Baños Pino, and E. Del Valle Tuero, "Análisis de la investigación sobre destinos turísticos inteligentes mediante la visualización de redes bibliométricas," *invest. tur*, no. 23, p. 266, jan 2022.

[35] S. Giglio, F. Bertacchini, E. Bilotta, and P. Pantano, "Machine learning and points of interest: typical tourist Italian cities," *Current Issues in Tourism*, vol. 23, no. 13, pp. 1646–1658, jul 2020.

[36] K. Charfaoui and S. Mussard, "Sentiment Analysis for Tourism Insights: A Machine Learning Approach," *Stats*, vol. 7, no. 4, pp. 1527–1539, dec 2024.

[37] X. Xiao, C. Li, X. Wang, and A. Zeng, "Personalized tourism recommendation model based on temporal multilayer sequential neural network," *Sci Rep*, vol. 15, no. 1, p. 382, jan 2025.

[38] T. Diao, X. Wu, L. Yang, L. Xiao, and Y. Dong, "A novel forecasting framework combining virtual samples and enhanced Transformer models for tourism demand forecasting," mar 2025, arXiv preprint.

[39] S. Sun, Y. Li, J. Guo, and S. Wang, "Tourism demand forecasting: An ensemble deep learning approach," *Tourism Economics*, vol. 28, no. 8, pp. 2021–2049, dec 2022.

[40] L. Zhang *et al.*, "Visual analytics of route recommendation for tourist evacuation based on graph neural network," *Scientific Reports*, vol. 13, oct 2023.

[41] Y. Wang and P. Hu, "Deep Reinforcement Learning-Based Multi-Object Adaptive Route Planning for Traveling Recommender Systems," *IEEE Access*, vol. PP, pp. 1–1, jan 2023.

[42] A. Derdouri and T. Osaragi, "A machine learning-based approach for classifying tourists and locals using geotagged photos: the case of Tokyo," *Inf Technol Tourism*, vol. 23, no. 4, pp. 575–609, dec 2021.

[43] V. Arefieva and R. Egger, "TourBERT: A pretrained language model for the tourism industry."

[44] T. Hou, "Design of travel route identification and scheduling system based on artificial intelligence-aided image segmentation," *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2022, pp. 1–11, Jul. 2022.

[45] S. Liang, T. Jiao, W. Du, and S. Qu, "An improved ant colony optimization algorithm based on context for tourism route planning," *PLOS ONE*, vol. 16, no. 9, p. e0257317, Sep. 2021.

[46] X. Zhou, Z. Zhang, X. Liang, and M. Su, "Intelligent geo-tour route recommendation algorithm based on feature text mining and spatial accessibility model," *Electronics*, vol. 13, no. 10, p. 1845, Jan. 2024.

[47] X. Tan, Z. Liu, L. Shi, and X. Huang, "Geospatial analysis of sports tourism resources in China's urban clusters: a case study of the Sichuan-Chongqing region utilizing GIS and the geographic detector," *Frontiers in Sports and Active Living*, vol. 6, p. 1496469, Dec. 2024.

[48] J. Yun and X. Youyuan, "Design of personalized leisure tourism route recommendation system based on deep learning," in *Proceedings of the 2020 2nd International Conference on Big Data and Artificial Intelligence*, Apr. 2020, pp. 158–163.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 183-206
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Artículos de revisión
Temática: Redes y seguridad informática
Recibido: 7/12/2025 | Aceptado: 3/2/2026 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a342
ARK: ark:/42411/s29.a342

Enfoques de detección de ransomware basados en aprendizaje automático

Machine learning-based ransomware detection approaches

Luis Fernando Avila Reyes[1][0009-0000-0827-7491]*, **Kevin Eduardo Galvez Carrillo**[2][0009-0007-4013-9081], **Alberto Carlos Mendoza De Los Santos**[3][0000-0002-0469-915X]

[1]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. t1013300721@unitru.edu.pe
[2]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. t1023300621@unitru.edu.pe
[3]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. amendozad@unitru.edu.pe

*Autor para correspondencia: t1013300721@unitru.edu.pe

Resumen
El estudio tuvo como objetivo analizar los enfoques y técnicas de detección de ransomware basados en aprendizaje automático, a fin de identificar las propuestas más eficaces reportadas en la literatura reciente. Se aplicó la metodología PRISMA para seleccionar artículos originales publicados entre 2020 y 2025 en bases de datos especializadas. Los hallazgos muestran que los métodos tradicionales basados en firmas resultan insuficientes ante variantes de día cero, mientras que algoritmos como Random Forest, Gradient Boosting y redes neuronales profundas ofrecen mayor precisión y capacidad de adaptación. Asimismo, se destacan enfoques híbridos y emergentes que incorporan análisis forense con modelos de lenguaje o inteligencia artificial explicable. Se concluye que las técnicas de aprendizaje automático representan una alternativa robusta y en evolución para la detección temprana de ransomware, contribuyendo a mejorar la resiliencia de los sistemas de ciberseguridad.

Palabras claves: Aprendizaje automático, Ciberseguridad, Detección, Ransomware, Redes neuronales

Abstract
The study aimed to analyze machine learning-based ransomware detection approaches in order to identify the most effective proposals reported in recent literature. The PRISMA methodology was applied to select original articles published between 2020 and 2025 in specialized databases. Findings show that traditional signature-based methods are insufficient against zero-day variants, while algorithms such as Random Forest, Gradient Boosting, and deep neural networks provide higher accuracy and adaptability. Likewise, hybrid and emerging approaches that incorporate forensic analysis with language models or explainable artificial intelligence stand out. It is concluded that machine learning techniques represent a robust and evolving alternative for early ransomware detection, contributing to strengthening the resilience of cybersecurity systems.

Keywords: *Machine learning, Cybersecurity, Detection, Ransomware, Neural networks.*

Introducción

En los países desarrollados, el uso de sistemas informáticos e Internet se ha convertido en un parte fundamental de la economía y de la vida cotidiana. Esta creciente interconexión tambien ha abierto nuevas oportunidades para que los ciberdelincuentes actúen, desarrollando ataques cada vez más sofisticados [1]. A medida que crece el acceso a Internet y se amplía el uso de la tecnología, no solo se incrementa el número de ciberataques, tambien sus métodos evolucionan. Un ciberataque es el intento de vulnerar o explotar sistemas y redes informáticas de personas u organizaciones [2].

Dentro de las multiples formas de malware, que es el software diseñado para causar daño o infiltrarse en sistemas ajenos, el ransomware ha surgido como una amenaza grave en los últimos años. Este tipo de malware afecta a individuos, empresas, hospitales e incluso a infraestructuras críticas como los sistemas de suministro de energía [3].

El ransomware representa actualmente una de las amenazas más relevantes en el ámbito de la ciberseguridad, ya que provoca considerables perjuicios económicos y compromete la confidencialidad tanto de individuos como de instituciones [4]. Se trata de un riesgo de ciberseguridad en aumento, ya que cifra la información y exige un pago para su recuperación. La evolución constante de esta amenaza suele superar los métodos tradicionales de detección de ransomware [5]. En este escenario, el ransomware se ha distinguido por su capacidad de restringir el acceso de los usuarios a sus sistemas o archivos, bien sea mediante el bloqueo de la pantalla o el cifrado de documentos esenciales, hasta que se pague un rescate [6]. Lo que lo ha consolidado como una de las amenazas digitales más perjudiciales de la última década. Del mismo modo, su impacto económico ha quedado en evidencia con ataques de gran magnitud como WannaCry y NotPetya, responsables de pérdidas globales que superan los ocho mil millones de dólares [7].

En especial, los ataques de ransomware de día cero, que buscan aprovechar fallos aún no identificados, constituyen una seria amenaza para las defensas de ciberseguridad actuales. La ausencia de datos de entrenamiento hace que su detección continúe siendo un reto considerable [8]. Asimismo, este tipo de ataques suele valerse de métodos avanzados de cifrado para explotar nuevas vulnerabilidades [9].

Las soluciones antiransomware habituales con frecuencia no logran identificar ataques de ransomware de día cero, pues no es posible disponer anticipadamente de sus firmas para entrenar los modelos de detección [9]. Las soluciones centradas en la mitigación suelen enfocarse en alertar o detener la ejecución del ransomware, pero pocas veces abordan mecanismos que permitan prevenir de forma proactiva la ocurrencia de estos ataques [10].

Es importante señalar que la modalidad de ransomware como servicio (RaaS) ha intensificado este escenario de riesgo, ya que facilita que incluso ciberdelincuentes sin conocimientos técnicos avanzados puedan desplegar

campañas a gran escala mediante infraestructuras alojadas en la nube [11]. Está dinámica ha contribuido no solo a aumentar la frecuencia de los ataques, sino también a elevar su nivel de sofisticación en los ultimos años.

Los sistemas de detección tradicionales se apoyan fundamentalmente en enfoques basados en firmas, los cuales identifican malware mediante patrones previamente definidos. Pero, estos métodos enfrentan importantes limitaciones ante la rápida evolución del ransomware y la aparición de ataques de día cero [11]. Tambien, requieren actualizaciones constantes y personal con conocimientos especializados [12].

Como respuesta, la comunidad investigadora ha enfocado sus esfuerzos en la detección de ransomware mediante el uso de tecnologías como el aprendizaje automático [13]. Los enfoques convencionales para la detección de malware, como aquellos sustentados en técnicas estadísticas, resultan insuficientes frente a la evolución del ransomware, pues tienden a producir un elevado número de falsos positivos [14].

Los métodos de aprendizaje automático (ML) han mostrado una mayor efectividad en la detección de ransomware en comparación con las técnicas tradicionales basadas en firmas [15]. Aunque las técnicas de aprendizaje automático y profundo representan alternativas prometedoras, la falta de transparencia de los complejos modelos de caja negra puede limitar su implementación en contextos de seguridad sensibles [16].

En consecuencia, se vuelve fundamental diseñar estrategias innovadoras e inteligentes que permitan una protección más efectiva contra este tipo de amenaza [14]. Entre ellos, los algoritmos fundamentados en estructuras de árboles, como los árboles de decisión (DT), los bosques aleatorios (RF) y el eXtreme Gradient Boosting (XGBoost), han captado una atención significativa dentro de la comunidad investigadora en ciberseguridad [15].

Frente a este panorama, resulta necesario ordenar y examinar lo que la investigación ha producido en torno al uso del aprendizaje automático para la detección de ransomware. Aunque en la literatura se describen multiples enfoques, todavía no existe una vision integrada que permita reconocer con claridad cuáles son las técnicas más empleadas, cúales han mostrado mejores resultados y qué limitaciones persisten en su aplicación.

Bajo esta premisa, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los enfoques, técnicas y tendencias más relevantes en la detección de ransomware basados en aprendizaje automático reportados en la literatura científica reciente?

Materiales y métodos o Metodología computacional

Marco metodológico y términos de busqueda

Para el desarrollo de este estudio se aplicó la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), la cual ofrece un marco estructurado y transparente que facilita la identificación, selección y análisis crítico de los trabajos más relevantes dentro de la literatura científica [17].

A partir de la pregunta de investigación planteada, se definieron los siguientes terminos de búsqueda: "ransomware detection", "machine learning", "approaches", "techniques". Posteriormente, mediante el uso de operadores booleanos para ampliar y refinar los resultados, la cadena final quedó conformada de la siguiente manera: "ransomware detection" AND "machine learning" AND (approaches OR techniques).

Bases de datos consultadas

La búsqueda se llevó a cabo en bases de datos académicas reconocidas por su cobertura y fiabilidad, a fin de garantizar la calidad de evidencia recopilada. Se consultaron ScienceDirect, IEEE Xplore y ACM Digital Library. Para garantizar la actualidad de los hallazgos, se estableció como criterio temporal el intervalo comprendido entre los años 2020 y 2025. Además, se restringió los resultados a publicaciones en español e inglés. Finalmente, se filtró la inclusión solo de artículos originales y de libre acceso.

Criterios de inclusión y exclusión

Para garantizar la pertinencia y consistencia de los estudios incluidos, se definieron criterios de elegibilidad claros. Los criterios de inclusión y exclusión se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión

Tipo	**Criterio**
Inclusión	Estudios publicados entre 2020 y 2025 Artículos originales y de acceso abierto Propuestas basadas en ML aplicadas a la detección de ransomware
Exclusión	Revisiones, encuestas, artículos de opinión o editoriales Investigaciones sobre malware genérico Métodos no basados en ML

Dentro de la metodología PRISMA se emplea un diagrama de flujo de cuatro fases (Figura 1), el cual per-

mite representar el proceso de depuración y selección de los artículos que serán considerados en la revisión sistemática.

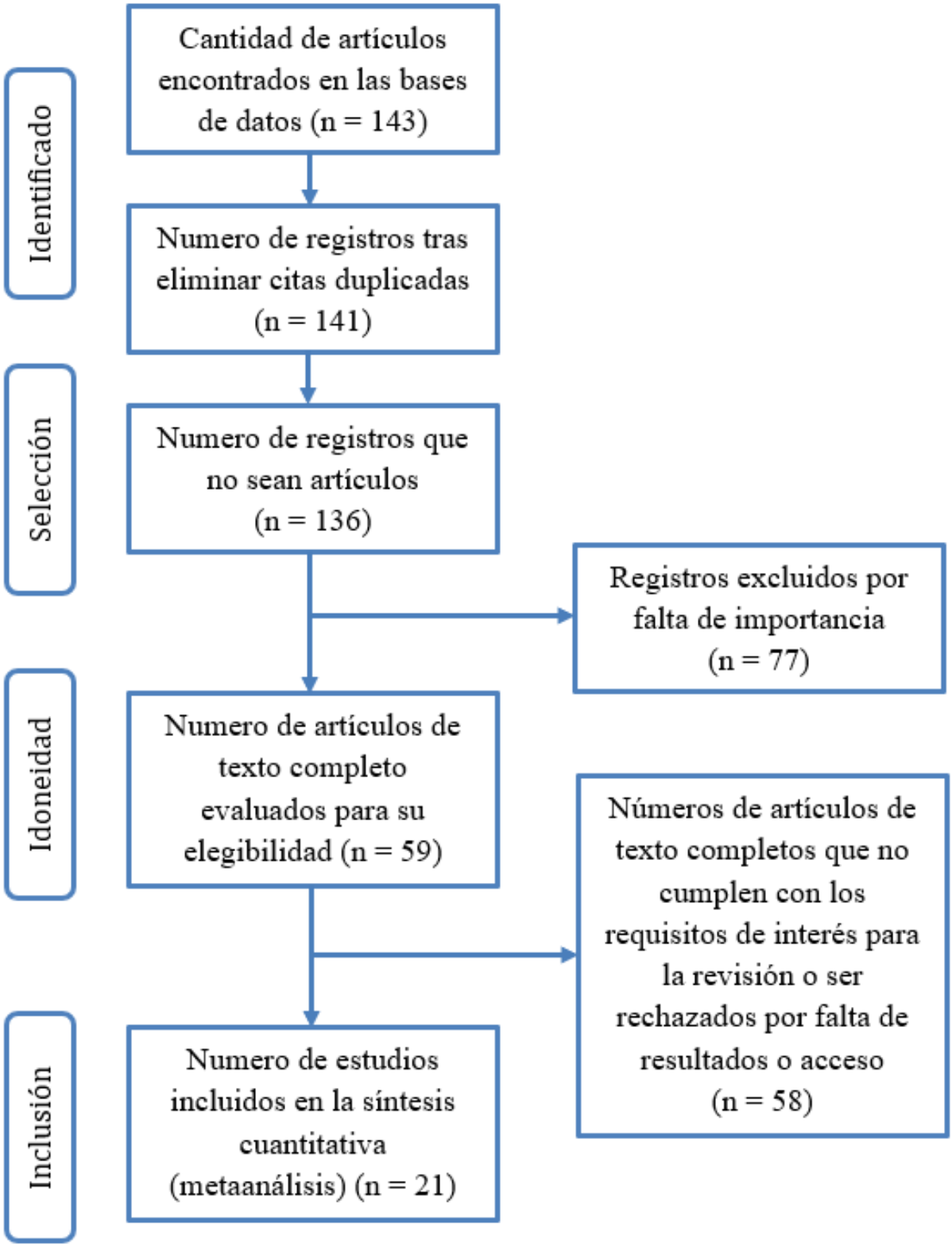


Figura 1. Diagrama de flujo de 4 estados

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 183-206
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

Resultados y discusión

Resultados

El aprendizaje automático (ML) se ha consolidado como una estrategia de gran relevancia en la detección de ransomware, al posibilitar la identificación de patrones en extensos volúmenes de datos. En especial, los métodos de ML fundamentados en enfoques basados en conjuntos destacan por ofrecer elevados niveles de precisión, una notable capacidad de adaptación frente a amenazas emergentes y una gestión eficiente de grandes cantidades de información [18].

Teniendo en cuenta los notables progresos en redes informales, computación en la nube, entornos web, banca electrónica, sistemas adaptativos e inteligentes, la seguridad informática se presenta como un ámbito en constante expansión que abre múltiples líneas de análisis. En este contexto, diversas soluciones basadas en aprendizaje automático han demostrado ser efectivas para abordar la complejidad de los problemas asociados a la ciberseguridad [19]. El aprendizaje automático puede aplicarse de distintas formas dentro de este campo. La Figura 2 ilustra algunas de sus aplicaciones en el ámbito de la seguridad informática.

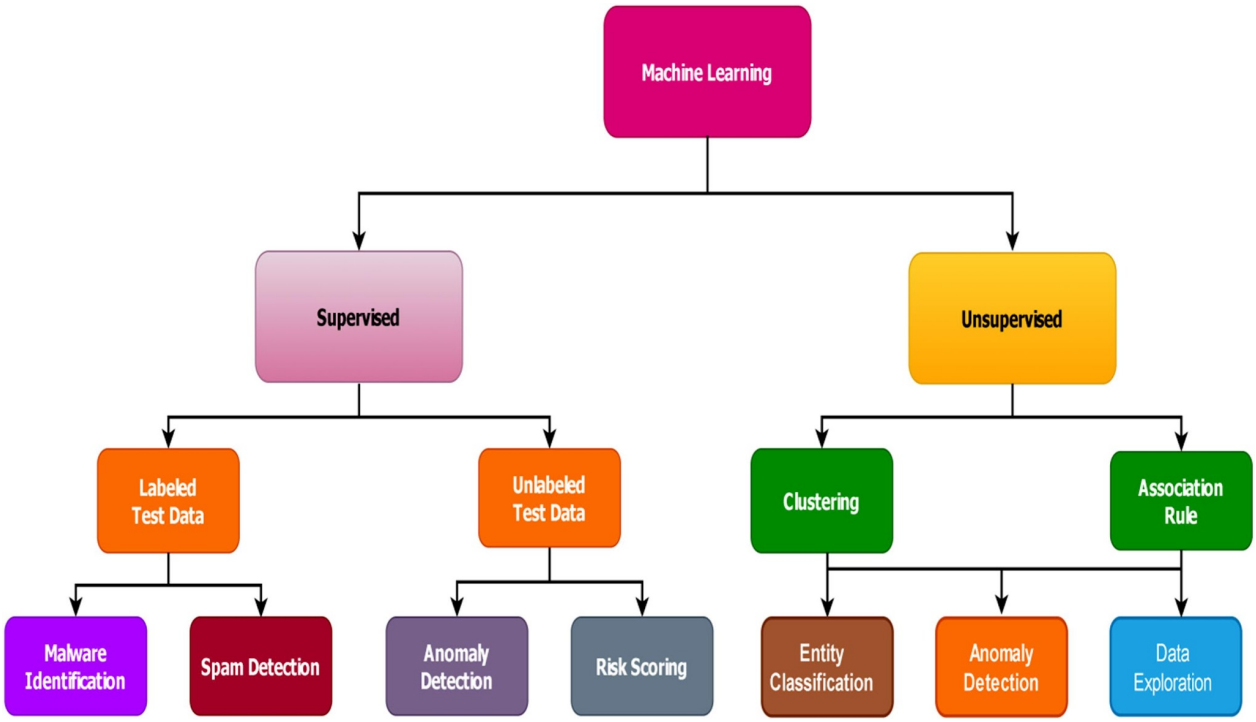


Figura 2. Aplicaciones de aprendizaje automático en ciberseguridad

En la Tabla 2 se resumen los trabajos que han propuesto métodos de detección de ransomware en equipos y redes que no son dispositivos móviles. La información se organiza de acuerdo con el enfoque de detección planteado, el algoritmo de aprendizaje automático utilizado, las métricas de desempeño reportadas y las limitaciones.

Tabla 2. Síntesis de estudios sobre detección de ransomware en entornos no moviles

Referencia	**Enfoque de detección**	**Algoritmo de ML utilizado**	**Métrica de desempeño**	**Limitaciones**
Arabo et al., 2020	Detección de Ransomware basado en el comportamiento de procesos de ejecución	Neural Net, Nearest Neighbors, Linear SVM, RBF SVM, Gaussian Process, Decision Tree, Random Forest, AdaBoost, QDA, Naive Bayes	Se empleó como métrica Accuracy para comparar los algoritmos de ML, donde Random Forest fue el mejor con una exactitud de 75,01 %	Dependencia de umbrales y patrones concretos (extensiones, frecuencia de API calls), susceptibles a evasión
Singh et al., 2024	El trabajo propone RansoDetect Fusion, un modelo de detección de Ransomware-as-a-Service (RaaS) enfocado en datos cifrados en la nube	Arquitectura principal: un ensemble de Deep Learning. Modelos individuales: tres Multilayer Perceptrons (MLPs) con distinta función de activación: MLP1: ReLU MLP2: SeLU MLP3: ELU	RansoDetect Fusion (ensemble): Accuracy: 98,79 % Recall: 98,79 % Precision: 98,85 % F1-score: 98,80 % Modelos individuales: MLP3: Accuracy, Recall y F1 ≈ 96,8 % MLP2: Accuracy ≈ 96,97 % MLP1: Accuracy ≈ 96,39 %	El desempeño puede variar frente a ataques zero-day o nuevas variantes de RaaS no presentes en los datasets

Continúa en la página siguiente

Tabla 2 – Continuación de la página anterior

Referencia	**Enfoque de detección**	**Algoritmo de ML utilizado**	**Métrica de desempeño**	**Limitaciones**
Almashhadani et al., 2022	El trabajo propone MFMCNS (Multi-Feature Multi-Classifier Network-based System), un sistema de detección network-based diseñado para identificar actividades de ransomworm en su fase de propagación	- Decision Tree (Fine Tree) para vista session-based - Ensemble (Bagged Tree) para vista time-based - Fusión mediante majority voting	- Accuracy: 99,6–99,9 % - Recall: ≈ 100 % - FPR: ˜0,002–0,004 - F1: ≈ 0,997	Dependencia de la naturaleza del dataset y familias estudiadas. Alcance limitado: se centra en ransomworms propagados en red, no en otras variantes de ransomware
Kok et al., 2022	Detección de crypto-ransomware en la etapa anterior al cifrado (pre-cifrado) mediante el Pre-Encryption Detection Algorithm (PEDA). Combina la coincidencia de firmas (hash SHA-256) y análisis dinámico de APIs precifrado extraídas desde sandbox	Random Forest (RF) entrenado sobre secuencias de API pre-cifrado (con y sin discretización)	Principalmente Recuperación (Recall/Tasa de verdaderos positivos): 100 % (80:20 split) y 99.9 % (10-fold CV); también reportan Precisión, F1-Score, MCC, ROC y PRC	Dependencia de APIs de Windows para cifrado: si el ransomware usa código de cifrado propio (sin CryptoAPI), PEDA no lo detecta; debe verse como complemento, no solución única. Ámbito estrecho: diseñado para un tipo de malware (crypto-ransomware)

Continúa en la página siguiente

Tabla 2 – Continuación de la página anterior

Referencia	**Enfoque de detección**	**Algoritmo de ML utilizado**	**Métrica de desempeño**	**Limitaciones**
Oh et al., 2024	El trabajo introduce volGPT, una integración entre la herramienta de análisis de memoria Volatility y un Large Language Model (LLM) para asistir en la triage forense de procesos de ransomware en memoria RAM	El núcleo ML es un Large Language Model (LLM) (basado en GPT 3.5), utilizado para interpretar la salida de Volatility y generar evaluaciones sobre procesos sospechosos	Accuracy general: 94,1 % en clasificación de familias: STOP/Djvu: 99 % Cerber: 93,8 % Locky: 91,9 % TeslaCrypt: 87,1 % Triage efficiency: 10,4 % (es decir, logra reducir ˜90 % de muestras sin descartar verdaderos positivos)	Dependencia de un LLM externo: implica riesgos de privacidad y seguridad si se emplea un modelo alojado en la nube

Continúa en la página siguiente

Tabla 2 – Continuación de la página anterior

Referencia	**Enfoque de detección**	**Algoritmo de ML utilizado**	**Métrica de desempeño**	**Limitaciones**
Hernandez-Jaimes et al., 2024	Detección temprana basada en análisis de archivos y patrones de comportamiento para entornos de Internet of Medical Things (IoMT)	Los vectores de Nilsimsa fingerprints son usados como características principales. Clasificadores probados: Naïve Bayes (NB) Support Vector Machine (SVM) Random Forest (RF) k-Nearest Neighbors (k-NN) Decision Tree (DT)	Métricas evaluadas: Accuracy, Precision, Recall, F1-score. Resultados clave: El uso de Nilsimsa fingerprinting mejorado mejoró el desempeño en todos los clasificadores Random Forest alcanzó la mayor precisión global (≈ 96–97 % accuracy, con F1 superior al 0,95) SVM y k-NN también mostraron resultados competitivos, pero NB quedó rezagado	Evaluación realizada con un dataset limitado, sin acceso a repositorios amplios de ransomware dirigido a IoMT

Continúa en la página siguiente

Tabla 2 – Continuación de la página anterior

Referencia	**Enfoque de detección**	**Algoritmo de ML utilizado**	**Métrica de desempeño**	**Limitaciones**
Khan et al., 2020	Propone DNAact-Ran, un motor de "secuenciación de ADN digital" para la detección de ransomware. Se centra en caracterizar el software como ransomware o goodware a partir de su "genoma digital", evitando depender de firmas tradicionales que requieren un ataque previo para crear la huella.	Active Learning con regresión lineal Random Forest (RF). Naïve Bayes (NB). Sequential Minimal Optimization (SMO)	Métricas evaluadas: Precisión, Recall, F1, Accuracy, TP y FP rates Active Learning: 87.9 % accuracy, superando a AdaBoost (83,2 %), Naïve Bayes (78,5 %) y Decision Stump (75,8 %)	Dataset relativamente pequeño (solo ˜1,5K muestras, de las cuales 300 usadas para entrenamiento)

Continúa en la página siguiente

Tabla 2 – Continuación de la página anterior

Referencia	**Enfoque de detección**	**Algoritmo de ML utilizado**	**Métrica de desempeño**	**Limitaciones**
Kabuye et al., 2025	Detección de ransomware basado en inteligencia artificial explicable y consciente de la incertidumbre	Random Forest (RF) Support Vector Machine (SVM) K-Nearest Neighbors (KNN) Deep Neural Networks (DNN) El sistema incorpora técnicas de XAI (Explainable AI), como SHAP (SHapley Additive exPlanations), para interpretar la importancia de las características	Métricas utilizadas: Accuracy, Precision, Recall, F1-score y AUC Resultados principales: Deep Neural Networks (DNN) alcanzaron el mejor rendimiento: Accuracy: 98,6 % Precision: 98,4 % Recall: 98,7 % F1-score: 98,5 %	Aunque se logró explicar las decisiones, el costo computacional de las técnicas de interpretabilidad es alto para despliegues en tiempo real
Al-Hawawreh et al., 2021	Modelo federado asincrónico de detección de ransomware orientado a entornos de Internet Industrial de las Cosas (IIoT)	Random Forest (RF) Support Vector Machine (SVM) Decision Tree (DT) K-Nearest Neighbors (KNN) Naive Bayes (NB)	Métricas utilizadas: Accuracy, Precision, Recall y F1-score Resultados destacados: Random Forest obtuvo el mejor desempeño: Accuracy: 98,2 % Precision: 97,9 % Recall: 98,1 % F1-score: 98,0 %	El modelo se validó en entornos simulados, no en implementaciones reales de IIoT

Continúa en la página siguiente

Tabla 2 – Continuación de la página anterior

Referencia	**Enfoque de detección**	**Algoritmo de ML utilizado**	**Métrica de desempeño**	**Limitaciones**
Hill et al., 2024	Clasificación de ransomware mediante el monitoreo de contadores de rendimiento de hardware (HPCs) en un sistema físico no virtualizado	Árboles de decisión Random Forest K-Nearest Neighbors (KNN) Support Vector Machine (SVM) Naive Bayes	Métricas reportadas: Accuracy, Recall, Precision, y F1-score Random Forest fue el mejor modelo: Accuracy: 97,3 % Precision: 97,6 % Recall: 97,3 % F1-score: 97,4 %	Evaluación realizada en un único sistema no virtualizado, lo que limita la generalización

La Tabla 3 expone un análisis comparativo de los enfoques más recientes que emplean técnicas de aprendizaje automático para la detección de ransomware en dispositivos Android. En dicho análisis se subrayan elementos centrales como las principales contribuciones, los métodos de clasificación aplicados, los tipos de ransomware considerados, los conjuntos de datos utilizados, las metodologías implementadas, los resultados alcanzados, así como las fortalezas y limitaciones inherentes a cada propuesta. [18]

Tabla 3. Evaluación de técnicas de aprendizaje automático de vanguardia para la detección de ransomware de Android

Referencia	**Contribución importante**	**Tipos de ransomware**	**Conjunto de datos**	**Método**	**Resultados**	**Fortalezas**
Farhan y Salman, 2024	Aprendizaje profundo para la detección de ransomware en Android con un enfoque en redes neuronales de avance (FNN)	Simplocker, LockerPin, DoubleLocker, ransomware de temática policial, Fusob	AndroZoo (benigno), RansomProber (malicioso)	FNN usando Keras Sequential con 3 capas densamente conectadas	Precisión 98,9 %, F1 0,662, Precisión 0,5, Recall 1,0	Alta precisión y recall; aprendizaje a partir de datos sin procesar
Ahmed et al., 2023	Uso de ML y DL para crear modelos eficientes, precisos y robustos para clasificación binaria de ransomware	10 tipos diferentes de ransomware para Android	Ransomware de Android	DT, SVM, KNN, Conjunto, FNN, TabNet	DT: Precisión 97,24 %, Exactitud 98,50 %, F1 98,45 %	Análisis exhaustivo; uso de datasets recientes
Sharma et al., 2021	ML supervisado con conjuntos, reducción de dimensionalidad y análisis en GPU/CPU	Locker y Crypto Ransomware	RansomProber (2721 muestras) y AndroZoo (2000 benignas)	PCA + Random Forest	Precisión 99,67 %	Extracción integral, PCA, análisis GPU/CPU

Continúa en la página siguiente

Tabla 3 – Continuación de la página anterior

Referencia	**Contribución importante**	**Tipos de ransomware**	**Conjunto de datos**	**Método**	**Resultados**	**Fortalezas**
Oneil Victoriano, 2018	ML con varios clasificadores	HelDroid (varios tipos)	HelDroid	DT, RF, Gradient Boost, AdaBoost	Precisión 98,05 %; DT 99,08 % en dataset transformado	Múltiples clasificadores; alta precisión
Faris et al., 2020	Máquina de aprendizaje extremo optimizada con Salp Swarm	CryptoLocker, WannaCry, Petya, etc.	1000 apps Android	Salp Swarm + Kernel Extreme Learning Machine	Precisión, exactitud y recall 98 %	Alta precisión, baja tasa FP
Hiba Zuhair	Rasgos de clúster híbrido para la seguridad de smartphones	Genric.17.1762, LockDroid, Koler, Pletor, Simplocker	Hel-Droid, Virus Total, Google Play Store, Herramienta APK	Análisis híbrido estático + dinámico con ML y DL	Precisión 96,50 % (DNN)	Evaluación holística; clustering híbrido
Bagui y Woods, 2021	Detección usando datos de tráfico de red	Cargador, Jisut, Koler, Lockerpin, Pletor, PornDroid, RansomBo, SVPeng, Simplocker, WannaLocker	CICAnMal2017	DT, NB, OneR + selección de características	DT: Precisión 99,67 %, Exactitud 99,68 %, Recall 99,67 %, F1 99,67 %	Selección de características eficaz; alto rendimiento

Continúa en la página siguiente

Tabla 3 – Continuación de la página anterior

Referencia	**Contribución importante**	**Tipos de ransomware**	**Conjunto de datos**	**Método**	**Resultados**	**Fortalezas**
Samah e Iman, 2019	Sistema estático basado en API para detectar ransomware en Android	No especificado	Dataset propio: 2959 ransomware, 500 benignos	Análisis estático con API	Precisión 97 %, reducción complejidad 26 %	Reducción de funciones mejora rendimiento
Masum et al., 2021	Marco basado en selección de características con múltiples clasificadores ML	Casillero, Cripto	Dataset propio con 138.047 muestras	DT, RF, NB, LR, NN	RF: Precisión 99 ± 0,01, Recall 0,97 ± 0,03, Precisión 0,99 ± 0,00	Selección de características integral; alta precisión
Arabo et al., 2020	Mecanismo de detección basado en análisis de comportamiento de procesos	ViraLock, WannaCry, Cerber, WinLocker	Dataset propio con 7 ransomwares	Análisis de procesos + ML	Precisión 98,9 %, FPR 1,5 %, FNR 2,6 %	Alta precisión; distingue entre benigno y ransomware

Los modelos Extra Trees y Random Forest se caracterizan por ofrecer un desempeño consistente y equilibrado en la mayoría de las métricas evaluadas. De manera similar, Gradient Boosting y CatBoost muestran resultados altamente competitivos. A su vez, K-Neighbors y Decision Tree mantienen un nivel de eficacia aceptable. Sin embargo, al analizar el rendimiento global en clasificación y la capacidad discriminativa, como se detalla en la Tabla 4, los primeros modelos evidencian una superioridad más marcada [20].

Tabla 4. Comparación de rendimiento de la estrategia propuesta en diferentes algoritmos de aprendizaje automático

	Exactitud	**Precisión**	**Recordar**	**Puntuación de F1**	**ROC-AUC**
Bosque aleatorio	0,955	0,951	0,967	0,959	0,993
Impulso de gradiente	0,956	0,954	0,967	0,960	0,990
Árboles adicionales	0,961	0,961	0,967	0,964	0,993
KVecinos	0,946	0,958	0,942	0,950	0,970
Árbol de decisiones	0,925	0,926	0,936	0,931	0,924
CatBoost	0,956	0,954	0,967	0,960	0,993

Discusión

Enfoques

La investigación evidencia una notable diversidad de enfoques, que van desde la monitorización del comportamiento en equipos individuales hasta el despliegue de arquitecturas distribuidas en entornos industriales. En términos generales, estos aportes pueden agruparse en tres líneas: (1) soluciones basadas en host y red, (2) modelos híbridos y de ensembles, y (3) propuestas emergentes que explotan técnicas no convencionales.

En la prímera línea, los sistemas basados en host se centran en identificar aplicaciones maliciosas a partir de métricas de uso de recursos y llamadas a API en tiempo real [21]. Su principal fortaleza es la capacidad de detector variantes zero-day, aunque su aplicación práctica sigue limitada por la falta de métricas estandarizadas que respalden los resultados. En paralelo, los enfocados en red han cobrado relevancia frente a amenazas como los ransomworms, ya que permiten analizar distintas vistas del tráfico y combinar clasificadores de manera cooperativa. Un ejemplo es el modelo MFMCNS [22], capaz de identificar fases tempranas de propogación antes de la ejecución del payload.

La segunda categoría corresponde a estrategias híbridas y de ensembles, diseñadas para supercar las limitaciones de los modelos individuales. Singh et al. [23], por ejemplo, demuestran que la combinación de perceptrones multicapa con distintas funciones de activación puede mejorar entre 2 y 3 % la precición y el F1-score, lo que refuerza la robustez de estos esquemas. En la misma dirección, Kok et al. [24] plantean un enfoque práctico que une firmas criptográficas (SHA-256) con clasificación de llamadas a API en la fase de pre-cifrado, alcanzando un balance entre rapidez y capacidad de adaptación frente a variantes desconocidas.

La tercera línea reúne propuestas emergentes con un marcado carácter interdisciplinario y orientado a dominios críticos. Destacan, por ejemplo, DNAact-Ran [25], que incorpora conceptos de bioinformática y aprendizaje activo; el uso de fingerprints tipo Nilsimsa en entornos médicos sensibles [26]; o el aprendizaje federado asincrónico aplicado a sistemas IIoT, con módulos de diagnóstico basados en deep learning que resguardan la privacidad de los datos [27]. Más recientemente, se han explorado combinaciones de modelos generativos y explicables. Entre ellas, volGPT [28], que integra análisis forense de memoria con LLMs para apoyar la clasificación de procesos sospechosos, y el marco propuesto por Kabuye et al. [29], que combina generación sintética de datos, estimación de incertidumbre e interpretabilidad en un mismo pipeline. En paralelo, la detección basada en contadores de rendimiento de hardware (HPCs) ha surgido como una alternativa prometedora, al aprovechar señales de bajo nivel del procesador para reconocer patrones anómalos incluso en variantes inéditas [30].

Además la propuesta de un enfoque innovador que emplea algoritmos de aprendizaje automático (como Decision Tree, Markov Test, K-nearest Neighbors (KNN), Kernel Trick y técnicas de Deep Learning) para el análisis de la entropía de archivos, entendida como la medida de aleatoriedad presente en ellos, con el fin de identificar ransomware en sistemas de respaldo de manera eficiente. Este planteamiento ofrece una perspectiva prometedora para la detección temprana de ransomware, lo que podría contribuir a reducir significativamente el impacto generado por este tipo de ataques [31].

Técnicas

Tras el análisis de los artículos revisados, se identificó que las técnicas de aprendizaje automático aplicadas a la detección de ransomware han evolucionado hacia una notable diversidad de estrategias. Entre las más utilizadas se encuentran los clasificadores tradicionales, tales como Random Forest, Support Vector Machines y k-Nearest Neighbors, que continúan empleándose debido a su simplicidad y eficiencia en escenarios con recursos limitados. Sin embargo, varios estudios coinciden en que estos métodos presentan dificultades para enfrentar variantes polimórficas u ofuscadas, lo que ha impulsado la transición hacia técnicas más sofisticadas.

Un hallazgo importante es la creciente presencia de redes neuronales profundas, en particular los perceptrones multicapa y las arquitecturas de deep learning, que han mostrado mejoras en métricas como la precisión y el F1-score. Singh et al. [23], por ejemplo, demostraron que la combinación de distintas funciones de activación dentro de un esquema ensemble logró un rendimiento superior respecto a modelos individuales. Este tipo de resultados refuerza la idea de que las técnicas basadas en aprendizaje profundo tienen un mayor potencial para capturar patrones complejos en los datos, sobre todo en fases tempranas de los ataques.

De manera complementaria, algunos autores han optado por combinar técnicas de diferente naturaleza. Un ejemplo claro es el trabajo de Kok et al. [24], quienes integraron firmas criptográficas con modelos de clasifica-

ción sobre llamadas a APIs, logrando un equilibrio entre detección rápida y capacidad de adaptación. Este tipo de aproximaciones híbridas evidencian que no existe una técnica única capaz de resolver todos los escenarios, sino que la combinación de métodos puede resultar más efectiva frente a la diversidad de amenazas actuales.

Otro aspecto relevante es el interés por metodologías innovadoras que amplían los límites de las técnicas tradicionales. En este sentido, se han explorado propuestas que incluyen desde el uso de fingerprints como Nilsimsa hasta la aplicación de modelos generativos para la creación de datos sintéticos que permitan entrenar de forma más balanceada los clasificadores. Asimismo, el empleo de métodos para cuantificar la incertidumbre y mejorar la interpretabilidad, como Monte Carlo Dropout o SHAP, refleja una preocupación creciente por dotar de mayor transparencia y confiabilidad a los modelos.

Se evidencia que las técnicas de aprendizaje automático aplicadas a la detección de ransomware no se limitan ya a los algoritmos clásicos, sino que tienden hacia arquitecturas profundas, híbridas e interpretables, en un esfuerzo por responder a los retos que plantean las variantes emergentes y los entornos críticos en los que estas amenazas se manifiestan.

Tendencias

Los estudios revisados muestran que la investigación sobre detección de ransomware está avanzando hacia soluciones más rápidas, automáticas y confiables. Una de las principales tendencias es lograr que los sistemas detecten la amenaza en apenas unos segundos y que, además, puedan activar respuestas inmediatas dentro de esquemas de seguridad más estrictos, como el modelo zero-trust [21]. Esto refleja un interés por no solo identificar el ataque, sino también contenerlo antes de que cause daños graves.

Otra línea clara es la apuesta por enfoques híbridos, que combinan distintas fuentes de información (como datos del equipo y del tráfico de red) con métodos de aprendizaje automático y profundo. Estos enfoques buscan ser más resistentes frente a variantes nuevas del ransomware, incluso aquellas que nunca han sido vistas antes. También se exploran esquemas de aprendizaje distribuido o federado, que permiten entrenar modelos sin necesidad de centralizar todos los datos, reduciendo riesgos de privacidad y mejorando la adaptación en entornos como la nube o el internet industrial de las cosas [27].

De igual forma, existe un creciente interés en hacer que los modelos sean explicables y transparentes, de modo que los analistas de seguridad puedan entender por qué un sistema tomó cierta decisión. Esto es clave para generar confianza y facilitar la adopción de estas soluciones en escenarios reales [29]. Asimismo, comienzan a aparecer propuestas que aprovechan nuevas señales de detección, como el uso de contadores de hardware o técnicas que analizan patrones en secuencias de tiempo, con el fin de anticiparse mejor a intentos de evasion

[24], [30].

Finalmente, varios autores coinciden en la necesidad de estandarizar las evaluaciones con bases de datos públicas y escenarios más realistas, como el análisis en tiempo real o en ambientes de producción [22]. Esto permitirá comparar enfoques de manera justa y avanzar hacia soluciones que sean realmente útiles y aplicables en la práctica cotidiana. En conjunto, las tendencias apuntan a un futuro en el que la detección de ransomware será más rápida, confiable y fácil de integrar en los sistemas de ciberseguridad existentes.

Conclusiones

El análisis realizado permitió establecer que el aprendizaje automático constituye una de las herramientas más prometedoras para la detección de ransomware, al superar las limitaciones de los métodos tradicionales basados en firmas y ofrecer mayor capacidad de adaptación frente a variantes emergentes. Los resultados evidencian que algoritmos como Random Forest, Gradient Boosting y redes neuronales profundas destacan por su precisión y robustez, especialmente cuando se aplican en esquemas híbridos o combinados con técnicas de inteligencia artificial explicable.

Asimismo, se identificó que la tendencia de la investigación se orienta hacia soluciones que integren rapidez, confiabilidad y transparencia, con aplicaciones en entornos críticos como la nube, IoT industrial y sistemas médicos. Este panorama confirma que no existe un único método capaz de abordar la complejidad del ransomware, sino que la combinación de modelos y el desarrollo de enfoques innovadores representan el camino más viable para fortalecer la ciberseguridad.

Finalmente, el trabajo contribuye a consolidar una visión integrada del estado actual de la detección de ransomware basada en aprendizaje automático, lo que abre la posibilidad de diseñar estrategias más efectivas y adaptativas. Futuras investigaciones deberían centrarse en la validación de estos enfoques en escenarios reales, con bases de datos estandarizadas y sistemas en tiempo real, a fin de garantizar su aplicabilidad práctica y su impacto positivo en la protección de infraestructuras digitales.

Contribución de Autoría

Avila Reyes Luis Fernando: Conceptualización, Investigación, Metodología, Análisis formal, Validación, Visualización, Redacción - borrador original.

Galvez Carrillo Kevin Eduardo: Conceptualización, Investigación, Metodología, Análisis formal, Validación, Visualización, Redacción - borrador original.

Mendoza De Los Santos Alberto Carlos: Supervisión, Administración de proyectos, Escritura, revisión y edición.

Referencias

[1] K. Basu, P. Krishnamurthy, F. Khorrami, and R. Karri, "A theoretical study of hardware performance counters-based malware detection," *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 15, pp. 512–525, 2019.

[2] B. A. S. Al-rimy, M. A. Maarof, and S. Z. M. Shaid, "Ransomware threat success factors, taxonomy, and countermeasures: A survey and research directions," *Computers & Security*, vol. 74, pp. 144–166, 2018.

[3] D. M. Nicol, "The ransomware threat to energy-delivery systems," *IEEE Security & Privacy*, vol. 19, no. 3, pp. 24–32, 2021.

[4] C. Mingcan, F. Jiang, and R. Doss, "Ransoguard: un marco basado en rnn que aprovecha las api sensibles previas al ataque para la detección temprana de ransomware," *Computadoras y seguridad*, vol. 150, p. 104293, 2025.

[5] M. Rele, J. Samuel, D. Patil, and U. Krishnan, "Explorando la detección de ransomware basada en inteligencia artificial y aprendizaje automático," *Procedia Ciencias de la Computación*, vol. 252, pp. 548–556, 2025.

[6] P. O'Kane, S. Sezer, and D. Carlin, "Evolution of ransomware," *IET Networks*, vol. 7, no. 5, pp. 321–327, 2018.

[7] E. Berrueta, D. Morato, E. Magaña, and M. Izal, "A survey on detection techniques for cryptographic ransomware," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 144 925–144 944, 2019.

[8] B. Cui, Y. Hu, T. Qub, Y. He, and L. Sun, "Un nuevo enfoque de detección de ransomware de día cero basado en cvae y 1d-cnn," *Computación de alta confianza*, vol. 5, no. 4, p. 100338, 2025.

[9] C. Mingcan, X. Deng, F. Jiang, and R. Doss, "Zero-ran sniff: un método de detección temprana de ransomware de día cero basado en el aprendizaje de disparo cero," *Computadoras y seguridad*, vol. 142, p. 103849, 2024.

[10] J. Von, C. Feng, A. Huertas, R. Oles, G. Bovet, and B. Stiller, "Guardfs : un sistema de archivos para la detección y mitigación integradas de ransomware basado en linux," *Revista de Seguridad de la Información y Aplicaciones*, vol. 93, p. 104078, 2025.

[11] C. Beaman, A. Barkworth, T. D. Akande, S. Hakak, and M. K. Khan, "Ransomware: Recent advances, analysis, challenges and future research directions," *Computers & Security*, vol. 111, p. 102490, 2021.

[12] S. Razaulla, C. Fachkha, C. Markarian, A. Gawanmeh, W. Mansoor, B. Fung, and C. Assi, "The age of ransomware: A survey on the evolution, taxonomy, and research directions," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 40 698–40 723, 2023.

[13] J. Ispahany, R. Islam, Z. Islam, and A. Khan, "Detección de ransomware mediante aprendizaje automático: una revisión, limitaciones de la investigación y futuras direcciones," *IEEE Xplore*, vol. 12, pp. 68 785–68 813, 2024.

[14] I. Almomani, R. Qaddoura, M. Habib, S. Alsoghyer, A. A. Khayer, I. Aljarah, and H. Faris, "Detección de ransomware en android basada en un enfoque evolutivo híbrido en el contexto de datos altamente desequilibrados," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 57 674–57 691, 2021.

[15] A. Gajjar, P. Kashyap, A. Aysu, P. Franzon, Y. Choi, C. Cheng, G. Pedretti, and J. Ignowski, "Rd-faxid: Detección de ransomware con xgboost acelerado por fpga," *ACM Digital Library*, vol. 17, no. 4, pp. 1936–7406, 2024.

[16] A. Alvi and Z. Jalil, "Xrguard: Un enfoque independiente del modelo para la detección de ransomware mediante análisis dinámico e ia explicable," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 53 159–53 170, 2025.

[17] M. J. Page, J. E. McKenzie, P. M. Bossuyt, I. Boutron, T. C. Hoffmann, C. D. Mulrow, L. Shamseer, J. M. Tetzlaff, E. A. Akl, S. E. Brennan, R. Chou, J. Glanville, J. M. Grimshaw, and A. Hróbjartsson, "Declaración prisma 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticasthe prisma 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews," *Revista Española de Cardiología*, vol. 74, no. 11, pp. 790–799, 2021.

[18] A. Hossain, T. Hasan, F. Ahmed, S. Hasib, M. Hasan, and A. Haque, "Hacia una detección superior de ransomware en android: una perspectiva de aprendizaje automático conjunto," *Ciberseguridad y aplicaciones*, vol. 1, p. 100076, 2025.

[19] M. Azeem, D. Khan, S. Iftikhar, S. Bawazeer, and M. Alzahrani, "Análisis y comparación de la eficacia de la detección de malware: un estudio de enfoques de aprendizaje automático," *Heliyon*, vol. 10, no. 1, p. 23574, 2024.

[20] M. Sibtain, M. Hussain, Q. Riaz, S. Qadir, N. Riaz, and K.-H. Jung, "Detección de ransomware para android robusta y ligera mediante análisis de comportamiento y reducción de características," *Computadoras, materiales y continua*, vol. 84, no. 3, pp. 5177–5199, 2025.

[21] A. Arabo, R. Dijoux, T. Poulain, and G. Chevalier, "Detecting ransomware using process behavior analysis," *Procedia Computer Science*, vol. 168, pp. 289–296, 2020.

[22] A. Almashhadani, D. Carlin, M. Kaiiali, and S. Sezer, "Mfmcns: a multi-feature and multi-classifier network-based system for ransomworm detection," *Computers & Security*, vol. 121, p. 102860, 2022.

[23] A. Singh, H. A. Abosaq, S. Arif, Z. Mushtaq, M. Irfan, G. Abbas, A. Ali, and A. A. Mazroa, "Securing cloud-encrypted data: Detecting ransomware-as-a-service (raas) attacks through deep learning ensemble," *Computers, Materials & Continua*, vol. 79, no. 1, pp. 857–873, 2024.

[24] S. H. Kok, A. Abdullah, and N. Z. Jhanjhi, "Early detection of crypto-ransomware using pre-encryption detection algorithm," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 34, no. 5, pp. 1984–1999, 2022.

[25] F. Khan, C. Ncube, L. K. Ramasamy, S. Kadry, and Y. Nam, "A digital dna sequencing engine for ransomware detection using machine learning," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 119 710–119 719, 2020.

[26] M. L. Hernandez-Jaimes, A. Martínez-Cruz, K. A. Ramírez-Gutiérrez, and E. Guevara-Martínez, "Enhancing machine learning approach based on nilsimsa fingerprinting for ransomware detection in iomt," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 153 886–153 897, 2024.

[27] M. Al-Hawawreh, E. Sitnikova, and N. Aboutorab, "Asynchronous peer-to-peer federated capability-based targeted ransomware detection model for industrial iot," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 148 738–148 755, 2021.

[28] D. B. Oh, D. Kim, D. Kim, and K. H. Kim, "volgpt: Evaluation on triaging ransomware process in memory forensics with large language model," *Forensic Science International Digital Investigation*, vol. 49, p. 301756, 2024.

[29] H. Kabuye, B. Issac, R. Yumlembam, and J. Neera, "Explainable and uncertainty aware ai-based ransomware detection," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 106 573–106 589, 2025.

[30] J. E. Hill, T. O. Walker, J. A. Blanco, R. W. Ives, R. Rakvic, and B. Jacob, "Ransomware classification using hardware performance counters on a non-virtualized system," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 63 865–63 884, 2024.

[31] U. Tariq, "Combatir el ransomware en entornos de iot industriales activados por zephyros," *Heliyon*, vol. 10, no. 9, p. e29917, 2024.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 207-226
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Artículos de revisión
Temática: Tecnologías de la información y las comunicaciones
Recibido: 14/12/2025 | Aceptado: 5/2/2026 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a315
ARK: ark:/42411/s29.a315

Impacto de Tecnologías de la Información en la cadena de suministros agropecuaria. Una revisión bibliográfica

Impact of Information Technologies in the Agricultural Supply Chain: A bibliographical review

José Manuel Cedano Romero[1][0000-0001-6740-3769]*, **Jorge Luis Alfaro Rosas**[2][0000-0002-6882-5047], **Cristian Alfredo Miñano Rodríguez**[3][0009-0004-2800-0405]

[1]Universidad Nacional de Trujillo. Perú.. jcedanor@unitru.edu.pe
[2]Universidad Nacional de Trujillo. Perú.. jlalfaror@unitru.edu.pe
[3]Universidad Nacional de Trujillo. Perú.. cminanor@unitru.edu.pe

*Autor para correspondencia: jcedanor@unitru.edu.pe

Resumen
El estudio analizó el impacto de las tecnologías de la información (TI) IoT, blockchain, big data, inteligencia artificial y computación en la nube en la gestión de la cadena de suministro agropecuaria durante los años 2015-2025. Mediante una revisión sistemática conforme a la declaración PRISMA, se consultaron las bases de datos Scopus, Web of Science, SciELO y Redalyc; se definieron descriptores combinados sobre TI y logística agropecuaria, y se aplicaron criterios de inclusión/exclusión rigurosos. De 1034 registros iniciales se seleccionaron 59 artículos pertinentes. Los resultados evidenciaron que la integración de sensores, analítica y contratos inteligentes mejora la trazabilidad, reduce pérdidas y facilita decisiones en tiempo real; la combinación blockchain-IoT refuerza la transparencia, mientras que la analítica de big data disminuye desperdicios. Las etiquetas tiempo temperatura extienden la vida útil de productos cárnicos, optimizando recursos. No obstante, persisten barreras de infraestructura, costos y capacidades especialmente en pymes que limitan la adopción y generan asimetrías frente a grandes empresas. Se concluye que la convergencia de TI constituye una palanca estratégica para cadenas de suministro agropecuarias más eficientes, resilientes y sostenibles; su plena materialización exige políticas de apoyo, estandarización de datos y programas de capacitación

Palabras claves: Agropecuario; Blockchain; Cadena de suministro; IoT; Trazabilidad

Abstract
This systematic review examined the impact of information technologies (IT) including IoT, blockchain, big data, artificial intelligence and cloud computing on agricultural supply-chain management between 2015 and 2025. Following PRISMA guidelines, searches in Scopus, Web of Science, SciELO and Redalyc combined descriptors for IT and agri-food logistics; rigorous inclusion/exclusion criteria reduced 1,034 records to 59 peer-reviewed articles. Evidence shows that IT enhances traceability, curbs losses and supports real-time decision making through sensors, analytics and smart contracts; blockchain-IoT synergies strengthen transparency, big-data analytics mitigates food waste, and time-temperature indicators extend meat shelf life. Nevertheless, infrastructural, financial and skill-related barriers—particularly in small and medium enterprises—hamper adoption and create gaps relative to large firms. It is therefore proposed that converging digital technologies represent a strategic lever for more efficient, resilient and sustainable agri-food supply chains, provided that supportive

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 207-226
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

policies, data standards and capacity-building programmes are enacted

Keywords: *Agricultural supply chain; Blockchain; Digital transformation; IoT; Traceability*

Introducción

En la actualidad, las cadenas de suministro enfrentan presiones crecientes para mejorar su eficiencia, adaptabilidad y sostenibilidad, especialmente en sectores sensibles como el agropecuario; en este contexto, las tecnologías de la información (TI) como el Internet de las Cosas (IoT), blockchain, inteligencia artificial (IA), sistemas ERP y computación en la nube (iCloud), han emergido como herramientas clave para fortalecer la gestión de la cadena de suministro, logrando una mejor coordinación entre actores, mayor trazabilidad de los productos, y una toma de decisiones en tiempo real basada en datos, permitiendo reducir tiempos operativos, mitigar riesgos, optimizar el uso de recursos y aumentar la competitividad, especialmente en entornos donde las condiciones climáticas y de mercado son altamente variables, por ello, su uso representa no solo una ventaja táctica, sino una necesidad estratégica ante los desafíos actuales y futuros del sector agropecuario [1].

En [2], destacan como las tecnologías como IoT, blockchain y big data vienen transformando la gestión de la cadena de suministro en el sector agroalimentario, mejorando la trazabilidad, transparencia y eficiencia operativa, gracias a la automatización de procesos clave, reducción de errores humanos y una mayor conectividad funcional entre sistemas empresariales, optimizando la coordinación entre productores, distribuidores y consumidores del sector agrícola y alimentario. Por otro lado, en [3] mencionan que las tecnologías emergentes como blockchain e IoT han demostrado capacidad para mejorar la eficiencia, la seguridad y la trazabilidad en la cadena agroalimentaria, sin embargo, señalan barreras como la falta de infraestructura, limitación técnica y déficit de regulación, en concordancia con [4] que evidencian un crecimiento temático en la adopción de blockchain en cadenas de suministro agrícolas. Por ejemplo, desde la perspectiva del IoT aplicado, se han documentado sistemas de monitoreo de cultivos, uso eficiente de agua y fertilizantes, y mejoras en la toma de decisiones automatizada mediante sensores y análisis de datos predictivo [5].

Según Zheng [6], se analizaron aplicaciones de blockchain en infraestructuras agrícolas críticas, destacando su potencial para mejorar la confiabilidad y seguridad de los sistemas alimentarios, gracias a la integración de los datos, optimización en el monitoreo de procesos y fortalecimiento de la resiliencia operativa ante eventos disruptivos, especialmente en sectores como producción, distribución y almacenamiento de alimentos. Por otro lado, la integración de tecnologías de información y comunicación como blockchain, big data, IA, IoT y cloud computing, juega un rol decisivo para enfrentar desafíos climáticos y satisfacer la creciente demanda global de alimentos, haciendo cadenas de suministros agropecuarias más inteligentes, resilientes y sostenibles, al mejorar

la seguridad alimentaria, la eficiencia operativa, y promover la descarbonización del sistema productivo [7]. Por ello, desde una perspectiva integral, Ellahi [8] argumenta que la adopción de tecnologías como blockchain en las cadenas agroalimentarias no solo permite optimizar los procesos operativos al mejorar la trazabilidad, la seguridad y la autenticidad de los datos, sino también promueve entornos colaborativos más transparentes, reduce la vulnerabilidad a fraudes, favorece la automatización eficiente de tareas, pero sobre todo fortalece la confianza del consumidor agropecuario en mercados globales cada vez más exigentes y conscientes.

Ante este panorama, en el que las tecnologías de la información demuestran un papel decisivo tanto en la eficiencia operativa como en el posicionamiento estratégico de las cadenas agropecuarias, resulta necesario consolidar el conocimiento existente y sistematizar la evidencia científica que respalde su aplicación, por ello en base en lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el impacto de las tecnologías de la información en la gestión de la cadena de suministro de empresas agropecuarias, según la literatura científica entre 2015 y 2025?, en consecuencia, el objetivo central de esta investigación es: Analizar el impacto de las tecnologías de la información en la gestión de la cadena de suministro en empresas agropecuarias, a partir de la evidencia científica publicada entre 2015 y 2025. Por lo tanto, la presente investigación no solo busca presentar avances en la aplicación de las tecnologías de la información en las cadenas de suministro de empresas agropecuarias, sino también realizar un análisis de los retos y limitaciones que se asocian a este tipo de implementaciones, que sirvan como marco de referencia para organizaciones empresariales que deseen mejorar la gestión de sus cadenas de suministro, aprovechando las oportunidades que ofrecen para el sector agropecuario.

Materiales y métodos o Metodología computacional

El tipo de estudio considerado en el presente trabajo de investigación fue la revisión sistemática de la literatura científica. Las revisiones sistemáticas constituyen resúmenes claros y estructurados de la información disponible, orientados a responder una pregunta específica. Al estar conformadas por múltiples artículos y fuentes de información, representan el nivel más alto de evidencia dentro de la jerarquía correspondiente. En este contexto, la declaración PRISMA 2020 (Figura 1) está diseñada para ser utilizada en revisiones sistemáticas incluyen síntesis (por ejemplo, metaanálisis de comparaciones por pares u otros métodos de síntesis estadística), así como en aquellas que no incorporan síntesis, especialmente cuando solo se identifica un estudio elegible.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 207-226
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

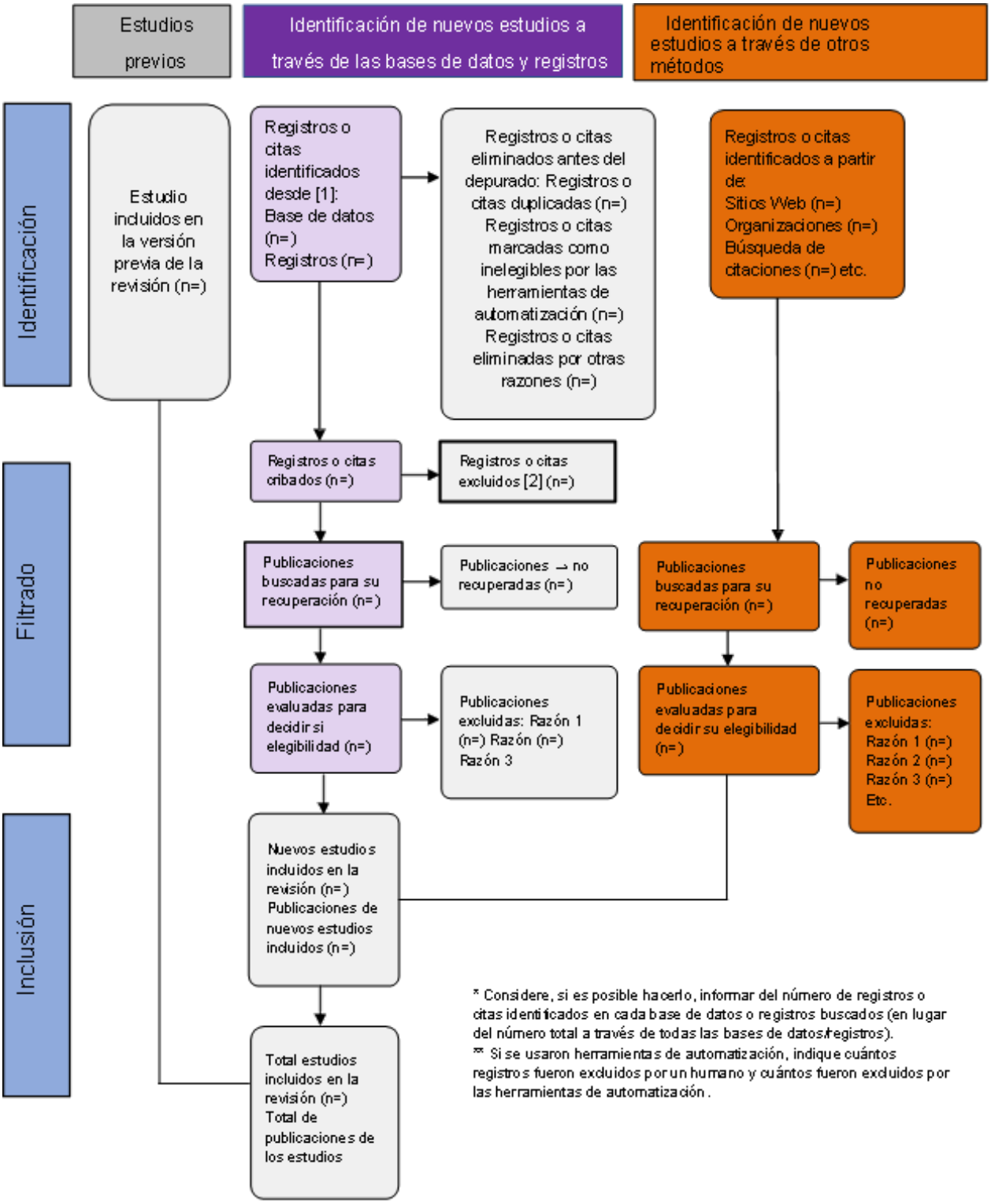


Figura 1. Diagrama de Flujo PRISMA 2020

Nota. Gráfico ajustado por Yepes et al. (2021). Los cuadros de color anaranjado solamente se deberán acatar si son aplicables; en caso contrario, deben suprimirse del esquema de flujo. Tener en cuenta que un informe puede ser un artículo científico, una tesis, un escrito original, un escrito ministerial u otro informe que aporte investigación relevante.

El proceso de búsqueda de los artículos para su selección se basó en cuatro bases de datos accesibles en la web, siendo estas SCOPUS, SCIELO, REDALYC Y WEB OF SCIENCE. Para que este proceso tenga una mejor orientación, se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los principales avances de las tecnologías de la información en las cadenas de suministro agropecuarias?, luego durante el proceso de búsqueda se plantearon otras preguntas complementarias y de importancia para fortalecer esta revisión de literatura, las cuales fueron: ¿Cuáles son las aplicaciones tecnológicas más frecuentes y efectivas en las cadenas de suministro agropecuaria?¿Cuál es el impacto de la aplicación de las tecnologías de la información en las cadenas de suministro agropecuarias?

La estrategia de búsqueda empleada para la identificación de artículos consistió en introducir palabras clave como tecnologías de la información, sistemas de información, cadena de suministro, logística, agropecuario y agroindustria. Además, se utilizaron operadores booleanos como AND y OR, para refinar y ampliar los resultados obtenidos. Asimismo, se aplicó un filtro temporal que abarcó estudios publicados entre los años 2015 y 2025. Solo se consideraron aquellos artículos indexados que contaban con su respectivo DOI. Para poder realizar una búsqueda de literatura científica más refinada, se estableció un protocolo mediante la combinación de palabras clave y operadores booleanos, los cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Ecuación de búsqueda por fuente de búsqueda

Fuente de Búsqueda	**Cadena de búsqueda**
Scopus	(TITLE-ABS-KEY ((ïnformation technology.ºR ïnformation systems.ºR "digital technologies")) AND TITLE-ABS-KEY (("supply chain.ºR "logistics.ºR "supply chain management")) AND TITLE-ABS-KEY ((.ªgriculture.ºR .ªgribusiness.ºR .ªgri-food"))) AND PUBYEAR ¿2014 AND PUBYEAR ¡2026 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , .ªr"))
Web of Science	("technologies of information.ºR ïnformation systems.ºR "digital technologies") AND ("supply chain.ºR "logistics.ºR "supply chain management") AND (.ªgriculture.ºR .ªgribusiness.ºR .ªgri-food") Refinado por: AÑOS: 2015–2025, Document: Article
Scielo	("tecnologías de la información.ºR TIC OR "tecnologías digitales.ºR "sistemas de información") AND (çadena de suministro.ºR "logística agropecuaria.ºR "supply chain") AND (.ªgropecuaria.ºR .ªgrícola.ºR .ªgroindustrial.ºR .ªgronegocios")
Redalyc	("tecnologías de la información.ºR "tecnologías digitales.ºR TIC OR "sistemas de información") AND (çadena de suministro.ºR "logística agroindustrial.ºR çadena de valor.ºR "supply chain") AND (.ªgropecuaria.ºR .ªgroindustrial.ºR "trazabilidad agrícola.ºR IOT OR .ªgronegocios")

Criterios de inclusión y exclusión

Se determinaron y aplicaron los siguientes criterios de inclusión: estudios de revisión que aborden la implementación de tecnologías de información en empresas agropecuarias, investigaciones que analicen el impacto, los beneficios o las limitaciones de las tecnologías de información en la cadena de suministro, Artículos publicados en revistas indexadas entre los años 2015 y 2025; por otro lado, como criterios de exclusión se estableció no considerar: investigaciones centradas exclusivamente en tecnologías agropecuarias o agroindustriales sin relación con la cadena de suministro, estudios fuera del ámbito agropecuario o agroindustrial (por ejemplo, manufactura o retail), y trabajos sin acceso al texto completo o que no hayan sido sometidos a revisión por pares, en la tabla 2 se puede apreciar de manera precisa los criterios de exclusión más específicos.

Tabla 2. Criterios de Exclusión

N°	Criterios de exclusión
CE1	Artículo que no sean de revisión
CE2	Artículos repetidos
CE3	Artículos que no cuentan con DOI
CE4	Artículos con más de 5 años de antigüedad
CE5	Artículos que no tengan relación con las variables de investigación

Nota. CE = Criterio de exclusión

Proceso de Recolección de la información

La recopilación de datos se llevó a cabo a partir de una pregunta de investigación, utilizando términos clave como tecnologías de la información, sistemas de información, cadena de suministro, logística, agropecuario y agroindustria. Para garantizar una búsqueda más precisa y transparente, se combinaron estas palabras clave en distintos formatos dentro de motores de búsqueda académicos (Tabla 1). Las fuentes consultadas incluyeron plataformas reconocidas como Scopus, Scielo, Redalyc y WoS. Una vez obtenidos los resultados, los artículos fueron revisados cuidadosamente para eliminar duplicados y seleccionar aquellos que guardaban relación directa como el tema de estudio. Se descartaron documentos con escasa relevancia, que no fueran publicaciones científicas como revistas o libros, y se verificó el año de publicación y su vinculación con las variables de investigación. Al inicio se encontraron 1034 artículos, pero al tratarse de una numerosa cantidad, se filtraron 586 artículos que fueron eliminados por no cumplir con ser de revisión, no sean de libros y revistas, y no estar en el rango del 2015 y 2025. En la Figura 1 se puede visualizar la composición de los artículos recolectados en la primera etapa por tipos de base de datos.

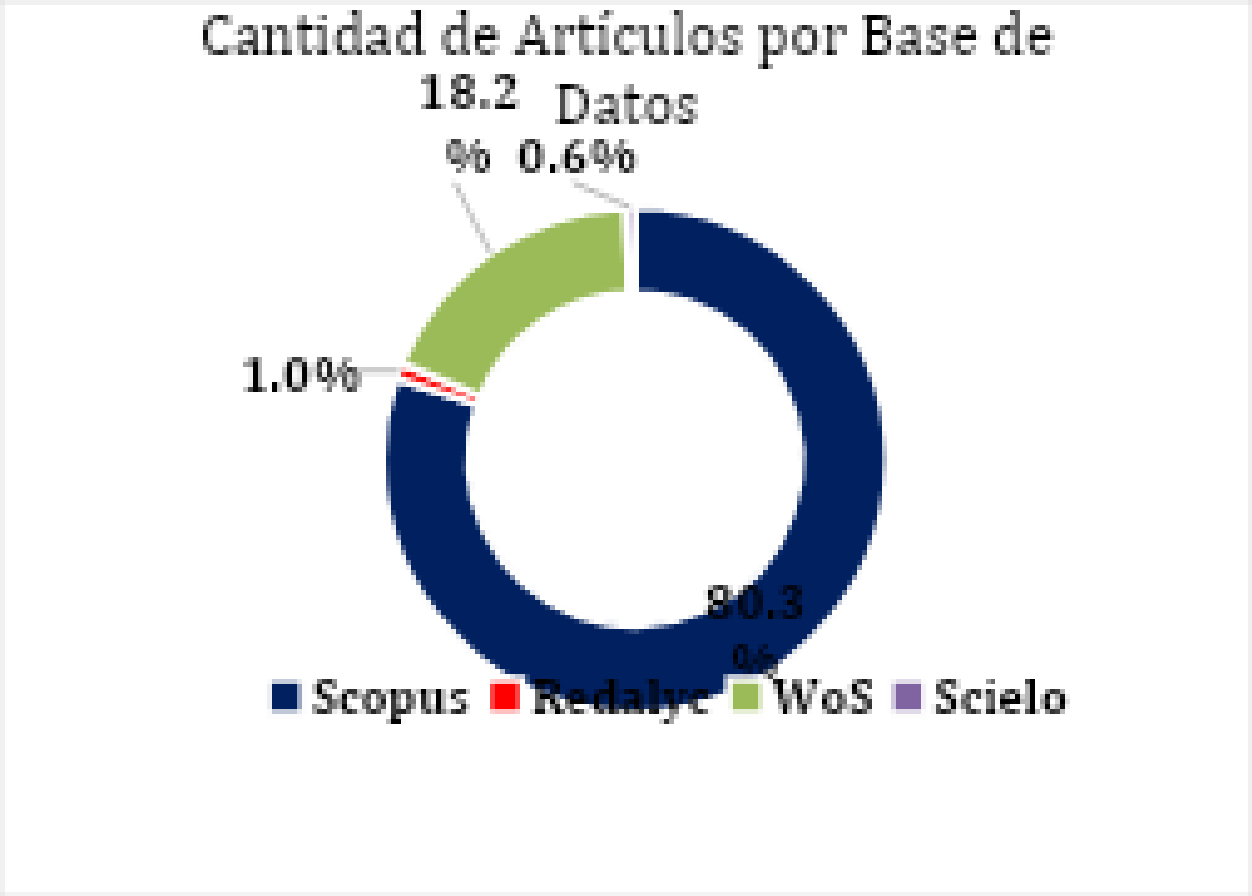


Figura 2. Porcentaje de artículos recogidos por base de datos. Elaboración propia.

Como resultado de la primera depuración, tenemos 448 artículos filtrados, de los cuales se eliminaron 145 artículos por no cumplir con los criterios de calidad (CE) como: ser repetidos, ser mayor de los cinco años de antigüedad y aquellos artículos que no tienen DOI, obteniendo 303 artículos filtrados. Finalmente, en una segunda depuración, tomando como criterio artículos que no tengan relación con las variables o no estén dentro del alcance del estudio, se excluyeron 244 artículos, resultando 59 artículos de forma general que cumple con los criterios de selección establecidos. En la tabla 3, se detallan los artículos por cada base de datos tomados como referencia.

Tabla 3. Artículos depurados empleando criterios de inclusión y exclusión

Base de Datos	**Artículos encontrados**	**Aplicando la primera depuración**	**Aplicando la segunda depuración**
Scopus	830	306	33
WoS	188	136	24
Scielo	6	2	1
Redalyc	10	4	1
Total	**1034**	**448**	**59**

En la figura 2, se puede observar el proceso de identificación, filtrado e inclusión de los artículos examinados conforme a los criterios de calidad, exclusión e inclusión, sumado a la perspectiva de impacto del uso de las tecnologías de información en las cadenas de suministro agropecuarias.

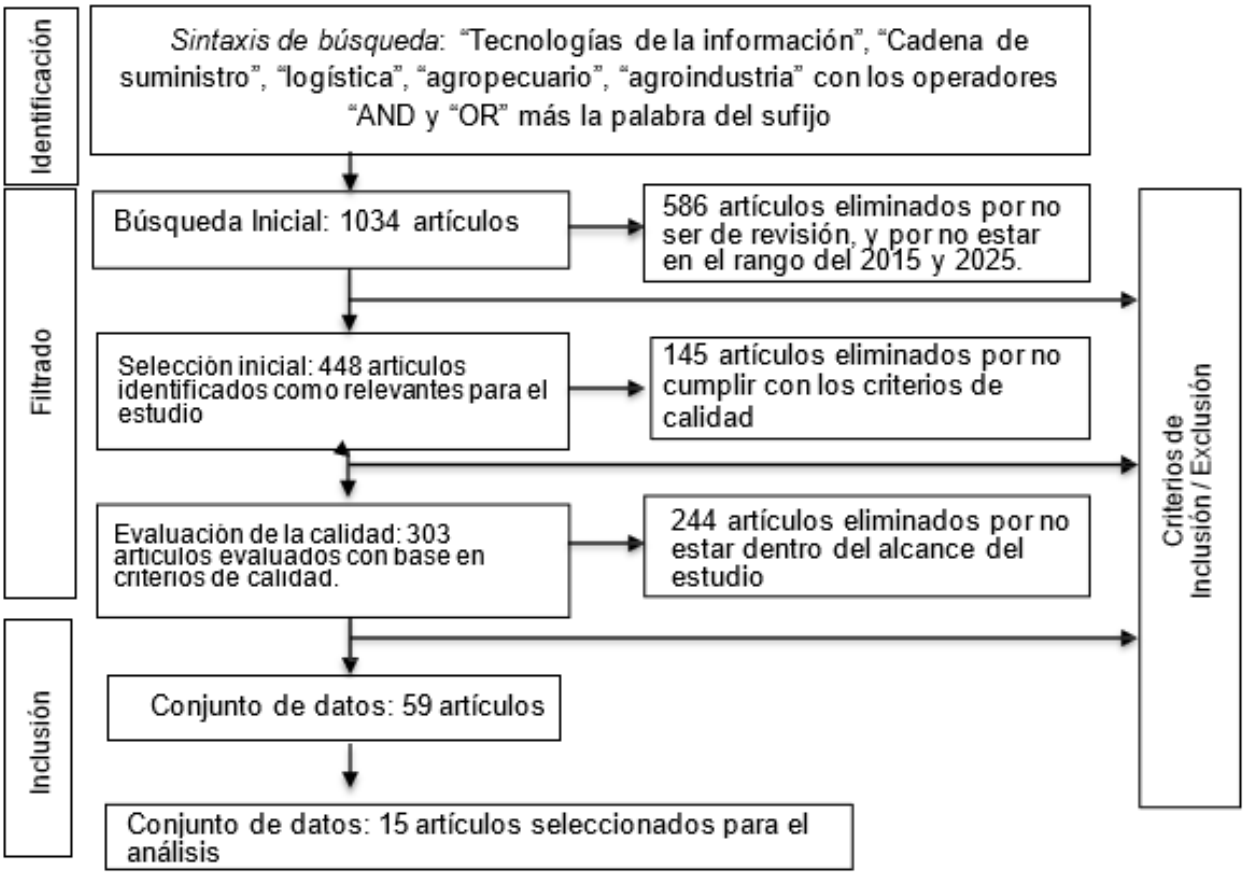


Figura 3. Proceso de extracción de información

Resultados y discusión

El resultado de la búsqueda de artículos en las bases de datos con el uso de los motores de búsqueda arrojó 59 artículos originales, tomando como período de inclusión desde el 2020 hasta el año 2025, de los cuales se encontró mayor cantidad en la base de datos SCOPUS con un total de 33 artículos, además de otras bases de datos como: WEB OF SCIENCE, 24 artículos; SCIELO, 1 artículo y REDALYC 1 artículo.

Con los 59 artículos seleccionados, su usó el software VOSViewer, el cual permitió identificar las palabras clave más importantes entre los artículos de esta muestra, como lo refleja la Figura 3, en la que las palabras más importantes son: blockchain, supply chain, digital technologies, internet of things, sustainability, big data, industry 4.0.

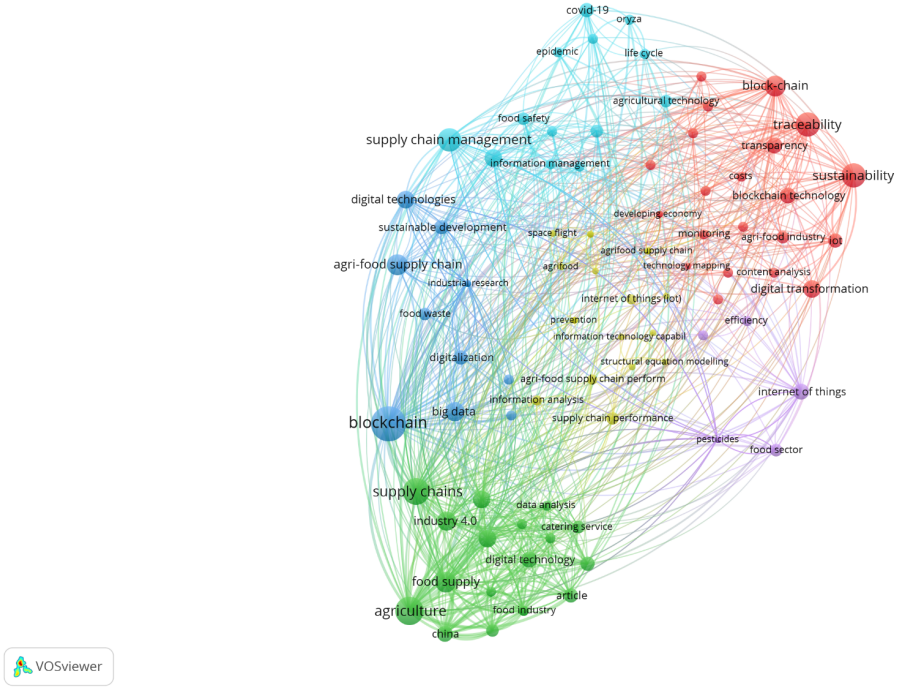


Figura 4. Gráfico de las palabras claves utilizando VOSViewer

Algunos de los artículos con mayor relevancia se muestran resumidos en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4. Análisis de los artículos académicos

ID	Autor del Artículo	Resultados
P1	Ouro-Salim O., Guarnieri P., Leitão F.O. (2023)	El uso de Big Data en la gestión de la cadena de suministro agropecuaria permite reducir el desperdicio de alimentos mediante la optimización de procesos, la mejora en la toma de decisiones y la colaboración entre actores, aunque su aplicación aún es limitada y requiere mayor integración con tecnologías emergentes como IoT para lograr cadenas más sostenibles y eficientes.

ID	Autor del Artículo	Resultados
P2	Vasileiou, M et al. (2025)	La revisión evidencia que el uso de blockchain en empresas agropecuarias mejora la trazabilidad, seguridad y eficiencia de la cadena de suministro, al integrar tecnologías como IoT y contratos inteligentes, aunque enfrenta desafíos de interoperabilidad y adopción.
P3	Giannini V., Lacobucci D., Orci M. (2025)	El estudio muestra que la adopción de blockchain en empresas agroalimentarias italianas es limitada, a pesar de sus beneficios para la trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro, siendo más común en empresas grandes y grupos empresariales, mientras que la antigüedad y el rendimiento empresarial reducen su uso, lo que evidencia la necesidad de políticas industriales eficaces para fomentar el uso de blockchain, especialmente entre pequeñas y medianas empresas del sector agropecuario.
P4	Waldhans, C et al. (2025)	El estudio demuestra que la implementación de una app basada en indicadores tiempo-temperatura (TTI) permite predecir en tiempo real la vida útil de productos cárnicos como la salchicha de cerdo, mejorando la gestión de la cadena de suministro agropecuaria. Los resultados muestran una alta correlación entre el crecimiento microbiano y la decoloración del TTI, validando su uso como herramienta de monitoreo. Aunque se requieren ajustes técnicos para mejorar la precisión en condiciones de baja temperatura, el sistema ofrece potencial para reducir el desperdicio de alimentos, optimizar recursos y avanzar hacia cadenas más sostenibles.
P5	Senturk S., Senturk F., Karaca H. (2023)	El estudio concluye que las tecnologías IoT mejoran la trazabilidad, eficiencia y sostenibilidad en la cadena agroalimentaria, aunque su adopción enfrenta desafíos técnicos, económicos y operativos que requieren apoyo institucional y capacitación especializada.

ID	Autor del Artículo	Resultados
P6	Granillo-Macías R., González Hernández I.J., Olivares-Benítez E. (2024)	El estudio demuestra que el uso de blockchain en la cadena de suministro agroalimentaria permite mejorar la trazabilidad, reducir costos y eliminar intermediarios mediante contratos inteligentes y sistemas de información geográfica participativos. A través de un caso práctico, se evidencia que esta tecnología facilita la integración de actores logísticos y optimiza la distribución, contribuyendo a una gestión más eficiente, transparente y colaborativa en empresas agropecuarias.
P7	Virmani, N & Singh, RK (2024)	El estudio identifica que la adopción de blockchain en la gestión de la cadena de suministro agropecuaria enfrenta barreras significativas, siendo la complejidad operativa y la falta de interoperabilidad las más críticas. Mediante un modelo matemático basado en métodos BWM y GTA, se concluye que los obstáculos tecnológicos tienen mayor intensidad, lo que limita la implementación efectiva de esta tecnología. Estos hallazgos permiten a los actores del sector diseñar estrategias para superar dichas barreras y avanzar hacia cadenas más transparentes, resilientes y trazables.
P8	Yap T.L. et al. (2025)	El estudio revela que la adopción de tecnologías de trazabilidad basadas en blockchain en la cadena de suministro frutícola en Vietnam está influenciada por factores como la confianza, la transparencia, el desempeño empresarial y el rol de las cooperativas, mientras que enfrenta barreras como baja alfabetización digital, cultura organizacional débil, altos costos y preocupaciones sobre privacidad de datos. Estos hallazgos, obtenidos mediante entrevistas a múltiples actores, destacan la importancia de diseñar estrategias adaptadas al contexto local para facilitar la implementación efectiva de estas tecnologías en economías en desarrollo.

ID	Autor del Artículo	Resultados
P9	Zeng M. & Lu J. (2021)	El estudio demuestra que las capacidades en tecnologías de la información (TI) tienen un impacto directo e indirecto significativo en el desempeño de la cadena de suministro agroalimentaria, al mejorar la comunicación, la coordinación y la integración entre empresas. A través de un modelo estructural aplicado a 265 firmas chinas, se confirma que las relaciones interorganizacionales basadas en confianza, compromiso y simetría de poder median positivamente el efecto de las capacidades TI sobre el rendimiento financiero, estratégico y de servicio de la cadena.
P10	Menon, S & Jain, K (2024)	El estudio analiza cómo la tecnología blockchain mejora la transparencia en la gestión de la cadena de suministro agroalimentaria, destacando su aplicación en distribución, origen y calidad de los alimentos. A través de 25 casos de uso, se demuestra que atributos como trazabilidad, inmutabilidad, auditabilidad y procedencia permiten rastrear productos en tiempo real, reducir fraudes, mejorar la seguridad alimentaria y fortalecer la confianza entre actores. Aunque su adopción enfrenta desafíos técnicos, económicos y regulatorios, blockchain ofrece un alto potencial para transformar las prácticas agropecuarias hacia sistemas más eficientes y confiables.
P11	Trevisan C. & Formentini M. (2024)	El estudio revela que las tecnologías digitales, especialmente IoT, plataformas digitales, blockchain, inteligencia artificial y big data, tienen un impacto significativo en la gestión de la cadena de suministro agropecuaria al contribuir a la prevención y reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos (FLW). Estas tecnologías permiten monitorear condiciones ambientales, optimizar procesos, mejorar la trazabilidad y facilitar la redistribución de excedentes alimentarios.

ID	Autor del Artículo	Resultados
P12	Dadi, V et al. (2021)	El estudio evidencia que la implementación de tecnologías de la información como IoT, inteligencia artificial, big data, blockchain, RFID y robótica en las empresas agropecuarias mejora significativamente la gestión de la cadena de suministro, al optimizar procesos, reducir desperdicios, aumentar la trazabilidad, fortalecer la seguridad alimentaria y facilitar la toma de decisiones en tiempo real, contribuyendo así a cadenas más eficientes, sostenibles y resilientes.
P13	Farina G. et al. (2025)	El estudio demuestra que la integración de tecnologías de la información como IoT, blockchain, inteligencia artificial y espacios de datos interoperables mejora significativamente la trazabilidad en la cadena de suministro agropecuaria, especialmente en el transporte y monitoreo de productos. A través de casos prácticos, se evidencia que estas tecnologías permiten la captura automatizada de datos, la verificación de calidad, la prevención de fraudes y el seguimiento del bienestar animal, fortaleciendo la transparencia, eficiencia y confianza entre los actores de la cadena, y contribuyendo a una gestión más segura y sostenible.
P14	David, A, Kumar, CG, Paul, PV (2022)	El estudio concluye que la tecnología blockchain mejora la gestión de la cadena de suministro agropecuaria al fortalecer la trazabilidad, reducir costos, agilizar procesos y aumentar la transparencia, especialmente en logística, almacenamiento e inventario, aunque enfrenta desafíos como el alto costo inicial y la falta de conocimiento técnico.

ID	Autor del Artículo	Resultados
P15	Zeng M. et al. (2025)	El estudio demuestra que las capacidades de tecnologías de la información (TI) no impactan directamente el desempeño de la cadena de suministro agropecuaria, pero sí lo hacen de forma indirecta mediante la mejora de las relaciones entre socios y el nivel de intercambio de información. A través de un análisis empírico con 350 empresas, se confirma que una mayor capacidad en infraestructura TI, talento humano y comunicación interna y externa fortalece la confianza, compromiso y cooperación entre socios, y facilita el flujo de información precisa y oportuna, lo que en conjunto mejora significativamente el rendimiento financiero, estratégico y de servicio en la cadena agroalimentaria.

El impacto de las tecnologías de la información en la cadena de suministro de empresas agropecuarias muestra el potencial de las tecnologías de la información (TI) para transformar la gestión de la cadena de suministro agropecuaria, aunque también revela notables asimetrías en su adopción y resultados. Este estudio respalda que las TI aportan mejoras tangibles a la eficiencia de la cadena agropecuaria. Así mismo pone en evidencia que el análisis de big data reduce las mermas ya que optimiza procesos y la toma de decisiones [9]. La combinación del blockchain e IoT afianza y refuerza la trazabilidad y la transparencia a lo largo del flujo de la cadena logística en las empresas [10], así mismo como los contratos inteligentes mejorarán los procesos y transacciones eliminando a los intermediarios [11]. En otra parte, podemos ver claramente que la implementación de los sensores tiempo-temperatura (TTI) y otros dispositivos IoT permiten no solo el monitoreo en tiempo real de las condiciones de producto, sino que nos anticipa los riesgos que podemos obviar, por ende, podemos alargar la vida útil [12].

Podemos ver que aún existen evidentes asimetrías entre grandes empresas y medianas y pequeñas empresas. Como por ejemplo en Italia, las empresas de mayor tamaño adoptan blockchain con más facilidad, mientras que las empresas de menores recursos limitan su uso [13]. Las barreras tecnológicas y la complejidad operativa e interoperabilidad son las más críticas [14]. En las economías emergentes, podemos apreciar que los factores socioculturales como la confianza condicionan la adopción, tal como se observa en el sector frutícola vietnamita [15]. El día de hoy podemos apreciar que las capacidades internas de TI no siempre generan impactos directos; tal es así que su efecto se mediatiza a través de relaciones interorganizacionales basadas en confianza

y comunicación [15]; [16]. Además, la digitalización integral IoT, plataformas, IA y big data contribuye a prevenir pérdidas y desperdicios de alimentos [17]; [18].

Un buen ejemplo que podemos apreciar es como la combinación de IoT, blockchain, IA y espacios de datos interoperables magnifica la trazabilidad, mejora la evidencia de calidad y alivia el bienestar animal durante el transporte [19]. Por último, podemos evidenciar que estos hallazgos evidencian que las arquitecturas híbridas de TI generan sinergias que ninguna tecnología aisladamente podría alcanzar.

Conclusiones

Las tecnologías de la información revisadas aportan mejoras medibles en términos de trazabilidad, eficiencia y sostenibilidad, configurándose como palancas estratégicas para la competitividad de las cadenas de suministro agropecuarias. Así mismo se cuenta aún con una brecha de adopción tecnológica, ya que aún persisten muchos desafíos estructurales, de costos, de infraestructura y sobre todo competencias que nos falta implementar para tener una cultura organizacional que permita a las pequeñas y medianas empresas capturar plenamente estos beneficios.

La presente investigación con revisión de literatura entre 2015 y 2025 en 4 bases de datos de revistas reconocidas, con base en los motores de búsqueda, permitieron encontrar 1038 artículos, de los cuales, mediante el uso de criterios de exclusión, se revisaron 59 artículos, seleccionando para los aportes solo 15 artículos.

La necesidad de integración y colaboración se convierte en un desafío importante para las cadenas de suministro agropecuarias, lo cual beneficia y permite lograr generación de valor, cuando las TI se implementan de forma convergente y apoyadas por alianzas público privadas que garanticen interoperabilidad, estándares de datos y financiación.

Por último, podemos concluir que se requieren más investigaciones y pilotos a escala que puedan medir el retorno de inversión, en donde se evalúen modelos de gobernanza de datos y exploren mecanismos de inclusión de pequeños productores. El desarrollo de políticas que subsidien infraestructura digital y programas de capacitación será clave para cerrar la brecha y materializar cadenas de suministro agropecuarias más inteligentes, resilientes y socialmente responsables.

Contribución de Autoría

José Manuel Cedano Romero: Conceptualización, Investigación, Metodología, Validación, Redacción - borrador original. Jorge Luis Alfaro Rosas: Conceptualización, Investigación, Metodología, Visualización, Escritura,

revisión y edición, Curación de datos. Cristian Alfredo Miñano Rodríguez: Conceptualización, Análisis formal, Supervisión, Redacción – borrador original.

Referencias

[1] M. Zeng, L. Wang, M. Zeng, and J. Lu, "Impact of information technology capabilities on agri-food supply chain performance," *Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, vol. 56, no. 6, 2025.

[2] S. A. Bhat, N. F. Huang, I. B. Sofi, and M. Sultan, "Agriculture-food supply chain management based on blockchain and iot: A narrative on enterprise blockchain interoperability," *Agriculture*, vol. 12, no. 1, p. 40, 2021.

[3] D. Cuellar and Z. Johnson, "Barriers to implementation of blockchain technology in agricultural supply chain," 2022. [Online]. Available: https://arxiv.org/pdf/2212.03302

[4] P. R. Srivastava, J. Z. Zhang, and P. Eachempati, "Blockchain technology and its applications in agriculture and supply chain management: a retrospective overview and analysis," *Enterprise Information Systems*, vol. 17, no. 5, 2023.

[5] W. Powell, M. Foth, S. Cao, and V. Natanelov, "Garbage in garbage out: The precarious link between iot and blockchain in food supply chains," *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 25, p. 100261, 2022.

[6] C. Zheng, X. Peng, Z. Wang, T. Ma, J. Lu, L. Chen, L. Dong, L. Wang, X. Cui, and Z. Shen, "A review on blockchain applications in operational technology for food and agriculture critical infrastructure," *Foods*, vol. 14, no. 2, p. 251, 2025.

[7] A. El Jaouhari, J. Arif, A. Samadhiya, F. Naz, and A. Kumar, "Exploring the application of icts in decarbonizing the agriculture supply chain: A literature review and research agenda," *Heliyon*, vol. 10, no. 8, p. e29564, 2024.

[8] R. M. Ellahi, L. C. Wood, and A. E. D. A. Bekhit, "Blockchain-driven food supply chains: A systematic review for unexplored opportunities," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 14, no. 19, p. 8944, 2024.

[9] O. Ouro-Salim, P. Guarnieri, and F. O. Leitão, "The use of big data to mitigate waste in agri-food supply chains," *World Food Policy*, vol. 9, no. 1, pp. 72–92, 2023.

[10] R. Granillo-Macías, I. J. González Hernández, and E. Olivares-Benítez, "Logistics 4.0 in the agri-food supply chain with blockchain: a case study," *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 27, no. 10, pp. 1766–1786, 2024.

[11] S. Menon and K. Jain, "Blockchain technology for transparency in agri-food supply chain: Use cases, limitations, and future directions," *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 71, pp. 106–120, 2024.

[12] C. Waldhans, A. Albrecht, R. Ibald, D. Wollenweber, and J. Kreyenschmidt, "Implementation of an app-based time-temperature-indicator system for the real-time shelf life prediction in a pork sausage supply chain," *Food Control*, vol. 168, 2025.

[13] V. Giannini, D. Iacobucci, and M. Orci, "The adoption of blockchain technology to support supply chain traceability in the agri-food industry: firm-level evidence from italy," *Journal of Industrial and Business Economics*, 2025.

[14] N. Virmani and R. K. Singh, "Analysis of barriers for adopting blockchain in agri-food supply chain management: a decision support framework," *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 41, no. 8, pp. 2122–2145, 2024.

[15] T. L. Yap, R. Nayak, N. T. H. Vu, D. T. Bui, T. T. T. Pham, and D. W. E. Allen, "Adopting blockchain-based traceability in the fruit supply chain in a developing economy: facilitators and barriers," *Information Technology and People*, vol. 38, no. 1, pp. 419–441, 2025.

[16] M. Zeng and J. Lu, "The impact of information technology capabilities on agri-food supply chain performance: the mediating effects of interorganizational relationships," *Journal of Enterprise Information Management*, vol. 34, no. 6, pp. 1699–1721, 2021.

[17] C. Trevisan and M. Formentini, "Digital technologies for food loss and waste prevention and reduction in agri-food supply chains: A systematic literature review and research agenda," *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 71, pp. 12 326–12 345, 2024.

[18] V. Dadi, S. R. Nikhil, R. S. Mor, T. Agarwal, and S. Arora, "Agri-food 4.0 and innovations: Revamping the supply chain operations," *Production Engineering Archives*, vol. 27, no. 2, pp. 75–89, 2021.

[19] G. Farina, A. Kocian, G. Brunori, S. Chessa, M. B. Lai, D. Nardi, C. Schifanella, S. Bonura, N. Masi, S. Comella, F. Ambrosino, A. Mariano, L. Colizzi, G. M. Dimitri, M. Gori, F. Scarselli, S. Bonomi, E. Almici, L. Antiga, and L. Moreschi, "Interoperable traceability in agrifood supply chains: Enhancing transport systems through iot sensor data, blockchain, and dataspace †," *Sensors*, vol. 25, no. 11, 2025.

[20] A. David, C. G. Kumar, and P. V. Paul, "Blockchain technology in the food supply chain: Empirical analysis," *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management*, vol. 15, no. 3, 2022.

[21] S. Senturk, F. Senturk, and H. Karaca, "Industry 4.0 technologies in agri-food sector and their integration in the global value chain: A review," *Journal of Cleaner Production*, vol. 408, 2023.

[22] M. Vasileiou, L. S. Kyrgiakos, C. Kleisiari, P. Z. Lappas, C. Tsinopoulos, G. Kleftodimos, A. Ntemou, D. Kateris, C. Moulogianni, and G. Vlontzos, "Digital transformation of food supply chain management using blockchain: A systematic literature review towards food safety and traceability," *Business and Information Systems Engineering*, 2025.

Revista Innovación y Software
Vol. 7, No. 1, Mes Marzo - Agosto, 2026
ISSN: 2708-0935
Pág. 227-239
https://revistas.ulasalle.edu.pe/innosoft

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

Tipo de artículo: Artículos de revisión
Temática: Inteligencia artificial
Recibido: 8/1/2026 | Aceptado: 10/3/2026 | Publicado: 30/3/2026

Identificadores persistentes:
DOI: 10.48168/innosoft.s29.a250
ARK: ark:/42411/s29.a250

Uso de la inteligencia artificial en la preservacion de ecosistemas y biodiversidad: Una Revisión Sistematica

Using artificial intelligence in the preservation of ecosystems and biodiversity: A systematic review

Fernando Marcelo Infante Villalobos[1][0009-0001-1945-4307]*, **Marcelino Torres Villanueva**[2][0000-0002-9797-1510]

[1]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. t033300420@unitru.edu.pe
[2]Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.. mtorres@unitru.edu.pe

*Autor para correspondencia: t033300420@unitru.edu.pe

Resumen
El uso de la inteligencia artificial (IA) en la preservación de ecosistemas y biodiversidad, destacando sus aplicaciones en el monitoreo de especies, predicción de cambios ecosistémicos, detección de actividades ilegales y educación ambiental. Se resaltan beneficios como el análisis rápido de datos, la restauración eficiente de ecosistemas y la colaboración global mediante plataformas integradas. Sin embargo, enfrenta desafíos como la falta de datos de calidad, infraestructura limitada y retos en la integración con métodos tradicionales. La IA, combinada con prácticas conservacionistas, tiene un gran potencial para transformar la gestión ambiental, siempre que se superen los obstáculos relacionados con acceso, formación y uso ético.

Palabras claves: biodiversidad, inteligencia artificial, ecosistema, contaminación.

Abstract
The use of artificial intelligence (AI) in the preservation of ecosystems and biodiversity, highlighting its applications in species monitoring, prediction of ecosystem changes, detection of illegal activities and environmental education. Benefits such as rapid data analysis, efficient ecosystem restoration and global collaboration through integrated platforms are highlighted. However, it faces challenges such as lack of quality data, limited infrastructure and challenges in integration with traditional methods. AI, combined with conservation practices, has great potential to transform environmental management, provided that obstacles related to access, training and ethical use are overcome.

Keywords: *biodiversity, artificial intelligence, ecosystem, pollution*

Introducción

La pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas representan algunos de los desafíos más apremiantes del siglo XXI. A medida que los impactos del cambio climático, la contaminación, y la expansión

humana en hábitats naturales se intensifican, se hace imprescindible encontrar soluciones innovadoras para mitigar estas problemáticas [1]. En este contexto, la inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta poderosa y versátil, capaz de transformar la forma en que abordamos la conservación de la naturaleza. Su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones complejos y optimizar procesos la posiciona como un aliado estratégico en la gestión de ecosistemas y la preservación de especies [2].

El uso de la IA en la conservación incluye aplicaciones tan diversas como el monitoreo de especies en peligro, la predicción de cambios en los ecosistemas, y la planificación de estrategias de restauración. Por ejemplo, algoritmos de aprendizaje automático han sido empleados para analizar grabaciones acústicas y detectar la presencia de aves o mamíferos en áreas protegidas [2,3]. Asimismo, tecnologías como redes neuronales y visión por computadora permiten identificar y rastrear especies a través de imágenes satelitales o cámaras trampa, generando datos que serían imposibles de procesar manualmente [4].

Además, la IA está desempeñando un papel crucial en la mitigación de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad. Herramientas basadas en aprendizaje profundo permiten modelar escenarios futuros y evaluar cómo las variaciones en temperatura, precipitación u otros factores climáticos pueden impactar la distribución de especies. Este enfoque predictivo facilita la toma de decisiones informadas para la implementación de estrategias de conservación adaptativa [3,5].

No obstante, la implementación de estas tecnologías también enfrenta desafíos significativos. Entre ellos, la falta de datos de calidad en muchas regiones biodiversas del planeta, especialmente en países en desarrollo, puede limitar la precisión de los modelos. Además, el costo y la complejidad técnica de estas herramientas pueden dificultar su adopción a gran escala, lo que subraya la necesidad de colaboraciones interdisciplinarias y el desarrollo de tecnologías más accesibles [6].

En este sentido, la combinación de IA con otros enfoques tradicionales de conservación, como el trabajo de campo y la participación de comunidades locales, es clave para maximizar su impacto. La integración de tecnologías inteligentes no busca reemplazar los métodos existentes, sino complementarlos, ofreciendo nuevas perspectivas y soluciones que antes no eran posibles. Esto resalta la importancia de la capacitación y sensibilización sobre el uso de la IA en la conservación, tanto para profesionales como para tomadores de decisiones [7].

Esta revisión sistemática tiene como objetivo analizar las principales aplicaciones de la inteligencia artificial en la preservación de ecosistemas y biodiversidad, destacando sus avances, beneficios, desafíos y oportunidades futuras. A través de la identificación de estudios relevantes, se busca proporcionar una visión integral del panorama actual y orientar futuras investigaciones en esta área interdisciplinaria.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó siguiendo el procedimiento PRISMA, una herramienta ampliamente utilizada para llevar a cabo revisiones sistemáticas en diversos campos del conocimiento, la aplicación rigurosa permite responder de manera objetiva y estructurada a las preguntas de investigación, minimizando sesgos y errores que podrían comprometer la validez de los resultados obtenidos. Este enfoque es particularmente relevante en la exploración de aplicaciones tecnológicas en la conservación de ecosistemas y biodiversidad [8].

La presente revisión tiene como propósito responder a tres preguntas de investigación, diseñadas para cumplir con el objetivo principal de analizar el uso de la inteligencia artificial en la preservación de ecosistemas y biodiversidad:

P1: ¿Cuáles son las aplicaciones más destacadas de la inteligencia artificial en la conservación de ecosistemas y biodiversidad? P2: ¿Qué beneficios se han identificado en el uso de la inteligencia artificial para la preservación de especies y hábitats? P3: ¿Cuáles son los principales desafíos y limitaciones asociados con la implementación de inteligencia artificial en este campo?

Para garantizar una selección rigurosa y relevante de estudios, se estableció un protocolo de revisión que incluyó la definición de estrategias de búsqueda, términos clave utilizados en las fuentes de datos, y los criterios de inclusión y exclusión. Este protocolo fue diseñado para recopilar información de alta calidad que permitiera responder a las preguntas de investigación de manera integral.

La estrategia de búsqueda se desarrolló con base en una cadena de búsqueda cuidadosamente elaborada, que incluyó un conjunto de palabras clave relacionadas con el uso de la inteligencia artificial en conservación, tales como: .ªrtificial intelligence AND biodiversity conservation", "machine learning AND ecosystem monitoring", y .ªI applications AND species preservation". Además, se aplicaron filtros específicos como el rango de años (2020-2024), el tipo de publicación (artículos revisados por pares) y el idioma (inglés y español).

La recopilación de datos se realizó a partir de bases de datos académicas de alto impacto, como Scopus, Scielo, Dialnet y Google Scholar. En cada una de estas fuentes se aplicaron los términos de búsqueda y filtros establecidos, asegurando la inclusión de estudios relevantes y actualizados. La Tabla 1 presenta un resumen de las fuentes consultadas, las palabras clave empleadas, y los filtros aplicados.

Finalmente, los criterios de inclusión se definieron para garantizar la relevancia y calidad de los estudios seleccionados. Solo se incluyeron artículos que abordaran aplicaciones prácticas de inteligencia artificial en la conservación de ecosistemas o biodiversidad, estudios publicados entre 2020 y 2024, y aquellos que proporcionaran datos empíricos o análisis teóricos significativos sobre el tema. Por otro lado, se excluyeron investigaciones

duplicadas, publicaciones sin acceso completo y estudios que no presentaran una relación directa con las preguntas de investigación.

Tabla 1. Resumen de fuentes consultadas

Base de datos	**Cadena de búsqueda**
Scopus	(TITLE-ABS-KEY(.ªrtificial intelligence.ºR "machine learning") AND TITLE-ABS-KEY("biodiversity conservation.ºR .ecosystem preservation.ºR "species monitoring.ºR "habitat protection"))
Scielo	inteligencia artificial y conservación de biodiversidad
Dialnet	aplicaciones de inteligencia artificial en la conservación de ecosistema
Google Scholar	("inteligencia artificial" OR "machine learning" OR "aprendizaje automático") AND ("conservación de biodiversidad" OR "preservación de ecosistemas" OR "monitoreo de especies" OR "protección de hábitats")

Criterios de exclusión e inclusion

Para asegurar la relevancia y calidad de los estudios incluidos en esta revisión sistemática, se definieron criterios específicos de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión permitieron seleccionar investigaciones actualizadas y directamente relacionadas con el uso de la inteligencia artificial en la preservación de ecosistemas y biodiversidad, mientras que los criterios de exclusión se emplearon para descartar estudios que no cumplían con estos parámetros o que podían afectar la validez de los hallazgos. Estos criterios están detallados a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios de exclusión e inclusión.

Criterios	**Descripción**
3*Inclusión	Investigaciones publicadas entre el año 2020 y 2024
	Investigaciones en idioma inglés y español
	Estudios que aborden aplicaciones de inteligencia artificial en conservación de biodiversidad, monitoreo de especies, o preservación de ecosistemas.
4*Exclusión	Investigaciones que son revisiones sistemáticas.
	Investigaciones duplicadas.
	Investigaciones en otros idiomas distintos al inglés y español.
	Estudios que no aborden directamente el uso de inteligencia artificial o conservación de biodiversidad.

Los resultados de la búsqueda se ordenaron por título para facilitar la identificación de estudios duplicados y priorizar aquellos disponibles en bases de datos reconocidas como SCOPUS, SciELO, Dialnet o Google Scholar. Posteriormente, se revisaron los títulos y resúmenes para evaluar su relevancia en relación con la investigación sobre el uso de la inteligencia artificial en la conservación de biodiversidad y ecosistemas. Este proceso de filtrado y revisión permitió compilar una lista final de artículos seleccionados, que se presenta en la Tabla 3. Esta tabla incluye documentos clave que analizan diferentes aplicaciones, beneficios y desafíos de la inteligencia artificial en este campo, contribuyendo a una comprensión más integral de su impacto en la preservación ambiental.

Clasificación de estudios a revisar

Al final del proceso de selección de artículos para el análisis, los elegidos se muestran en la Tabla 3.

Documento	País	Año	Autores
[9]	México	2020	Alma L, Torres D, Delia A, Rivera T, Nacional I.
[10]	México	2024	Guzmán ER, Rodríguez AG, Garnica JGF, Munguía SM.
[11]	Ecuador	2024	Felipe J.
[12]	Colombia	2024	Bolaños JA, Jurado MA, Herrera SG
[13]	España	2024	Jiménez Gómez, Xabier
[14]	Perú	2023	Hugo R.
[15]	España	2024	Borque D.
[16]	México	2024	Cruz S, Ricardo B, Consuelo L.
[17]	Colombia	2024	Alberto, Andres E, Laura PC, Carolina M, Botero R
[18]	España	2024	Lara M.
[19]	Ecuador	2024	Erika V.
[20]	España	2023	Rey-Rocha J, Martín, María P, Marta VM
[21]	Indonesia	2024	Jorge MR

Resultados y discusión

P1: ¿Cuáles son las aplicaciones más destacadas de la inteligencia artificial en la conservación de ecosistemas y biodiversidad?

La inteligencia artificial (IA) ha demostrado ser una herramienta poderosa en la conservación de ecosistemas y biodiversidad, brindando soluciones innovadoras para abordar los desafíos ambientales más urgentes. Una de

las aplicaciones más destacadas es el monitoreo de especies en peligro de extinción mediante cámaras trampa y drones equipados con algoritmos de visión por computadora [9]. Estas tecnologías permiten identificar y rastrear animales en tiempo real, ayudando a los investigadores a recopilar datos esenciales sobre sus hábitos y distribución sin perturbar su entorno natural [15, 18].

Otra aplicación clave es la predicción de la pérdida de biodiversidad y cambios en los ecosistemas a través de modelos basados en aprendizaje automático. Estos sistemas analizan grandes conjuntos de datos climáticos, geoespaciales y biológicos para prever el impacto de actividades humanas, como la deforestación o el cambio climático, en la salud de los ecosistemas. Esto permite a las autoridades tomar decisiones informadas y diseñar estrategias de conservación más efectivas [10].

La detección de actividades ilegales, como la caza furtiva y la tala no autorizada, es otra área donde la IA está marcando la diferencia. Sensores acústicos equipados con inteligencia artificial pueden detectar disparos o sonidos de motosierras en áreas protegidas, alertando a las autoridades de manera inmediata [11]. Este enfoque no solo mejora la vigilancia, sino que también reduce la dependencia de recursos humanos para patrullajes físicos [11, 12].

En la agricultura y manejo de tierras, la IA ayuda a identificar prácticas sostenibles que benefician tanto a los ecosistemas como a las comunidades humanas. Algoritmos de aprendizaje profundo analizan imágenes satelitales para identificar cultivos en peligro debido a la sequía o plagas, y al mismo tiempo, sugieren alternativas que minimicen el impacto ambiental. Esto resulta crucial en regiones donde la conservación de la biodiversidad depende de prácticas agrícolas responsables [14].

En el ámbito de la educación y concienciación ambiental, aplicaciones basadas en inteligencia artificial crean simulaciones interactivas que muestran el impacto de las acciones humanas en los ecosistemas. Estas herramientas permiten a los usuarios experimentar virtualmente los efectos de la contaminación, el cambio climático y otras amenazas, fomentando una mayor comprensión y compromiso con la conservación [15, 16].

La IA facilita además la creación de sistemas de alerta temprana para eventos ambientales catastróficos, como incendios forestales, inundaciones o sequías. Al combinar datos meteorológicos y patrones históricos, los modelos predictivos ayudan a mitigar el daño a los ecosistemas al proporcionar tiempo suficiente para responder de manera efectiva [18].

Finalmente, la colaboración global en conservación se potencia con plataformas impulsadas por inteligencia artificial. Estas herramientas integran datos de diversas fuentes, como ONG, universidades y gobiernos, para ofrecer una visión holística de los desafíos y avances en la preservación de ecosistemas. Esta integración permite coordinar esfuerzos y maximizar el impacto de las iniciativas de conservación a nivel mundial [9, 12, 16].

En conjunto, estas aplicaciones demuestran el enorme potencial de la inteligencia artificial para transformar la conservación de ecosistemas y biodiversidad. Al combinar innovación tecnológica con compromiso ambiental, la IA no solo ayuda a mitigar las amenazas actuales, sino que también allana el camino hacia un futuro más sostenible para todas las formas de vida en el planeta.

P2: ¿Qué beneficios se han identificado en el uso de la inteligencia artificial para la preservación de especies y hábitats?

El uso de la IA en la preservación de especies y hábitats ha generado múltiples beneficios que están transformando los esfuerzos de conservación a nivel global. Uno de los principales beneficios es la capacidad de recopilar y analizar grandes volúmenes de datos de manera rápida y precisa. Esto permite identificar patrones de comportamiento en especies, mapear sus movimientos y evaluar la salud de sus poblaciones con un nivel de detalle que sería imposible de alcanzar manualmente [14, 15].

Otro beneficio significativo es la mejora en la detección temprana de amenazas ambientales. La IA puede predecir eventos como incendios forestales, sequías o inundaciones al analizar datos climáticos y geoespaciales en tiempo real. Esto proporciona a los responsables de la conservación un tiempo valioso para tomar medidas preventivas, mitigando los daños a los ecosistemas y las especies que los habitan [9].

En el ámbito marino, la IA facilita el monitoreo de ecosistemas frágiles como los arrecifes de coral. Algoritmos avanzados analizan imágenes submarinas para identificar signos de blanqueamiento o degradación, permitiendo intervenciones más rápidas y eficaces. Este enfoque también se aplica en la detección de especies invasoras, ayudando a preservar el equilibrio ecológico en hábitats críticos [17, 20].

Además, la IA fomenta la colaboración global en conservación al integrar datos de múltiples fuentes en plataformas centralizadas. Estas herramientas permiten a investigadores, gobiernos y ONG compartir información y coordinar estrategias de manera más eficiente, aumentando la efectividad de las iniciativas de preservación [13]. En términos de educación y sensibilización, la IA ha generado experiencias inmersivas que aumentan la comprensión del público sobre la importancia de conservar especies y hábitats. Simulaciones interactivas y aplicaciones de realidad aumentada impulsadas por IA permiten a las personas explorar ecosistemas virtuales y comprender cómo las acciones humanas afectan al medio ambiente [15, 21].

En el ámbito de la restauración de ecosistemas, la IA ha sido fundamental para identificar las mejores estrategias de recuperación. Desde determinar las condiciones óptimas para la reforestación hasta planificar la reintroducción de especies, los algoritmos inteligentes guían decisiones basadas en datos, aumentando las probabilidades de éxito en estas iniciativas [10]. Finalmente, la IA promueve la sostenibilidad al integrar soluciones tecnológicas con enfoques de conservación tradicionales. Al combinar innovación y compromiso ambiental, la

IA no solo aborda los desafíos actuales de la preservación, sino que también sienta las bases para un futuro más resiliente y en equilibrio con el entorno natural. Estos beneficios destacan la importancia de seguir explorando y ampliando el uso de la inteligencia artificial en la conservación de especies y hábitats [15, 17, 20].

P3: ¿Cuáles son los principales desafíos y limitaciones asociados con la implementación de inteligencia artificial en este campo?

Aunque la IA ha demostrado ser una herramienta valiosa en la conservación de especies y hábitats, su implementación enfrenta varios desafíos y limitaciones. Uno de los principales obstáculos es la necesidad de grandes cantidades de datos de alta calidad para entrenar los modelos de IA [13, 14]. Sin embargo, en muchas áreas de conservación, como los ecosistemas remotos o las especies poco conocidas, los datos disponibles son limitados o difíciles de obtener. Esto puede afectar la precisión y efectividad de los modelos predictivos y de monitoreo que dependen de estos datos [20].

Además, la variabilidad en los datos es otro desafío importante. Los ecosistemas son extremadamente complejos y dinámicos, lo que significa que los modelos de IA deben ser altamente sofisticados para abordar las interacciones entre las especies, el clima y otros factores. Sin embargo, los algoritmos pueden tener dificultades para manejar la gran diversidad de variables ambientales y biológicas, lo que puede llevar a resultados imprecisos o sesgados [9, 17, 19].

Otro desafío significativo es la falta de infraestructura adecuada en muchas regiones. El uso de IA en la conservación requiere tecnologías avanzadas como drones, sensores y plataformas de procesamiento de datos, que no siempre están disponibles en las áreas donde la biodiversidad es más vulnerable [11]. Esto puede limitar la capacidad de las organizaciones de conservación para implementar soluciones de IA a gran escala en ciertos ecosistemas o especies [14, 15, 19].

La integración de la inteligencia artificial con las prácticas tradicionales de conservación también presenta obstáculos. En muchos casos, los expertos en ecología y conservación pueden no tener experiencia en el uso de tecnologías avanzadas como la IA, lo que requiere un esfuerzo significativo en capacitación y adaptación [15, 16, 18]. Además, algunas comunidades locales pueden desconfiar de las soluciones tecnológicas, especialmente si no comprenden completamente cómo la IA contribuye a la conservación, lo que puede generar resistencia a su adopción [11].

La dependencia de algoritmos de IA para la toma de decisiones también puede generar preocupaciones sobre la transparencia y la responsabilidad. Los modelos de IA, especialmente aquellos basados en aprendizaje profundo, a menudo son considerados çajas negras"debido a la dificultad para entender cómo toman decisiones [20, 21]. Esto puede complicar la validación de los resultados y la confianza en los mismos, particularmente cuando se

trata de políticas de conservación que afectan directamente a las especies y a las comunidades [9].

Además, el cambio climático representa un desafío adicional, ya que los modelos de IA diseñados para predecir patrones de biodiversidad pueden no ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a los rápidos cambios en el clima y el ambiente [18]. A medida que los ecosistemas cambian de manera inesperada, los sistemas de IA deben ser continuamente actualizados y ajustados para mantener su efectividad, lo que implica costos y recursos adicionales [10].

La seguridad y la protección de los datos son también una preocupación importante. La recopilación de datos sobre especies, hábitats y comportamientos, especialmente en áreas sensibles, puede implicar riesgos de privacidad o incluso el mal uso de la información. Garantizar que los datos sean manejados de manera ética y segura es fundamental para evitar posibles daños tanto a los ecosistemas como a las comunidades locales [16].

En resumen, aunque la IA ofrece un gran potencial para mejorar la conservación de especies y hábitats, su implementación enfrenta varios desafíos relacionados con la calidad y disponibilidad de datos, la infraestructura, la formación, la equidad y la transparencia. Superar estos obstáculos será crucial para asegurar que la IA se utilice de manera efectiva y ética en la preservación de la biodiversidad a nivel global.

Conclusiones

La inteligencia artificial ha demostrado ser una herramienta clave en la preservación de especies y hábitats, ofreciendo soluciones innovadoras para el monitoreo de biodiversidad, la predicción de amenazas ambientales y la lucha contra actividades ilegales. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos y proporcionar información detallada y precisa está revolucionando la forma en que se gestionan los ecosistemas y las especies en peligro. No obstante, su implementación exitosa depende de superar desafíos relacionados con la calidad y accesibilidad de los datos, la infraestructura tecnológica y la formación del personal en el uso de estas herramientas avanzadas.

A pesar de los avances, la inteligencia artificial enfrenta obstáculos significativos en su aplicación a la conservación. La falta de datos completos y de alta calidad, la complejidad de los ecosistemas y la falta de infraestructura en áreas remotas limitan su efectividad. Además, la integración de IA con métodos tradicionales de conservación requiere tiempo y esfuerzo en capacitación, lo que puede generar resistencia entre los profesionales y comunidades locales. También existen preocupaciones sobre la transparencia y la equidad en el uso de estas tecnologías, especialmente en contextos de recursos limitados.

Para que la inteligencia artificial cumpla su promesa en la conservación de la biodiversidad, es esencial un

enfoque equilibrado que combine la innovación tecnológica con prácticas conservacionistas tradicionales. Es fundamental desarrollar políticas claras y marcos normativos que aseguren el uso ético y responsable de la IA, garantizando la protección de los ecosistemas, la equidad en su implementación y la transparencia en la toma de decisiones. Solo a través de una colaboración efectiva entre gobiernos, organizaciones de conservación y comunidades locales se podrá maximizar el impacto positivo de la IA en la preservación de la biodiversidad a largo plazo.

Contribución de Autoría.

Marcelo Infante Villalobos: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones

Referencias

[1] E. Prado, A. Cobo, S. Sierra, Á. Domingo, C. Quiles-Pons, L. Rodríguez, D. Díaz Viñolas, P. Roldán Varona, P. Anuarbe Cortés, and F. Sánchez, "Uso de fotogrametría tridimensional e inteligencia artificial en el estudio de ecosistemas marinos: Proyecto virtualmar," *Ingeniería Civil*, 2023. [Online]. Available: https://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/2483

[2] B. M. Cristian, "Inteligencia artificial para la protección del medio ambiente y biodiversidad : herramientas tecnológicas para profesionales del medio ambiente," MMA, 2021, [cited 2024 Dec 14]. [Online]. Available: https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/865315fa-c6e8-4833-a6fd-15a04d71d377

[3] L. Viniegra-Velázquez, "El progreso en medicina y la inteligencia artificial," *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 2024. [Online]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-11462024000300121&script=sci_arttext

[4] C. Moyano, "¿la ia usada en biología de la conservación es una buena estrategia de justicia ambiental?" *Daimon*, vol. 90, pp. 29–44, 2023. [Online]. Available: https://revistas.um.es/daimon/article/view/561551

[5] J. Rodas Trejo, "Camelot: Una herramienta intuitiva para el manejo y procesamiento de imágenes de cámaras trampa utilizando inteligencia artificial," *Ecosistemas*, 2024. [Online]. Available: https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/2797/1824?inline=1

[6] J. Luis and A. Arán Sánchez, "Uso de naturalista como refuerzo del programa de estudios de la materia ecología de bachillerato," *Revista latinoamericana ogmios*, vol. 3, no. 7, pp. 62–79, 2023. [Online]. Available: https://idicap.com/ojs/index.php/ogmios/article/view/176

[7] M. Elena, "Identificación de aves de humedal mediante inteligencia artificial: información clave para su conservación," Uacjmx, 2024, [cited 2024 Dec 14]. [Online]. Available: https://cathi.uacj.mx/handle/20.500.11961/28896

[8] J. J. Yepes-Nuñez, G. Urrútia, M. Romero-García, and S. Alonso-Fernández, "Declaración prisma 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas," *Revista Española de Cardiología*, vol. 74, no. 9, pp. 790–9, 2021. [Online]. Available: https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748

[9] L. Alma, D. Torres, A. Delia, T. Rivera, and I. Nacional, 2020. [Online]. Available: https://www.iseor-formations.com/pdf/ACTESCOLMCD2021/DIAZ%20TORRES.pdf

[10] E. R. Guzmán, A. G. Rodríguez, J. G. F. Garnica, and S. M. Munguía, "Aplicación de sensores remotos e inteligencia artificial en la gestión y conservación de bosques frente al cambio climático en méxico : Application of remote sensors and artificial intelligence in the management and conservation of forests in the face of climate change in mexico," *e-CUCBA*, no. 21, pp. 142–9, 2024. [Online]. Available: http://e-cucba.cucba.udg.mx/index.php/e-Cucba/article/view/332

[11] J. Felipe, "Inteligencia artificial en el manejo forestal: Una revisión sistemática basada en el marco metodológico salsa," *Revista Ingeniería e Innovación del Futuro*, vol. 3, no. 1, pp. 38–53, 2024, [cited 2024 Dec 14]. [Online]. Available: https://www.editorialscientificfuture.com/index.php/riif/article/view/79

[12] J. A. Bolaños, M. A. Jurado, and S. G. Herrera, "Análisis de la influencia de la cobertura del suelo en la calidad del agua de la laguna de la cocha mediante inteligencia artificial," Umarianaeduco, 2024, [cited 2024 Dec 14]. [Online]. Available: https://repositorio.umariana.edu.co/handle/20.500.14112/28366

[13] X. Jiménez Gómez, "Detección y análisis de datos sobre especies exóticas en biomas diferenciados en apoyo a la biodiversidad empleando la herramienta yolo y microcontroladores," Rucudces, 2025, [cited 2024 Dec 14]. [Online]. Available: https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/39543

[14] R. Hugo, "Análisis de la cobertura boscosa en el parque nacional tingo maría - perú utilizando algoritmos de inteligencia artificial," 128413, 2023, [cited 2024 Dec 14]. [Online]. Available: http://190.12.84.13:8080/handle/20.500.13084/6956

[15] D. Borque, "Un camino hacia la sostenibilidad: la huella medioambiental en la industria alimentaria. el papel de la analítica de datos - díez borque, diego," Comillasedu, 2024, [cited 2024 Dec 14]. [Online]. Available: https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/79026

[16] S. Cruz, B. Ricardo, and L. Consuelo, "Aplicaciones de la inteligencia artificial en microbiología agroambiental," *RECIBE REVISTA ELECTRÓNICA DE COMPUTACIÓN INFORMÁTICA BIOMÉDICA*

Y ELECTRÓNICA, vol. 13, no. 2, pp. C2–25, 2024, [cited 2024 Dec 14]. [Online]. Available: https://recibe.cucei.udg.mx/index.php/ReCIBE/article/view/362

[17] Alberto, E. Andres, P. C. Laura, M. Carolina, and R. Botero, "Gestión inteligente de residuos y generación de una cultura verde. kan connect ; una propuesta para la utilización de inteligencia artificial en conjuntos residenciales en la ciudad de bogotá," Repositorio Digital Institucional de la Universidad Externado de Colombia. Universidad Externado de Colombia, 2024, [cited 2024 Dec 14]. [Online]. Available: https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/8030ab69-3bc6-4cb0-879a-3f6cb8ffbcd1

[18] M. Lara, "Detección de disparos en el parque natural de la albufera mediante inteligencia artificial," Riunetupves, 2024, [cited 2024 Dec 14]. [Online]. Available: https://riunet.upv.es/handle/10251/209554

[19] V. Erika, "Uso de la inteligencia artificial en la eficiencia y sustentabilidad en la producción agropecuaria," Utbeduec, 2024, [cited 2024 Oct 21]. [Online]. Available: http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16023

[20] J. Rey-Rocha, M. P. Martín, and V. M. Marta, "La paradoja de la pérdida de biodiversidad y la aparición de nuevas formas de vida, ligadas a efectos antrópicos," Csices, 2023, [cited 2024 Dec 14]. [Online]. Available: https://digital.csic.es/handle/10261/341909

[21] M. R. Jorge, "Inteligencia artificial aplicada a la predicción del dengue e incendios forestales en indonesia," Upcedu, 2024, [cited 2024 Dec 14]. [Online]. Available: https://upcommons.upc.edu/handle/2117/406714



LaSalle
Universidad - PERÚ