

**Análisis comparativo de la inteligencia artificial para el control de calidad automatizado en
el sistema de gestión de calidad**

Angie Yuranny Valencia Tarazona

Asesor

Constanza Posada Salazar

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, tecnología e Ingeniería ECBTI
Ingeniería Industrial

2025

Dedicatoria

A mis padres, pilares inquebrantables de mi vida quienes desde el inicio de esta travesía académica me brindaron su amor incondicional sus consejos sabios y su ejemplo de perseverancia. De la misma forma, dedico este trabajo a mis maestros y mentores cuyas enseñanzas fueron más allá del aula sembraron en mí la pasión por el conocimiento riguroso y el pensamiento crítico. Por otro lado, a mis amigos más cercanos quienes aún en los momentos de mayor incertidumbre supieron aportar claridad con su presencia y aliento.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi asesor cuya guía constante y retroalimentación estrecha marcaron el rumbo de esta investigación. Sumado a esto, reconozco el valioso respaldo institucional que me ofreció el centro académico al proporcionarme recursos y espacios imprescindibles para la realización de este proyecto. Al mismo tiempo, deseo destacar el apoyo emocional de mis seres queridos cuyo acompañamiento fue sin lugar a duda una fuente de motivación diaria. Por consiguiente, agradezco a cada persona que de forma directa o indirecta contribuyó con este proceso demostrando que los logros individuales son en esencia fruto de esfuerzos compartidos.

Resumen

La monografía aborda de manera integral el análisis comparativo sobre la adopción de tecnologías de inteligencia artificial (IA) en el control de calidad automatizado dentro de los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) haciendo énfasis en su aplicación en sectores productivos tanto de América Latina como de Colombia. En ese contexto, se planteó como propósito identificar, diagnosticar y reflexionar sobre los avances, desafíos y niveles de integración de la IA en estos sistemas considerando las particularidades tecnológicas, sociales y normativas de la región. Por consiguiente, se adoptó un enfoque cualitativo con paradigma interpretativo que permitió la aplicación de un tipo de investigación de corte descriptivo estructurándose mediante un diseño documental basado en la revisión sistemática de literatura académica, informes institucionales y casos representativos. Por lo que, los hallazgos revelan que existen avances emergentes en cuanto al uso de tecnologías como machine learning, deep learning y sistemas expertos en el progreso del control de calidad, también persisten desafíos estructurales en términos de infraestructura, formación técnica, normativa regulatoria y resistencia al cambio organizacional. Finalmente, se finiquita que una implementación efectiva de la inteligencia artificial en los SGC requiere estrategias integradas que articulen innovación tecnológica, formación humana y gobernanza ética.

Palabras clave: Inteligencia artificial, control de calidad, automatización, transformación digital y Sistema de Gestión de Calidad (SGC)

Abstract

This monograph comprehensively addresses a comparative analysis on the adoption of artificial intelligence (AI) technologies in automated quality control within Quality Management Systems (QMS), emphasizing their application in productive sectors across both Latin America and Colombia. In this context, the main objective was to identify, diagnose, and reflect on the advances, challenges, and levels of AI integration in these systems, considering the region's technological, social, and regulatory particularities. Consequently, a qualitative approach under an interpretive paradigm was adopted, enabling the use of a descriptive research type structured through a documentary design based on a systematic review of academic literature, institutional reports, and representative case studies. The findings reveal that there are emerging advances in the use of technologies such as machine learning, deep learning, and expert systems in the development of quality control. However, structural challenges remain in terms of infrastructure, technical training, regulatory frameworks, and resistance to organizational change. Ultimately, it is concluded that an effective implementation of artificial intelligence in QMS requires integrated strategies that articulate technological innovation, human development, and ethical governance.

Keywords: Artificial intelligence, quality control, automation, digital transformation, and Quality Management System (QMS)

Tabla de contenido

Introducción	12
Planteamiento del Problema	13
Justificación	15
Pregunta de Investigación.....	17
Objetivos.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos	18
Revisión de Antecedentes.....	19
Marco Teórico o Analítico.....	25
Teoría de la Calidad Total (TQM).....	28
Teoría Sociotécnica.....	29
Enfoque de la Transformación Digital.....	31
Articulación de los Enfoques.....	32
Marco Legal.....	35
Normas Internacionales	35
Normas Latinoamérica y Nacionales.....	37
Implicaciones Legales del uso de IA en Control de Calidad.....	38
Diseño Metodológico.....	39
Paradigma	39

Enfoque.....	39
Tipo de Investigación.....	40
Diseño de la Investigación.....	40
Categorías de Análisis	42
Criterios de Elegibilidad	43
Criterios de Inclusión.....	43
Criterios de exclusión	44
Técnica de Investigación	44
Instrumentos de Investigación	44
Análisis de Datos	44
Resultados	46
Identificar las Principales Tecnologías de Inteligencia Artificial Utilizadas en el Control de Calidad Automatizado y su Integración en los Sistemas de Gestión de Calidad.....	46
Diagnosticar el Estado Actual de Adopción de Inteligencia Artificial en los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) en Sectores Productivos de América Latina	56
Panorama General de la Región en América Latina.....	56
Comparación de Madurez Digital con Relación a la Adopción de IA en los SGC en América Latina.....	59
Países Líderes.....	60
Países en Transición.....	61

Países Rezagados	62
Avance moderado con proyecciones prometedoras.....	65
Determinar Casos de Implementación de Inteligencia Artificial en el Control de Calidad Automatizado, Evaluando su Impacto en Términos de Eficiencia Operativa, Precisión en la Detección de Errores, Trazabilidad y Cumplimiento de Estándares Como la Norma ISO 9001 .	67
Transformación Operativa Mediante la Incorporación de Inteligencia Artificial	67
Precisión Aumentada en la Detección de Errores y no Conformidades	68
Avances Significativos en Trazabilidad y Minería de Datos de Calidad.....	69
Cumplimiento Normativo. Más Allá de la ISO 9001	69
Conclusiones.....	71
Referencias bibliográficas.....	73
Apéndices.....	81

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Categorías de análisis</i>	42
Tabla 2 <i>Procesamiento de datos</i>	45
Tabla 3 <i>Matriz documental de tecnologías de Inteligencia Artificial en el control de calidad automatizado</i>	47
Tabla 4 <i>Principales ejemplos documentados y sus impactos en el contexto colombiano</i>	54
Tabla 5 <i>Comparación de niveles de madurez digital en la adopción de IA en los SGC en América Latina</i>	63

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Relación entre calidad, ISO 9001 y SGC</i>	25
Figura 2. <i>IA en control de calidad</i>	26
Figura 3. <i>Teoría de la calidad total (TQM)</i>	28
Figura 4. <i>Teoría sociotécnica</i>	30
Figura 5. <i>Enfoque de la transformación digital (TD)</i>	32
Figura 6. <i>Articulación de los enfoques</i>	33

Lista de Apéndice

Apéndice A <i>Flujograma del proceso monográfico</i>	81
---	-----------

Introducción

La progresiva adopción de tecnologías disruptivas en medio de una economía digital que se transforma impulsada por los avances en inteligencia artificial automatización aplicables en el control de calidad de los sistemas de gestión ha adquirido una nueva dimensión donde ya no basta con aplicar técnicas tradicionales sino que se requiere un enfoque adaptativo proactivo aparte del hecho que altamente preciso lo cual implica una transformación insondable en la forma en que las organizaciones aseguran la excelencia de sus productos y servicios.

La inteligencia artificial (IA) emerge como una solución prometedora ofreciendo la posibilidad de automatizar y optimizar el control de calidad, puesto que, las tecnologías de IA, como el aprendizaje automático, la visión por computadora aparte del procesamiento del lenguaje natural permiten realizar inspecciones precisas reduciendo el margen de error humano y mejorando significativamente los tiempos de respuesta (Vera et al., 2023). Aunque, la implementación de IA en el control de calidad no está exenta de desafíos, puesto que, las empresas deben enfrentarse a cuestiones de integración tecnológica, costos iniciales elevados y la necesidad de formación especializada para manejar estas nuevas herramientas.

A pesar de los notables progresos, aún persisten desafíos característicos como la brecha en la adopción tecnológica entre países desarrollados y aquellos en vías de desarrollo aparte de las dudas éticas sobre la autonomía de las máquinas en conjunto con la falta de estandarización en la integración de IA dentro de los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC). Por aditamento, organismos internacionales como la Organización Internacional de Normalización (ISO) aún están en proceso de ajustar marcos normativos como la ISO 9001 a las nuevas exigencias que plantea la automatización inteligente lo cual deja vacíos regulatorios que dificultan la implementación efectiva de estas herramientas en diversos sectores industriales (ISO, 2015).

Planteamiento del Problema

En el escenario actual de transformación digital global, se ha evidenciado un notable avance en la incorporación de tecnologías de inteligencia artificial (IA) para el control de calidad automatizado en los sistemas productivos de las principales economías del mundo, puesto que, estas soluciones inteligentes permiten la toma de decisiones en tiempo real, aparte que además favorecen el monitoreo continuo de procesos, la detección temprana de anomalías y la mejora sistemática del desempeño operativo (Lanziano, 2025). A pesar del hecho que, persisten desafíos críticos asociados con la interoperabilidad entre plataformas, la ciberseguridad con la formación de talento humano, lo cual acentúa la brecha entre el desarrollo tecnológico y su ejecución sobre todo en contextos con menor infraestructura digital o con normativas restrictivas.

Desde un contexto latinoamericano, se constata una marcada heterogeneidad en la adopción de sistemas inteligentes de control de calidad, mientras países como Brasil, México y Chile han avanzado de forma significativa en la integración de herramientas basadas en IA en sectores como la industria farmacéutica, manufacturera y agroalimentaria (CNC, 2024). Ahora bien, otras naciones aún enfrentan una etapa incipiente condicionada por limitaciones presupuestarias, escasa política pública de innovación, bajo acceso a infraestructura digital robusta en conjunto con una cultura organizacional resistente al cambio. Aunque ciertos marcos regulatorios han empezado a alinearse con estándares internacionales como la ISO 9001 (2015), la falta de integración efectiva entre normativa aparte que la tecnología obstaculiza las pequeñas y medianas empresas (PYMES) que encuentran dificultades para implementar soluciones automatizadas sin comprometer su viabilidad económica (Meretta, 2023).

En el caso de Colombia, este panorama presenta matices particulares, si bien se han dado

avances en políticas públicas como el CONPES 3975 sobre transformación digital y programas como Misión TIC de MinTIC (2022), se mantienen serias dificultades para consolidar una infraestructura tecnológica integral que soporte sistemas inteligentes de control de calidad, especialmente en regiones periféricas donde el acceso a internet junto con la tecnología de alto desempeño es limitado, ya que, esta situación acentúa la concentración de oportunidades en zonas urbanas, dejando a muchas PYMES sin capacidad de insertarse en el proceso de modernización. Según Mariño et al. (2021), la mayoría de estas organizaciones carece de los recursos financieros, técnicos y humanos necesarios para integrar tecnologías de IA en sus sistemas de gestión de calidad, lo cual limita su competitividad en mercados globalizados.

Desde un enfoque sociocultural, se identifican barreras indicadoras relacionadas con la percepción del cambio tecnológico como una amenaza más que una oportunidad, esta resistencia en muchos casos, se sustenta en estructuras jerárquicas rígidas, hábitos organizacionales tradicionales y una limitada visión a largo plazo. Con base en ello, a esto se suma el hecho que la educación técnica nacional aún no se ha alineado enteramente con las competencias requeridas por el nuevo paradigma industrial que impide la formación de profesionales preparados para operar y optimizar sistemas complejos de IA (Rangel, Gabriela, & Jose, 2022).

Por consiguiente, el problema central que se identifica en esta investigación no radica solo en la ausencia de tecnologías de IA aplicadas al control de calidad automatizado, sino en la insuficiencia de condiciones sistémicas (tecnológicas, organizacionales, normativas y humanas) que viabilicen su integración efectiva dentro de los Sistemas de Gestión de Calidad, con relación en los parámetros de la norma ISO 9001 (2015). Ahora bien, lo anterior fundamenta la necesidad de realizar un análisis comparativo que permita entender el estado actual de adopción de la IA en los SGC, identificar buenas prácticas, obstáculos persistentes y diseñar estrategias.

Justificación

En un contexto integral marcado por la aceleración de la transformación digital, el uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como un componente estratégico clave en la mejora de procesos industriales y organizacionales, especialmente en lo relacionado con la eficiencia operativa y el aseguramiento de la calidad (Tenes, 2023). La IA aplicada al control de calidad automatizado permite una detección más precisa de errores, reducción de costos, aumento de la trazabilidad junto con una mejora sustantiva en la consistencia de los productos que posiciona su adopción como un imperativo competitivo en economías más exigentes y tecnológicamente integradas (Gomez, 2024).

A pesar de que, en América Latina subsiste una considerable brecha tecnológica que limita el aprovechamiento efectivo de estas herramientas. Según datos del estudio de la CEPAL (2021), solo el 17% de las empresas industriales colombianas ha iniciado procesos de integración de IA en áreas críticas como el control de calidad, mientras que el 65% aún opera con modelos manuales o semiautomatizados. Por lo que, esta disparidad se profundiza a nivel regional, mientras ciudades como Bogotá, Medellín y Cali concentran la mayoría de los proyectos de digitalización, zonas periféricas muestran un rezago notable debido a deficiencias en infraestructura, conectividad junto con la disponibilidad de talento humano calificado.

Desde esta perspectiva, el informe del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2024) indica que menos del 10% de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) cuenta con estrategias definidas para la adopción de tecnologías avanzadas como IA y apenas el 8,2% ha incorporado herramientas digitales específicas para automatizar el control de calidad. Ahora bien, esta realidad evidencia que, pese al creciente acceso a soluciones tecnológicas y la existencia de normativas como la ISO 9001 (2015), aún persiste una aplicación

limitada en conjunto con el hecho que desarticulada de la inteligencia artificial en los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC).

Conviene subrayar que, la investigación se fundamenta por su carácter estratégico, ya que busca analizar, desde una visión crítica y contextualizada, los factores que inciden en la baja adopción de IA en los SGC colombianos, al tiempo que identifica oportunidades, retos aparte de las propuestas de mejora para fomentar una transición efectiva hacia modelos de gestión de calidad más automatizados, sostenibles y alineados con estándares internacionales. Al mismo tiempo, el estudio responde a una necesidad latente del sector industrial de contar con herramientas que permitan elevar su productividad, competitividad y capacidad de adaptación en entornos altamente volátiles.

En este marco de investigación, abordar esta problemática aporta al desarrollo teórico del campo de la ingeniería industrial aparte del hecho que también ofrece implicaciones prácticas de gran valor para las organizaciones. Ahora bien, el análisis de casos reales y experiencias internacionales permitirá establecer comparaciones útiles para el contexto colombiano, detectando patrones de éxito junto con las dificultades comunes que pueden ser usados como referencia para diseñar hojas de ruta adaptadas a las realidades del país. De igual forma, la presente investigación pretende contribuir con la construcción de un marco conceptual que articule elementos de la inteligencia artificial, la calidad total, la transformación digital aparte de la gestión organizacional, lo cual brindará una comprensión integral del fenómeno y abrirá nuevas líneas de estudio dentro de los programas de ingeniería, administración junto con las políticas públicas.

Al mismo tiempo, los hallazgos derivados podrán traducirse en recomendaciones específicas para las PYMES tales como definición de indicadores de madurez digital, etapas de

implementación progresiva, criterios para la selección de herramientas IA, modelos de capacitación y estrategias de evaluación del impacto. Con base en ello, se busca generar insumos útiles tanto para la academia como para los sectores productivos aparte de los decisores de política, promoviendo de esta forma una industrialización más inteligente, inclusiva y resiliente en el país.

Pregunta de Investigación

En virtud del panorama previamente expuesto el cual revela una compleja interacción entre avances tecnológicos, desafíos normativos y barreras estructurales que condicionan la integración efectiva de la inteligencia artificial en los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) se hace indispensable formular una pregunta de investigación: ¿Qué tan efectiva y eficiente es la inteligencia artificial en la automatización del control de calidad dentro de un Sistema de Gestión de Calidad en comparación con los métodos tradicionales?

Objetivos

Objetivo General

Analizar el uso de la inteligencia artificial para el control de calidad automatizado, evaluando su efectividad y eficiencia dentro de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC).

Objetivos Específicos

Identificar las principales tecnologías de inteligencia artificial aplicadas al control de calidad automatizado precisando su funcionalidad y grado de incorporación en los Sistemas de Gestión de Calidad.

Diagnosticar el nivel de adopción de inteligencia artificial en los Sistemas de Gestión de Calidad de sectores productivos en América Latina y Colombia.

Examinar casos representativos de implementación de inteligencia artificial en procesos de control de calidad, valorando su impacto en términos de eficiencia operativa, precisión en la detección de no conformidades, trazabilidad y cumplimiento de estándares internacionales como la norma ISO 9001.

Revisión de Antecedentes

En el transcurso de los últimos años, el desarrollo de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA), el aprendizaje automático (Machine Learning) en conjunto con el aprendizaje profundo (Deep Learning) ha dado lugar a transformaciones significativas en diversos sectores industriales, substancialmente en lo que respecta a la gestión de la calidad. Por consiguiente, este fenómeno ha sido objeto de numerosos estudios académicos desde diversas perspectivas metodológicas y epistemológicas que han buscado explorar tanto el potencial como los desafíos inherentes a la implementación de estas tecnologías en los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC).

De acuerdo con Rey et al., (2022), consistió en reflexionar sobre el papel que desempeña la calidad dentro de los nuevos entornos digitales, caracterizados por la automatización, la interconectividad y el análisis masivo de datos. De este modo, entre los resultados relevantes se identifica la consolidación del concepto de “calidad 4.0” entendido como la aplicación de estrategias inteligentes que posibilitan la toma de decisiones basadas en datos en tiempo real. De la misma forma, el estudio resalta la necesidad de adoptar modelos automatizados de prevención y diagnóstico de errores con el fin de minimizar desperdicios, optimizar la seguridad de infraestructuras que permite atender con mayor eficiencia las necesidades del cliente. En este contexto, dentro de sus reflexiones críticas se establece que el trabajo señala que una gestión de calidad 4.0 no será factible sin la existencia de personal altamente calificado y tecnología de punta la cual pone de manifiesto la importancia del componente humano y de la infraestructura tecnológica como condiciones necesarias para la transición hacia modelos automatizados de control de calidad.

Desde otra perspectiva, según Vázquez et al., (2022), ofrece una mirada determinada sobre cómo la IA ha comenzado a resolver problemas estructurales en sectores altamente especializados como la acuicultura. Por ello, mediante una revisión bibliográfica de las últimas dos décadas el artículo analiza el uso de técnicas, algoritmos, softwares en conjunto con los dispositivos inteligentes en áreas como la predicción de parámetros de calidad del agua, el diagnóstico de enfermedades en peces aparte de la gestión integral de granjas acuícolas. Cabe destacar que, el objetivo de este trabajo consistió en sistematizar las herramientas de IA, Machine Learning y Deep Learning utilizadas en este campo evaluando su capacidad para ofrecer soluciones más precisas, rápidas y eficientes frente a dificultades históricamente irresueltas. Como resultado, el estudio demuestra que el empleo de estas tecnologías permite optimizar variables críticas, reducir costos de producción aparte del hecho de mejorar la toma de decisiones mediante el análisis de datos ambientales y biológicos, entonces el futuro de la acuicultura inteligente dependerá de una integración armónica entre buenas prácticas productivas y modelos tecnológicos que se ajusten a las necesidades del medio ambiente acuático.

Ahora bien, con base en lo examinado por Cotino (2023), introduce una perspectiva normativa para comprender los límites legales de la automatización en el contexto europeo, puesto que, el estudio se centra en la sentencia del Tribunal Constitucional alemán de 2023 que anuló dos leyes que permitían la evaluación automatizada de datos con fines policiales y que estableció estándares elevados de legalidad para el tratamiento de datos mediante IA. Por otro lado, la metodología utilizada fue el análisis jurisprudencial comparado y el objetivo fue evidenciar la insuficiencia de las regulaciones actuales en España frente a las exigencias de calidad legal en Alemania. Los resultados muestran que en ausencia de marcos normativos robustos el uso de IA puede generar riesgos importantes para los derechos fundamentales, en este

sentido el estudio destaca que cualquier implementación de sistemas automatizados de análisis de datos debe estar acompañada de una legislación precisa que defina los parámetros técnicos y organizativos mínimos para su utilización ética y responsable.

Por otro lado, según lo indagado por Sprockel et al., (2023), se aproxima al fenómeno de la IA desde una óptica tecnológica y socioeconómica explorando los impactos que han tenido los grandes modelos generativos substancialmente aquellos basados en arquitectura de transformadores como GPT-3 y GPT-4. A través de un enfoque exploratorio y descriptivo, el autor analiza el surgimiento del aprendizaje auto supervisado en conjunto cómo este ha permitido a las máquinas realizar tareas complejas como responder preguntas, resumir textos, traducir lenguajes y detectar emociones, funciones antes consideradas exclusivamente humanas. Por consiguiente, lejos de ser una investigación técnica se expone el impacto sistémico de esta disrupción en diversos ámbitos, desde el académico hasta el empresarial, pasando por sectores gubernamentales y ciudadanos comunes. Ahora bien, la IA representa una gran oportunidad para optimizar procesos que igualmente plantea amenazas considerables en cuanto a gobernanza, ética y dependencia tecnológica que exige una respuesta proactiva por parte de los actores implicados.

Conviene destacar que, con respecto a la investigación de Aparicio et al., (2023), presenta una revisión sistemática sobre el uso de técnicas avanzadas de inteligencia artificial en procesos de control de calidad. De modo que, el objetivo del estudio fue analizar la aplicabilidad de modelos de Deep Learning en distintas etapas del ciclo de producción substancialmente en la identificación automatizada de defectos superficiales en productos terminados. Por su parte, la metodología consistió en una búsqueda bibliográfica exhaustiva en diversas bases de datos, con posterior clasificación de los artículos según industria y técnica utilizada. Los resultados indican que estas técnicas permiten una detección precisa de fallas incluso en procesos complejos,

gracias a su capacidad de adaptarse a la particularidad de los datos y de operar en entornos altamente dinámicos. En este contexto, se refuerza la idea de que el uso combinado de Deep Learning, Machine Learning y Transfer Learning genera soluciones escalables adecuadas para mantener altos estándares de calidad en diversos contextos industriales.

Desde un punto de vista diferente, de acuerdo con García et al., (2023), profundiza en la aplicación de la IA dentro del ámbito contable y empresarial en el contexto de las pequeñas y medianas empresas ecuatorianas. El propósito de la investigación fue examinar las oportunidades que la IA representa para mejorar la eficiencia operativa que conlleven a decisiones, desde un enfoque empresarial considerando su inclusión en la educación superior. A través de un diseño de investigación documental apoyado en bases de datos académicas diversificadas el estudio identificó barreras tecnológicas, regulatorias y financieras que, si bien representan obstáculos, son superables mediante estrategias bien articuladas. Los resultados destacan la doble contribución de la IA, tal como en la mejora de procesos productivos y por otro, en la insuficiencia de una incorporación progresiva en los currículos universitarios que permitiría preparar a profesionales más competentes frente a las exigencias tecnológicas del futuro. Por lo tanto, se concluye que la incorporación de la IA debe darse con enfoque reflexivo y estratégico tanto en lo académico como en lo empresarial en conjunto con apoyo institucional para garantizar su efectividad.

Por tanto, con relación a lo explorado por Rubio (2024), enfocado desde un contexto macro empresarial se analiza cómo la IA está transformando radicalmente las operaciones y estrategias en diferentes industrias siendo un catalizador de eficiencia, personalización de servicios y satisfacción del cliente. Por lo que, el objetivo de este Trabajo Fin de Grado (TFG) fue proporcionar una visión integral sobre el impacto de la IA en el entorno empresarial

contemporáneo. Mediante un enfoque exploratorio y analítico, ya que, se evaluaron desafíos asociados al conocimiento técnico y a la resistencia organizacional al cambio. Como resultado, se identificó que las empresas que incorporan IA logran optimizar sus operaciones internas aparte del hecho que conlleva a fortalecer su competitividad a través de una mejor atención al cliente y una mayor capacidad adaptativa. Por lo tanto, el estudio subraya que, aunque nos encontramos en etapas iniciales de la revolución de la IA es imperativo que las organizaciones aceleren sus procesos de adaptación para no quedar rezagadas en el nuevo paradigma digital.

Por otra parte, desde el enfoque de Huang (2024), desde una perspectiva técnica y sectorial las implicaciones de la IA en la gestión de proyectos en la industria de la construcción. El objetivo consistió en evaluar el impacto de tecnologías como IA, BIM e Internet+ en la calidad de los proyectos de ingeniería civil. Con respecto a la metodología empleada fue una revisión exhaustiva de literatura acompañada por un análisis teórico de casos como el puente Hong Kong-Zhu Hai-Macao (HZMB) emblemático por su complejidad técnica y uso de tecnología avanzada. Los hallazgos indican que el aprovechamiento del big data y la inteligencia artificial permite mejorar la planificación, ejecución y control de calidad en proyectos de gran envergadura ofreciendo perspectivas más precisas para la toma de decisiones y una gestión más integral. Finalmente, el estudio encomienda fortalecer las capacidades institucionales y profesionales para maximizar el valor de estas tecnologías para superar las barreras de ejecución.

En comparación con lo anterior, se tiene en cuenta lo estudiado por Ruiz et al., (2024), ofrece una mirada innovadora al potencial de la IA en la mejora de los procesos de evaluación y acreditación de instituciones de educación superior, ya que, a través de una metodología mixta que combinó análisis documental los estudios de caso en conjunto con las técnicas empíricas como entrevistas y cuestionarios aplicados en 25 instituciones, el estudio tuvo como objetivo

principal optimizar la eficiencia, objetividad y precisión de los procesos de aseguramiento de la calidad. Por su lado, los resultados mostraron una reducción considerable de tiempos de evaluación mayor consistencia en los resultados y un uso eficiente de los recursos humanos. Aunque el estudio se centró en el ámbito educativo, sus hallazgos resultan extrapolables a contextos empresariales, característicamente en lo relativo a la optimización de procesos, puesto que, entre los resultados más distinguidos se destaca una reducción promedio del 35% en los tiempos de evaluación, una mayor consistencia en los resultados y una mejor utilización de los recursos humanos. A pesar de que, de la misma manera se identificaron barreras como la resistencia al cambio organizacional y la necesidad de fortalecer competencias digitales, en este contexto, el estudio sugiere que la integración de IA cuando se acompaña de marcos formativos y normativos adecuados que puede servir como modelo referencial para impulsar la transformación digital en sistemas de gestión de calidad más allá del sector educativo.

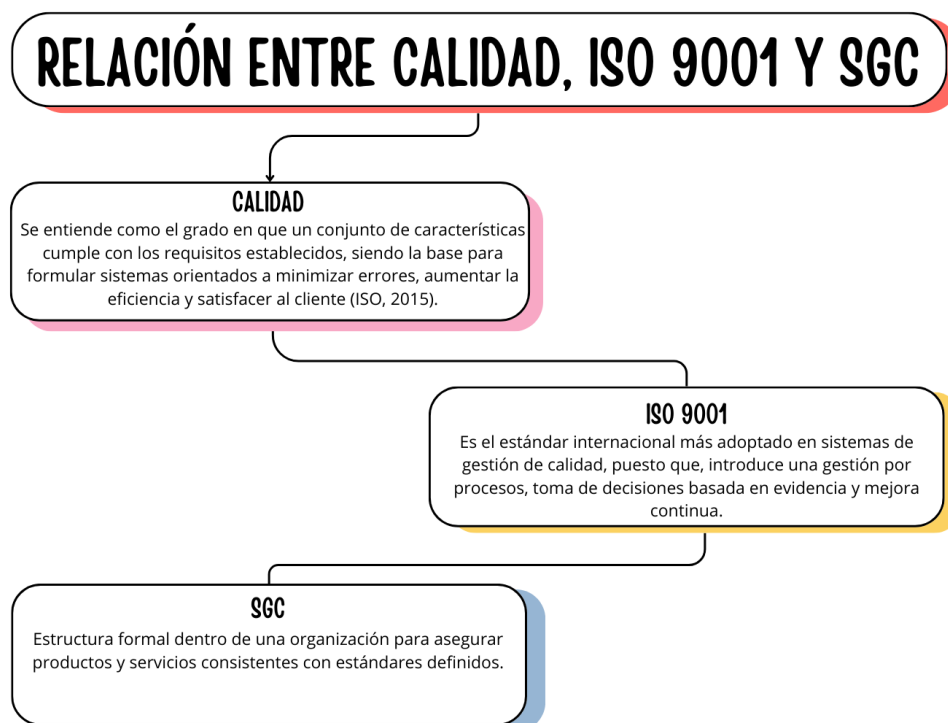
Cabe subrayar que, según Kwiek (2024), ofrece una visión aplicada del uso de IA en el sector turístico, específicamente en la industria hotelera, de modo que, el objetivo fue explorar cómo la norma ISO 9001:2015 puede ser complementada y fortalecida mediante la implementación de tecnologías de inteligencia artificial con el fin de mejorar la experiencia del cliente y la eficiencia operativa. A través de un análisis descriptivo y de casos prácticos, el estudio demostró cómo herramientas de IA pueden ser utilizadas para automatizar procesos, detectar fallas, personalizar servicios en conjunto con el hecho de facilitar una gestión proactiva de la calidad. Por lo tanto, las conclusiones sugieren que la IA aporta valor en términos de mejora continua aparte que actúa como un diferenciador competitivo en un mercado donde la satisfacción del cliente es un criterio clave de éxito.

Marco Teórico o Analítico

En el marco se pretende analizar el uso de la inteligencia artificial (IA) para el control de calidad automatizado dentro de los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) que se hace imprescindible establecer una base teórica que oriente la interpretación del fenómeno bajo estudio permitiendo contextualizar sus dimensiones técnicas y organizativas aparte del hecho de identificar las categorías clave para su análisis empírico. Con base en que es imprescindible delimitar conceptualmente los tres pilares particulares que articulan este análisis que comprende la calidad, inteligencia artificial e ISO 9000.

Figura 1

Relación entre calidad, ISO 9001 y SGC

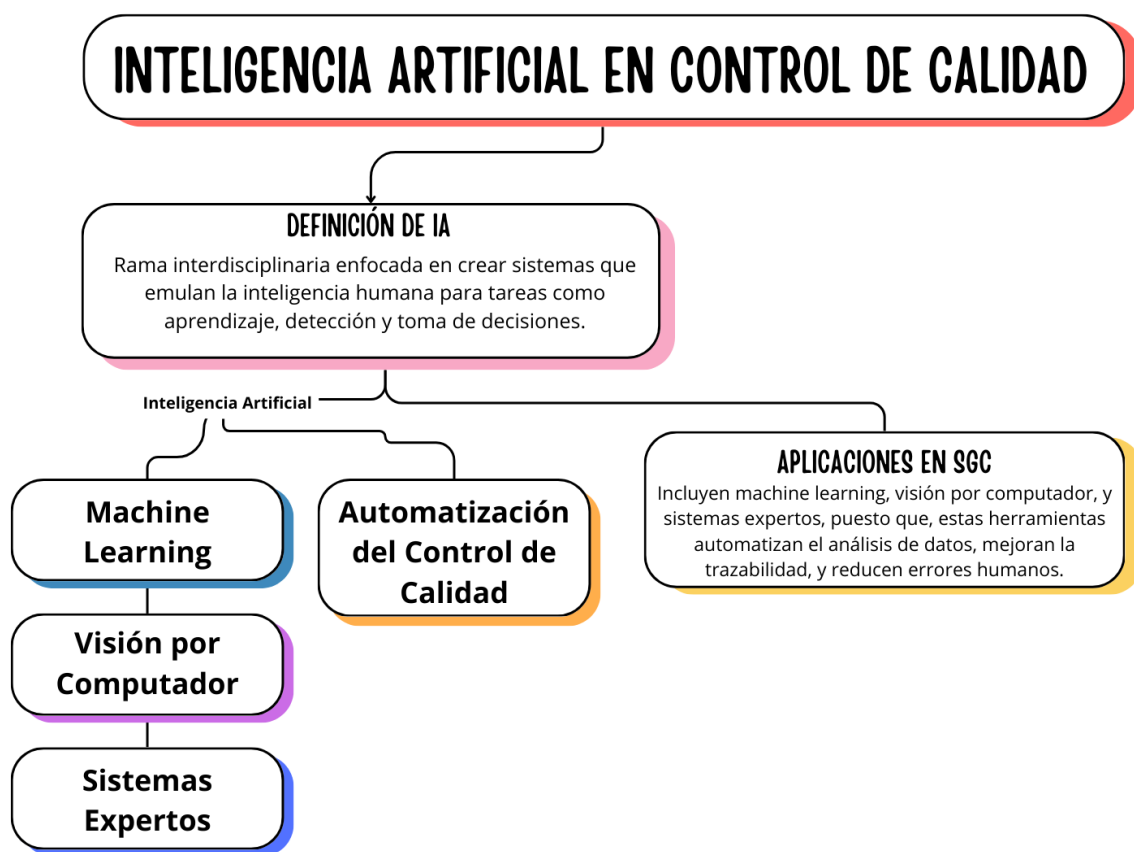


Fuente. Autoría propia

Conviene destacar que, la calidad se entiende en términos generales como el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos (ISO, 2015). En el contexto organizacional, esto se traduce en la capacidad sistemática de una empresa para satisfacer las expectativas del cliente, minimizar errores aparte de fomentar la mejora continua. Ahora bien, esta definición es la base para la formulación de los Sistemas de Gestión de la Calidad (SGC) cuyo propósito es garantizar productos del servicios consistentes, eficientes y sostenibles.

Figura 2

IA en control de calidad



Fuente. Autoría propia

Desde otra perspectiva, la inteligencia artificial (IA) hace referencia a un campo interdisciplinario de las ciencias computacionales que diseña algoritmos en conjunto con los sistemas capaces de realizar tareas que tradicionalmente requerían inteligencia humana tal como el aprendizaje, la percepción, la toma de decisiones y la predicción (Rodríguez, Calderon, Melita, & Wiliam, 2024). En el contexto industrial, la IA permite automatizar procesos complejos mediante herramientas como el aprendizaje automático (machine learning), visión por computador o sistemas expertos, mejorando de tal forma la detección de fallos, la trazabilidad y la eficiencia operativa. Por consiguiente, la familia de normas ISO 9000 establece principios fundamentales y requisitos para implementar un sistema de gestión de la calidad en cualquier organización, puesto que, la norma ISO 9001:2015 en particular se centra en una gestión basada en procesos, la mejora continua y la toma de decisiones basada en evidencia, siendo uno de los marcos normativos más adoptados a nivel global en industrias manufactureras y de servicios (Montesinos, Vázquez Cid de León, Maya Espinoza, & Baruc, 2020).

En esta línea de investigación, la calidad según la norma ISO 9000 (2015), se define como el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos establecidos, puesto que, esta visión se traduce organizacionalmente en la capacidad de generar productos y servicios que satisfagan las expectativas del cliente, reduzcan errores y fomenten la mejora continua. En ese contexto, los Sistemas de Gestión de la Calidad (SGC) (regidos principalmente por la norma ISO 9001) ofrecen un marco normativo ampliamente adoptado a nivel global, cuya arquitectura se basa en como la gestión por procesos, el enfoque al cliente, la toma de decisiones basada en evidencia y la mejora continua (Montesinos, Vázquez Cid de León, Maya Espinoza, & Baruc, 2020). En Colombia, estudios como los de Osorio y Sinisterra (2024), señalan que las organizaciones que efectúan ISO 9001 tienden a mejorar sus procesos internos,

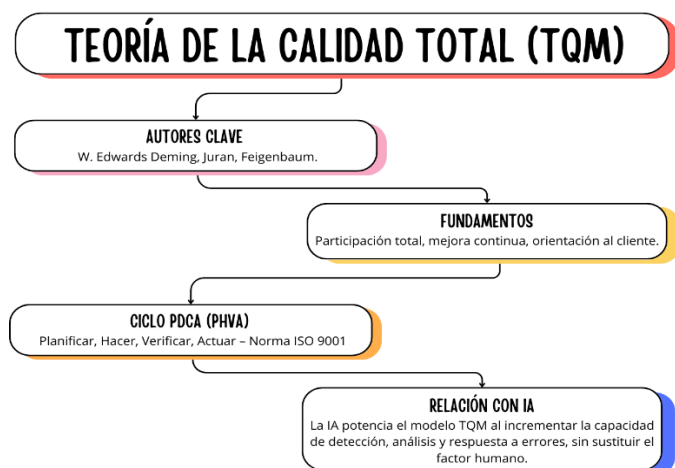
aunque persisten dificultades relacionadas con la medición objetiva de calidad en conjunto con la digitalización de controles operativos, para examinar cómo la IA puede fortalecer los SGC en contextos latinoamericanos y nacionales.

Teoría de la Calidad Total (TQM)

La teoría de la calidad total (Total Quality Management - TQM) ampliamente desarrollada desde mediados del siglo XX representa el eje central de este marco teórico, puesto que, sus principales exponentes como W. Edwards Deming, Joseph Juran y Armand Feigenbaum propusieron un enfoque sistémico de la gestión de calidad que aboga por la mejora continua, la participación de todos los miembros de la organización y la orientación constante hacia la satisfacción del cliente. De acuerdo con, Deming en el año de 1986 resaltó la jerarquía de la variabilidad como fuente de error aparte que propuso un ciclo de mejora continua basado en planificación, ejecución, verificación y acción (ciclo PDCA) que ha sido ampliamente adoptado en los SGC bajo estándares como ISO 9001 (Montesinos, Vázquez Cid de León, Maya Espinoza, & Baruc, 2020).

Figura 3

Teoría de la calidad total (TQM)



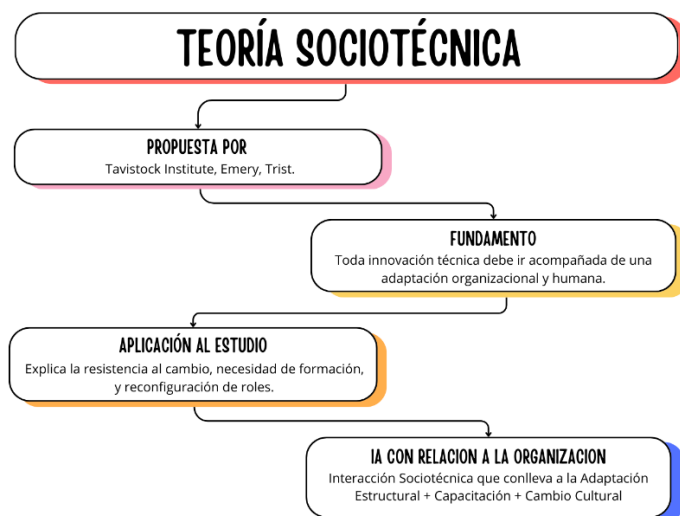
Fuente. Autoría propia

Desde un enfoque particular, según lo examinado por Deming en el año de 1986 resaltó la importancia de la reducción de la variabilidad como núcleo del control de calidad aparte del hecho que propuso el famoso ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) como herramienta para estructurar procesos organizativos, con base en que, este ciclo se integra de manera formal en los SGC actuales y es un componente central de normas como la ISO 9001. Por otro lado, lo distinguido en este marco es que la IA no sustituye al componente humano, sino que complementa y potencia la capacidad organizativa para prevenir errores, responder a desviaciones y optimizar procesos. De acuerdo con estudios recientes han validado que los sistemas de calidad modernos deben evolucionar hacia estructuras más flexibles e inteligentes, sin abandonar los principios fundacionales de la calidad (CEPAL, 2021).

Lo relevante en este marco es que la IA no desplaza al componente humano, sino que lo complementa al permitir una mayor capacidad de análisis, reacción y mejora, puesto que, la CEPAL (2021) enfatiza que los sistemas de calidad deben evolucionar hacia estructuras más inteligentes sin abandonar sus principios fundacionales. En Colombia, según Sanabria y Frade (2023), señalan que las empresas que han alineado sus prácticas con la TQM e incorporado IA han evidenciado mejoras sustanciales en satisfacción del cliente y reducción de reprocesos.

Teoría Sociotécnica

Como segundo pilar, se incorpora la **Teoría Sociotécnica**, desarrollada inicialmente por el *Tavistock Institute of Human Relations* en la década de 1950, esta teoría plantea que los sistemas técnicos (máquinas, algoritmos, procedimientos) en conjunto con los sistemas sociales (personas, cultura, estructuras) están interrelacionados de forma inseparable. Por lo tanto, cualquier cambio tecnológico como la incorporación de IA en procesos de control de calidad requiere una reconfiguración de estructuras sociales unto con las organizativas (Gómez, 2021).

Figura 4*Teoría sociotécnica*

Fuente. Autoría propia

Por consiguiente, autores como Trist (1981), Emery (1960) y Pasmore (1988) afirman que el éxito de las innovaciones tecnológicas no depende solo de su eficiencia funcional aparte del hecho que de la misma manera de su capacidad para alinearse con las dinámicas humanas de la organización. Ahora bien, esta teoría aporta una base crítica para entender fenómenos como la resistencia al cambio, la necesidad de capacitación técnica en conjunto con la redefinición de roles laborales. Ahora bien, los estudios recientes evidencian que, si no se gestiona adecuadamente la interacción entre lo técnico aparte de lo humano, la implementación de tecnologías avanzadas puede generar disrupciones organizacionales severas (Rodriguez, Calderon, Melita, & Wiliam, 2024).

En Colombia, estudios como el de Hurtado y Borjas (2023), sobre Pymes manufactureras en Bogotá evidencian que las principales barreras para la digitalización no son tecnológicas aparte de culturales y organizativas que comprende miedo al cambio, estructuras jerárquicas

inflexibles y escasa formación técnica, puesto que, esta teoría permite analizar estos fenómenos e introducir variables humanas como la resistencia al cambio y la redefinición de roles.

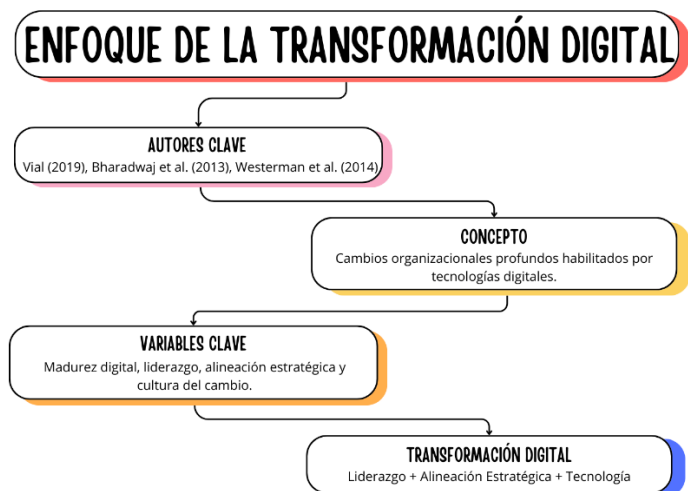
Enfoque de la Transformación Digital

Como tercer eje teórico, se incorpora igualmente el enfoque de la transformación digital, considerado aún como una proto-teoría debido a su reciente desarrollo conceptual y a la multiplicidad de perspectivas que confluyen en su definición. Aunque aún no consolidado como un cuerpo teórico cerrado, este enfoque ha sido adoptado ampliamente por autores como Vial (2019), Bharadwaj et al. (2013) y Westerman et al. (2014) quienes han definido la transformación digital como un proceso de cambio organizacional profundo habilitado por tecnologías digitales avanzadas que afectan los modelos de negocio en conjunto con las cadenas de valor aparte de la cultura, las capacidades y las estructuras internas de las organizaciones.

Desde esta perspectiva, variables como la madurez digital, el liderazgo tecnológico, la disposición al cambio en conjunto con la alineación estratégica se convierten en dimensiones clave para analizar la integración de IA en los SGC (Espinosa, 2023). La utilidad de esta aproximación radica en su capacidad para ofrecer un marco analítico dinámico que permite identificar tanto facilitadores como obstáculos en el proceso de adopción tecnológica lo cual resulta especialmente pertinente en contextos donde las capacidades institucionales son limitadas o desigualmente distribuidas, como es el caso de muchas Pymes latinoamericanas. Por consiguiente, este enfoque es especialmente útil en contextos con capacidades institucionales limitadas, como ocurre en muchas Pymes latinoamericanas, donde las brechas tecnológicas pueden comprometer los beneficios esperados de la automatización.

Figura 5

Enfoque de la transformación digital (TD)



Fuente. Autoría propia

Desde el contexto colombiano, el MinTIC (2024) revela que apenas un 27% de las empresas cuenta con una estrategia formal de transformación digital, lo cual limita el aprovechamiento de tecnologías como la IA. En esta línea de investigación, la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI, 2024), destaca que sectores como el agroindustrial y farmacéutico han mostrado avances importantes, mientras que las Pymes aún presentan una digitalización incipiente.

Articulación de los Enfoques

Cabe destacar que la articulación de estas tres corrientes teóricas permite construir un marco analítico integrador y multidimensional que se ajusta a la complejidad del fenómeno. Mientras la teoría de la calidad total permite evaluar la efectividad de los sistemas de gestión, la

teoría sociotécnica aporta la sensibilidad necesaria para considerar los aspectos humanos con los organizacionales implicados en la ejecución de tecnología avanzada y el enfoque de la transformación digital que introduce variables contextuales e institucionales que influyen en la velocidad, profundidad y sostenibilidad del cambio tecnológico. Por consiguiente, la mezcla que facilita el diseño de categorías de análisis robustas como automatización, eficiencia operativa, resistencia al cambio, alineación estratégica junto con la cultura organizacional que guiarán tanto la recolección como la interpretación de los datos empíricos en el desarrollo del estudio.

Figura 6

Articulación de los enfoques



Fuente. Autoría propia

En esta línea de investigación, la integración de estas tres perspectivas permite construir un marco analítico robusto y multidimensional adecuado para abordar la complejidad del fenómeno de estudio. Por otro lado, la teoría de la calidad total proporciona criterios fundamentales de evaluación, la teoría sociotécnica introduce sensibilidad al factor humano y organizativo aparte del enfoque de transformación digital aporta variables contextuales que afectan la velocidad, profundidad y sostenibilidad del cambio. Por ello, esta articulación conceptual permite diseñar categorías analíticas como:

Automatización del control de calidad

Eficiencia operativa

Resistencia al cambio

Madurez tecnológica

Alineación estratégica

Cultura organizacional

Por lo tanto, en cuanto a la sistematización de la literatura que sustenta este marco teórico, se han consultado aparte de lo analizado fuentes académicas de alta relevancia provenientes de bases de datos indexadas como Scopus, Web of Science y Google Scholar, tal como publicaciones de organismos normativos internacionales como la Organización Internacional de Normalización (ISO) y artículos especializados sobre inteligencia artificial en ingeniería, gestión de calidad y administración organizacional. Por consiguiente, este proceso ha permitido establecer una base conceptual rigurosa, actualizada y coherente con los objetivos de la investigación, asegurando así la validez analítica junto con la solidez interpretativa del estudio.

Marco Legal

En el contexto de la transformación digital acelerada que atraviesan las organizaciones contemporáneas, el marco legal aplicable a la inteligencia artificial (IA) y su implementación en los sistemas de gestión de calidad (SGC) adquiere una relevancia cada vez más crítica substancialmente si se considera que el uso de tecnologías inteligentes implica un cambio técnico, sino también ético, regulatorio y organizacional. Por otro lado, la aplicación de IA en procesos de control de calidad automatizado plantea nuevas preguntas jurídicas sobre la responsabilidad, la protección de datos, la trazabilidad de decisiones automatizadas y el cumplimiento normativo particularmente en sectores regulados y certificados bajo estándares internacionales. En este contexto, establecer un marco legal claro, actualizado y coherente con el ritmo de la innovación tecnológica es una condición sine qua non para garantizar tanto la legitimidad de los procesos como la seguridad jurídica de las organizaciones que adoptan estas herramientas.

Normas Internacionales

Uno de los principales referentes legales y técnicos en materia de calidad es la norma ISO 9001:2015, la cual establece los requisitos para un Sistema de Gestión de Calidad basado en un enfoque de procesos, pensamiento basado en riesgos y mejora continua (ISO, 2015). Aunque la norma no se refiere de forma explícita a la inteligencia artificial, sí establece lineamientos que pueden facilitar su incorporación tales como la necesidad de controlar procesos mediante datos objetivos, asegurar la trazabilidad de las decisiones garantizar la competencia del personal y establecer mecanismos de monitoreo y mejora. En ese sentido, la IA puede entenderse como una tecnología habilitadora que, si se integra adecuadamente, fortalece el cumplimiento de los principios establecidos en la norma, tales como la orientación al cliente, el liderazgo, la toma de

decisiones basada en evidencia en conjunto con la gestión de relaciones con las partes interesadas. A pesar del hecho que, esta integración debe realizarse con precaución, ya que cualquier sistema automatizado que afecte la calidad del producto o servicio debe ser validado, auditado y documentado de forma transparente para cumplir con los requisitos de certificación internacional.

A nivel supranacional, la regulación de la inteligencia artificial ha comenzado a consolidarse a través de iniciativas pioneras como la Ley de Inteligencia Artificial de la Unión Europea (AI Act), aprobada en 2024, la cual constituye el primer marco normativo integral a nivel mundial en esta materia (EU, 2024). Ahora bien, este reglamento establece una clasificación por niveles de riesgo para los sistemas de IA y fija obligaciones diferenciadas según su impacto potencial sobre los derechos fundamentales en conjunto con la seguridad. Por ello, entre los aspectos más relevantes se encuentran la exigencia de transparencia algorítmica, la trazabilidad de decisiones automatizadas, la obligación de realizar evaluaciones de impacto y la garantía de supervisión humana en sistemas de alto riesgo. De este modo, el marco resulta especialmente relevante para la presente investigación, en tanto que los sistemas de IA aplicados al control de calidad substancialmente en industrias como la farmacéutica, automotriz o alimentaria pueden ser considerados de alto riesgo si impactan en la salud, la seguridad o los derechos de los consumidores.

Al mismo tiempo, organismos como la OCDE y la UNESCO han publicado recomendaciones internacionales sobre la ética en la inteligencia artificial, enfatizando principios como la justicia algorítmica, la no discriminación, la transparencia, la aplicabilidad en conjunto con la rendición de cuentas, puesto que, las orientaciones, aunque no son de carácter vinculante, representan una referencia normativa creciente que las organizaciones deben considerar al

momento de diseñar e implementar sus sistemas inteligentes primordialmente cuando estos interactúan con procesos sensibles como la garantía de calidad de productos o servicios.

Normas Latinoamérica y Nacionales

En América Latina, el desarrollo normativo en torno a la inteligencia artificial es aún incipiente, aunque se han dado pasos importantes hacia la formulación de políticas públicas y estrategias nacionales que promueven una adopción ética y responsable de estas tecnologías. En países como Brasil, México y Argentina, se han impulsado propuestas legislativas y programas de fomento que incluyen aspectos como la protección de datos, el acceso equitativo a la tecnología y el fortalecimiento de capacidades institucionales (CEPAL, 2013). En el caso de Colombia, el Plan Nacional de Desarrollo y la Política Nacional de Inteligencia Artificial (2019–2025) establecen lineamientos generales para el uso de la IA con énfasis en la productividad, la innovación y la inclusión social, aunque aún no se cuenta con una ley determinada que regule su aplicación en sectores industriales o sistemas de gestión de calidad (DNP, 2024).

En el ámbito de los SGC, Colombia ha adoptado las normas ISO como referencia principal a través del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) por lo que las organizaciones que buscan certificarse en ISO 9001 deben cumplir con sus lineamientos, incluso al incorporar tecnologías inteligentes (ICONTEC, 2025). Desde otra perspectiva, el país cuenta con marcos legales relevantes como la Ley 1581 de 2012 sobre protección de datos personales (Congreso, Ley 1581, 2012). Por otro lado, la Ley 1266 de 2008 sobre el habeas data financiero, que deben ser considerados en cualquier implementación de IA que procese información sensible, substancialmente en aplicaciones donde los sistemas automatizados analicen datos de clientes o proveedores para evaluar conformidad o no conformidad con estándares de calidad (Congreso, 2008).

Implicaciones Legales del uso de IA en Control de Calidad

Desde una perspectiva más aplicada, la incorporación de IA en procesos de control de calidad automatizado implica una serie de consideraciones legales adicionales, entre las cuales destaca la responsabilidad por fallos algorítmicos. En efecto, si un sistema de IA comete un error que afecta la calidad del producto final, como ejemplo al no detectar un defecto crítico resulta fundamental determinar si la responsabilidad recae en el proveedor del software, en el desarrollador del algoritmo, en el usuario final o en la organización como titular del sistema. De la misma forma, este problema se entrelaza con la necesidad de establecer protocolos de supervisión humana, que garanticen que las decisiones automatizadas puedan ser auditadas, explicadas y eventualmente revertidas conforme a los principios del debido proceso en conjunto con la justicia organizacional.

Por otro lado, la implementación de IA debe regirse por principios de seguridad digital y ciberseguridad, dado que los sistemas automatizados pueden ser vulnerables a accesos no autorizados, manipulaciones externas o filtraciones de información sensible. En este contexto, el cumplimiento de normas como ISO/IEC 27001 (gestión de seguridad de la información) resulta complementario a ISO 9001 en tanto ambas buscan establecer entornos seguros, confiables y alineados con los objetivos estratégicos de la organización (ISO/IEC, 2022).

Diseño Metodológico

Paradigma

Con el fin de responder adecuadamente a la pregunta de investigación planteada y de alcanzar los objetivos específicos propuestos se ha optado por un diseño metodológico que se alinea con el paradigma interpretativo el cual concibe la realidad social como una construcción dinámica, subjetiva y contextualizada que solo puede ser comprendida a partir de la interpretación de los significados atribuidos por los actores y documentos enmarcados dentro de un contexto particular (Gómez, 2022). En este sentido, dicho paradigma parte de la premisa de que el conocimiento no es absoluto ni externo, sino que emerge a partir de las relaciones entre el investigador en conjunto con el fenómeno estudiado que convierte la labor investigativa en un proceso reflexivo y comprensivo más que explicativo o predictivo.

Enfoque

Bajo esta orientación epistemológica, se adopta un enfoque cualitativo, el cual permite una comprensión profunda y contextualizada del fenómeno de estudio es la implementación de la inteligencia artificial para el control de calidad automatizado en el marco de los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) a través del análisis de significados, patrones, contextos y relaciones simbólicas que subyacen a la documentación especializada (Hernández, Carlos, & Pilar, 2014). A diferencia del enfoque cuantitativo, este tipo de investigación no busca generalizar resultados a partir de grandes muestras ni calcular frecuencias estadísticas, sino interpretar discursos, tendencias y narrativas que permitan arrojar luz sobre los sentidos y prácticas en torno al objeto de estudio.

Tipo de Investigación

En lo que respecta al tipo de investigación, se establece que esta es de naturaleza descriptiva en tanto su propósito principal es identificar, categorizar y sistematizar los elementos teóricos, técnicos, normativos y prácticos relacionados con el uso de la inteligencia artificial en el control de calidad automatizado (Arias, 2006). Dicha caracterización se fundamenta en el estudio profundo de fuentes documentales seleccionadas rigurosamente lo cual permitirá describir las distintas formas en que la IA ha sido implementada en contextos organizacionales diversos apartes del hecho que permite señalar sus beneficios, limitaciones, barreras de adopción y condiciones de aplicabilidad en el marco de los SGC. Ahora bien, esta investigación no pretende intervenir en la realidad mediante experimentación ni modificar las variables observadas, sino más bien construir una representación comprensiva, ordenada aparte de contextualizada del fenómeno a partir del examen crítico de los documentos seleccionados.

Diseño de la Investigación

El diseño metodológico contempla una secuencia de cuatro fases interrelacionadas cada una con objetivos, actividades y productos claramente definidos, los cuales garantizan un desarrollo coherente, ordenado aparte de riguroso del proceso investigativo.

Fase 1: Delimitación Temática y Búsqueda Exploratoria

En esta etapa inicial se definió con precisión el tema de estudio, se formularon los objetivos y la pregunta de investigación aparte que se establecieron los criterios de inclusión y exclusión de documentos. Desde una perspectiva comparable, se desarrolló una búsqueda exploratoria de literatura utilizando bases de datos académicas reconocidas (como Scopus, Web of Science, Google Scholar y Scielo) tal como portales normativos y documentos institucionales relacionados con la ISO 9001 y tecnologías de automatización. Ahora bien, el objetivo de esta

fase fue obtener una visión panorámica del estado del arte, identificar antecedentes relevantes y construir una base preliminar de datos documentales.

Fase 2: Selección y Sistematización de Documentos

Una vez finalizada la búsqueda inicial, se procedió a seleccionar los documentos más pertinentes, empleando criterios como la actualidad, relevancia temática, rigor académico, aplicabilidad al contexto latinoamericano en conjunto con la validez institucional. Por consiguiente, los documentos seleccionados fueron organizados en una matriz de análisis documental, en la cual se sistematizó información clave como el objetivo del estudio, metodología empleada, resultados obtenidos aparte de las conclusiones principales. Por lo que, esta matriz sirvió como insumo fundamental para las etapas posteriores, al permitir una lectura comparativa en conjunto con la analítica de los diferentes enfoques y hallazgos existentes.

Fase 3: Análisis Interpretativo y Categorización

Durante esta fase, se aplicaron técnicas de análisis cualitativo de contenido, combinando una lectura inductiva y deductiva de los documentos para identificar categorías emergentes, conceptos clave y relaciones significativas entre las variables de interés. En este contexto, se integraron también los marcos teóricos previamente definidos, permitiendo una triangulación conceptual que enriqueció la comprensión del fenómeno. Las categorías identificadas como inteligencia artificial, control de calidad automatizado, eficiencia operativa, resistencia al cambio, estrategias de mejora, entre otras fueron agrupadas y reinterpretadas a la luz del marco analítico construido que permitió desarrollar una narrativa argumentativa coherente, crítica y fundamentada.

Fase 4: Construcción del Informe y Contrastación Teórica

Se procedió a la redacción del informe de resultados, integrando los hallazgos documentales con los referentes teóricos aparte de los legales previamente establecidos. Por otro lado, la etapa incluyó la elaboración de secciones analíticas específicas, la formulación de conclusiones parciales por categoría en conjunto con la articulación final del discurso argumentativo de la investigación. De la misma forma, se contrastaron los resultados obtenidos con la literatura teórica más actualizada que permitió identificar convergencias, disonancias y vacíos que abren nuevas líneas para investigaciones futuras.

Categorías de Análisis

A partir de la operacionalización de los objetivos determinados y del marco teórico que se identificaron un conjunto de categorías de análisis que permiten estructurar el abordaje metodológico de forma sistemática y coherente, de modo que, las categorías, definidas conceptualmente aparte de vinculadas a fuentes de información específicas.

Tabla 1

Categorías de análisis

Categoría	Definición	Fuente de información
Inteligencia artificial (IA)	Conjunto de tecnologías computacionales que permiten simular capacidades humanas como la predicción, el aprendizaje y la toma de decisiones.	Artículos científicos, informes técnicos
Control de calidad automatizado	Sistema tecnológico que permite inspeccionar, evaluar y mejorar productos o servicios sin intervención humana directa.	Documentos normativos, literatura especializada

Sistema de Gestión de Calidad	Conjunto estructurado de procesos, políticas y recursos enfocados en garantizar la calidad y la mejora continua.	Normas ISO, manuales organizacionales
Efectividad operativa	Nivel de precisión, velocidad y éxito en la detección de errores y cumplimiento de estándares.	Casos documentados, estudios empíricos
Estrategias de mejora (ISO 9001)	Prácticas organizativas orientadas al fortalecimiento del sistema de calidad a través de tecnologías emergentes como la IA.	Informes institucionales, guías normativas

Fuente. Autoría propia

Criterios de Elegibilidad

En el desarrollo del preeminente apartado se espera asegurar la rigurosidad, pertinencia y actualidad de la información utilizada en esta investigación, se definieron criterios claros de elegibilidad que guiaron el proceso de selección documental. Por consiguiente, estos criterios permitieron filtrar fuentes relevantes, confiables y contextualizadas con el objeto de estudio, garantizando así la validez en conjunto con la coherencia del análisis desarrollado.

Criterios de Inclusión

Publicaciones de los últimos 5 años (2021–2025), con excepciones justificadas por relevancia histórica (por ejemplo, autores clásicos como Deming o Juran).

Documentos indexados o provenientes de fuentes académicas reconocidas, como Scopus, Web of Science, Redalyc, Scielo y Google Scholar.

Pertinencia temática, es decir, estudios que aborden directa o indirectamente la relación entre inteligencia artificial, control de calidad o sistemas de gestión.

Documentos con validez institucional, como informes de la ISO, CEPAL, MinTIC, ANDI, entre otros.

Enfoque en contextos latinoamericanos o países en desarrollo, especialmente Colombia.

Criterios de exclusión

Fuentes sin respaldo académico o institucional (blogs, opiniones sin referenciación).

Publicaciones duplicadas, desactualizadas (anteriores a 2015 sin justificación), o sin relación clara con el tema de investigación.

Estudios enfocados exclusivamente en aplicaciones militares, biomédicas o fuera del ámbito organizacional.

Técnica de Investigación

La técnica principal de investigación utilizada fue el análisis documental, el cual permite explorar, examinar en conjunto con el hecho de comparar sistemáticamente fuentes escritas con el fin de construir una interpretación crítica del fenómeno en cuestión. Por otro lado, este tipo de técnica resulta especialmente adecuada cuando se estudian fenómenos contemporáneos a partir de fuentes ya publicadas o institucionalmente consolidadas como en el caso del pertinente estudio.

Instrumentos de Investigación

Como instrumentos de investigación, se utilizó una matriz de análisis documental diseñada ad hoc, la cual permitió organizar en conjunto con el hecho de codificar los datos extraídos de cada fuente según las categorías de análisis previamente definidas. Cabe destacar que, esta matriz incluyó campos como autor, año, tipo de fuente, objetivo del documento, metodología empleada, hallazgos principales y conclusiones lo cual facilitó el posterior proceso de síntesis, comparación y categorización.

Análisis de Datos

El proceso de análisis de datos se estructuró en tres fases claramente definidas, que corresponde a un procesamiento de datos.

Tabla 2*Procesamiento de datos*

Fase del análisis	Tipo de datos	Técnicas empleadas	Propósito
Exploratoria	Cualitativos (textuales, discursivos)	Lectura crítica, identificación de temas centrales	Reconocimiento de patrones y conceptos clave
Categorización	Cualitativos estructurados por matriz	Codificación abierta, agrupación por categorías	Sistematización y organización lógica de la información
Interpretativa y comparativa	Datos teóricos y empíricos combinados	Triangulación conceptual, análisis inductivo-deductivo	Construcción argumentativa y desarrollo de conclusiones temáticamente integradas

Fuente. Autoría propia

Resultados

Identificar las Principales Tecnologías de Inteligencia Artificial Utilizadas en el Control de Calidad Automatizado y su Integración en los Sistemas de Gestión de Calidad

A partir del análisis documental realizado en el marco de esta investigación se ha logrado identificar un conjunto significativo de tecnologías de inteligencia artificial (IA) que están siendo aplicadas de manera progresiva y estratégica en los procesos de control de calidad automatizado permitiendo su integración gradual en los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC). Por otro lado, este resultado revela el dinamismo tecnológico que atraviesan las industrias actuales parte del hecho que permite trazar un panorama de transformación en términos de eficiencia, precisión y sostenibilidad en la gestión de la calidad lo cual repercute directamente en la competitividad organizacional, la innovación continua en conjunto con la estandarización de procesos según normativas internacionales como la ISO 9001:2015.

Tabla 3

Matriz documental de tecnologías de Inteligencia Artificial en el control de calidad automatizado

Precedentes	Modo de uso	Tecnologías de IA identificadas	Aplicación en control de calidad	Integración con SGC	Principales hallazgos
Industria 4.0 y gestión de calidad empresarial	El impacto de la IA en tiempos modernos	General: IA en procesos automatizados	Mejora de eficiencia y reducción de errores humanos	Se alinea con principios de mejora continua y eficiencia en procesos	Destaca beneficios sociales y riesgos como la privacidad y desempleo
Inteligencia artificial en acuicultura: fundamentos, aplicaciones y perspectivas futuras	IA en la optimización de programas informáticos	Machine Learning, algoritmos de optimización	Identificación de patrones y mejora de procesos computacionales	Aplicable a procesos técnicos del SGC con enfoque en eficiencia	IA transforma la eficiencia del software, potencialmente útil para calidad
Una regulación legal y de calidad para los análisis automatizados de datos o con inteligencia artificial. Los altos estándares que exigen el Tribunal Constitucional alemán y	IA en agricultura sostenible	Drones, sensores, IoT, Big Data, Machine Learning	Supervisión en tiempo real, detección de fallas agrícolas	Integra monitoreo continuo y sostenible en gestión de calidad agrícola	Aumenta productividad y sostenibilidad, reduce riesgos operativos

otros tribunales, que no se cumplen ni de lejos en España

Inteligencia artificial y aprendizaje automatizado, ¿oportunidad o amenaza?

IA en entornos colaborativos industriales

Robots colaborativos (Cobots), sensores inteligentes

Ejecución de tareas con autonomía, prevención de errores

Reemplaza tareas repetitivas y eleva seguridad laboral dentro del SGC

Mejora toma de decisiones en entornos de alto riesgo

Aplicación de Deep Learning para la identificación de defectos superficiales utilizados en control de calidad de fabricación y producción industrial: una revisión de la literatura

IA y automatización del trabajo en México

Machine Learning, IA aplicada a manufactura y comercio

Mejora de productividad, estandarización de calidad

Amplia aplicación transversal en diferentes sistemas productivos

Aborda automatización y desafíos socioeconómicos

Automatización de procesos contables mediante Inteligencia Artificial: Oportunidades y desafíos para pequeños empresarios ecuatorianos

IA en procesos contables ecuatorianos

PLN, automatización documental, asistentes inteligentes

Clasificación y auditoría automatizada de documentos

Se integra a SGC administrativos para aumentar trazabilidad

IA mejora eficiencia documental en sectores no industriales

El impacto de la Inteligencia Artificial en las empresas	Impacto de la IA en las empresas	IA general, analítica predictiva, automatización	Personalización de servicios y control operativo	Fortalece indicadores de calidad y relación con el cliente	Adaptación organizacional como clave de éxito competitivo
Estudio bibliográfico sobre la aplicación en inteligencia artificial y análisis de big data a gestión de calidad de proyectos de ingeniería civil	Big Data e IA en ingeniería civil	Big Data Analytics, IA para predicción de fallas	Evaluación estructural de calidad en proyectos de ingeniería	Alta aplicabilidad en planeación, control y gestión de calidad	Reducción de errores técnicos y optimización de recursos
Evaluación y acreditación universitaria: Integración de la inteligencia artificial en los sistemas de calidad	IA en acreditación universitaria	Algoritmos de evaluación automatizada	Mejora de consistencia y objetividad en evaluaciones	Aplicación en procesos de calidad académica e institucional	Reducción de tiempos y mayor confiabilidad del sistema
La implementación de la inteligencia artificial en los sistemas de calidad de los hoteles	IA en sistemas de calidad hotelera	IA para personalización de servicios, monitoreo de calidad	Automatización de procesos, análisis de satisfacción	Mejora continua mediante herramientas de retroalimentación automática	Optimiza la experiencia del cliente y procesos internos

Fuente. Autoría propia

Con base en la matriz documental anterior, sobresale el uso de técnicas de aprendizaje automático (machine learning) y aprendizaje profundo (deep learning), cuyas capacidades para reconocer patrones, aprender de datos históricos y generar predicciones fiables han demostrado ser particularmente efectivas en la identificación de defectos, evaluación de parámetros y supervisión en tiempo real (Aparicio & Devia Lozano, 2023). Por consiguiente, este hallazgo se respalda en estudios como el de la Aplicación de Deep Learning para la identificación de defectos superficiales en productos industriales el cual muestra cómo dichas tecnologías son capaces de adaptarse a distintas etapas de producción mediante la combinación de redes neuronales convolucionales y técnicas de transferencia de aprendizaje ofreciendo de esta forma una solución robusta para el control automatizado de calidad en industrias manufactureras altamente demandantes.

De la misma forma, tecnologías como la visión por computadora, que permite la captura, procesamiento e interpretación de imágenes industriales mediante algoritmos de IA que han sido implementadas con éxito para inspecciones visuales automáticas, reduciendo considerablemente los márgenes de error humano y elevando los estándares de calidad (Vasquez, Inga, & Betalleluz Pallardel, 2022). Ahora bien, este tipo de aplicaciones son fundamentales en sectores como el hotelero, el manufacturero y la acuicultura, donde la estandarización de la calidad visual es un criterio esencial. Cabe destacar que, la investigación sobre IA en la acuicultura, de modo que se evidencia cómo esta tecnología se ha aplicado para el análisis del entorno acuático, la identificación de enfermedades en conjunto con el monitoreo automatizado de parámetros ambientales, todo ello con el fin de mantener la calidad del cultivo y garantizar procesos más sostenibles.

Por otro lado, el uso de sensores inteligentes, Internet de las Cosas (IoT) en conjunto con las tecnologías como blockchain también se posicionan como recursos tecnológicos de vanguardia para el aseguramiento de la trazabilidad y la transparencia en la gestión de la calidad (Cotino, 2023). En este contexto, la integración de estas herramientas, según se documenta en el estudio sobre agricultura sostenible, ha revolucionado prácticas tradicionales al incorporar tractores autónomos, sistemas de riego inteligentes en conjunto con las plataformas de monitoreo satelital con respaldo de IA consolidando una “agricultura inteligente” que prioriza la eficiencia aparte de la sustentabilidad lo cual también es extrapolable a contextos industriales automatizados.

En el ámbito organizacional, la implementación de sistemas expertos que actúan como asesores automatizados en la toma de decisiones operativas representa otro avance sustancial (Sprockel Diaz, 2023). Por consiguiente, estas tecnologías como se menciona en el estudio correspondiente al impacto de la inteligencia artificial en entornos colaborativos industriales, a que permitido la evolución de simples robots programados hacia robots colaborativos o “cobots”, los cuales ejecutan tareas aparte hecho que interpretan el entorno, ajustan su comportamiento y se anticipan a situaciones potenciales logrando un entorno laboral más seguro y productivo.

Al mismo tiempo, la revisión documental ha evidenciado la creciente jerarquía del procesamiento de lenguaje natural (PLN) substancialmente en industrias de servicios, administración y educación como se destaca en el estudio de automatización de procesos contables en Ecuador donde se identifican asistentes conversacionales inteligentes, software de clasificación documental automática y sistemas de revisión de cumplimiento normativo mediante IA, todos integrados dentro del SGC como mecanismos de verificación en conjunto con el control en auditorías internas (García, Xavier, & Vanessa, 2023).

Desde el punto de vista del diseño normativo, estudios como el referido a la industria 4.0 y la gestión de la calidad empresarial confirman que la adopción de estas tecnologías debe ir acompañada de modelos automatizados de diagnóstico y prevención, además de una actualización progresiva de los estándares normativos para asegurar la alineación con los principios de mejora continua y enfoque basado en procesos (Rey, Maria, Johnny, & Nelson, 2022). En ese mismo sentido, según Rubio (2024) en una de sus investigaciones como la del impacto de la IA en las empresas y el estudio bibliográfico sobre big data en ingeniería civil ponen de manifiesto la necesidad de considerar plataformas de análisis masivo de datos (big data analytics) las cuales alimentadas por IA según lo establecido por Huang (2024), permiten controlar calidad en tiempo real conjuntamente con el hecho de anticiparse a fallos estructurales, logísticos u operacionales con alto nivel de certeza.

Por otro lado, a nivel académico e institucional, el estudio sobre la integración de IA en la acreditación universitaria demuestra cómo estos sistemas también han comenzado a incorporarse en la evaluación de la calidad educativa, mediante el uso de algoritmos que reducen tiempos de revisión, estandarizan criterios de evaluación en conjunto con el hecho que promueven objetividad en la toma de decisiones, lo que indica que la IA se está posicionando como un componente transversal en todos los sectores productivos y organizacionales donde se implementan sistemas de calidad (Ruiz, Carlos, & Lorena, 2024).

Ahora bien, el análisis documental también ha revelado una tendencia creciente hacia la incorporación de modelos híbridos de IA que combinan múltiples tecnologías machine learning, visión artificial, sensores, PLN, robótica dentro de sistemas interconectados de gestión de calidad. Por lo que, esta sinergia de instrumentales permite una integración más fluida de la IA en el marco de la norma ISO 9001 tal como lo evidencia el estudio enfocado en el sector hotelero

donde la IA permite anticipar necesidades del cliente y personalizar servicios aparte de gestionar indicadores de calidad de forma automatizada, optimizando así procesos internos y mejorando la experiencia del usuario final (Kwiek, 2024).

Por lo tanto, se establece que los hallazgos obtenidos en esta primera parte de los resultados permiten afirmar que la inteligencia artificial mediante un conjunto cada vez más sofisticado y diversificado de tecnologías, puesto que, está siendo integrada en múltiples niveles de los Sistemas de Gestión de Calidad como un instrumento técnico aparte del hecho de como un catalizador de transformación organizacional, al mismo tiempo que plantea desafíos significativos en términos de gobernanza tecnológica, formación profesional en conjunto con la adecuación normativa, elementos que serán abordados en los siguientes resultados de esta investigación.

Desde otra perspectiva, las tecnologías más recurrentes fueron el aprendizaje automático (machine learning), el aprendizaje profundo (deep learning), la visión por computadora, los sistemas expertos, la robótica colaborativa (cobots), el procesamiento de lenguaje natural (PLN) y el Internet de las Cosas (IoT). Por lo que, estas tecnologías permiten una automatización avanzada de la supervisión y evaluación de productos con una disminución significativa de errores humanos en conjunto con una mayor precisión en la detección de no conformidades.

Ahora bien, una de las evidencias empíricas más robustas proviene del caso de Grupo Nutresa (2023), que ha implementado sistemas de visión artificial con IA en líneas de producción para detectar defectos en empaques y estandarizar parámetros de calidad visual, logrando una reducción del 30% en tiempos de inspección y mejorando la consistencia del producto. Del mismo modo, Postobón (2023) ha adoptado sensores inteligentes y herramientas predictivas basadas en IA para el monitoreo de variables críticas en su proceso de embotellado,

lo cual ha permitido una disminución del 25% en fallas operativas y la integración en tiempo real de indicadores de calidad al SGC.

De la misma forma, Tecnoquímicas (2024), empresa líder en la industria farmacéutica nacional, ha incorporado sistemas expertos en sus procesos de validación de calidad, empleando algoritmos que comparan resultados de pruebas con estándares normativos en cuestión de segundos que ha derivado en una mejora del 40% en la velocidad de liberación de lotes. Ahora bien, estos casos evidencian cómo las tecnologías IA no solo automatizan tareas aparte que optimizan procesos clave alineados con los principios de mejora continua.

Tabla 4

Principales ejemplos documentados y sus impactos en el contexto colombiano

Empresa	Tecnología de IA Implementada	Aplicación en Control de Calidad	Impacto Medido
Grupo Nutresa	Visión por computadora + Deep Learning	Inspección automática de empaques	Reducción del 30% en tiempo de inspección
Postobón	Sensores IoT + Analítica predictiva	Monitoreo de variables en línea de producción	Disminución del 25% en fallas operativas
Tecnoquímicas	Sistemas expertos + ML	Validación de lotes y pruebas de calidad	Aceleración del 40% en liberación de producto
Acesco	Robótica colaborativa (cobots)	Ensamblaje y prueba de piezas metálicas	Aumento del 20% en precisión de ensamblaje
Bavaria	Machine Learning + Big Data	Predicción de fallos en líneas de envasado	Reducción del 15% en paradas no programadas

Fuente. Autoría propia con base en informes empresariales y literatura técnica

Al mismo tiempo, los hallazgos revelan que sectores como hotelería, la educación y la agricultura también están adoptando tecnologías de IA en sus SGC, aunque con menor intensidad. Ahora bien, algunas cadenas hoteleras colombianas han comenzado a usar algoritmos

para analizar la satisfacción del cliente y generar informes automáticos de mejora. En el sector educativo, universidades como la Universidad Nacional y la Universidad de los Andes experimentan con IA para la autoevaluación y mejora de sus procesos de acreditación institucional. En términos técnicos, se destacan los siguientes aportes de la IA a los SGC:

Reducción de errores humanos mediante sistemas de inspección automatizada.

Mejora de la trazabilidad gracias a IoT y blockchain en procesos de producción.

Predicción de fallas y mantenimiento preventivo mediante modelos de machine learning.

Personalización de estrategias de calidad adaptadas en tiempo real al comportamiento de los sistemas productivos.

Fortalecimiento del cumplimiento normativo, con auditorías automatizadas más precisas y menos invasivas.

Por consiguiente, estos resultados también muestran que la adopción de IA no es homogénea entre sectores y empresas, ya que, grandes industrias como las mencionadas han logrado escalar el uso de estas tecnologías debido a su capacidad de inversión, infraestructura y cultura organizacional orientada a la innovación. Aunque, muchas Pymes aún enfrentan barreras significativas relacionadas con la falta de talento humano especializado, resistencia al cambio y ausencia de una estrategia digital clara. En este marco, el papel de los SGC se redefine no solo como mecanismos de control, sino como plataformas integradoras de tecnologías inteligentes que permiten adaptar la gestión a contextos cada vez más complejos, ya que, la IA actúa como catalizador del rediseño de procesos, facilitando una gestión de calidad proactiva.

Diagnosticar el Estado Actual de Adopción de Inteligencia Artificial en los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) en Sectores Productivos de América Latina

A medida que la cuarta revolución industrial redefine el tejido operativo de las economías emergentes, en el caso de América Latina se encuentra en una encrucijada estratégica frente a la adopción de tecnologías de inteligencia artificial (IA) en sus Sistemas de Gestión de Calidad (SGC). Aunque la región se encuentra compuesta por veinte naciones con realidades heterogéneas desde potencias industriales como Brasil y México hasta economías más dependientes del sector primario como Bolivia o Haití presenta un panorama desigual, las tendencias convergentes revelan una paulatina, aunque incipiente, apropiación de estas herramientas disruptivas. En este contexto, el preminente resultado que refleja un análisis diagnóstico centrado en el grado de implementación de la IA en los SGC aparte que enfrentan los sectores productivos latinoamericanos con exclusivo énfasis en el caso colombiano.

Panorama General de la Región en América Latina

En el complejo entramado geográfico, económico y cultural que constituye América Latina considerada una región que agrupa a 20 países independientes tan diversos como Argentina, Brasil, México, Haití o Paraguay, la adopción de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA) en sistemas estratégicos de gestión tales como los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) que responde a una trayectoria lineal ni homogénea aparte que más bien refleja un mosaico de realidades profundamente dispares, condicionadas por factores estructurales históricos, niveles diferenciados de industrialización, capacidades institucionales desiguales con grados variados de integración con las dinámicas de la economía digital global.

A medida que se examina el estado actual de incorporación de la inteligencia artificial en los SGC dentro del ámbito empresarial productivo regional que emerge con claridad una

tendencia que, si bien es creciente y prometedora, se encuentra aún marcada por limitaciones significativas que impiden su consolidación como componente esencial en la gestión organizacional. Dicho de otra manera, aunque algunos países de la región han comenzado a recorrer el camino hacia la transformación digital de sus procesos de calidad incorporando algoritmos de aprendizaje automático, sensores inteligentes aparte que sistemas predictivos en sus cadenas de producción y monitoreo, muchos otros enfrentan barreras estructurales que frenan su avance, generando un desfase tecnológico que tiende a amplificarse con el tiempo.

Cabe establecer que, este desfase más allá de evidenciarse en indicadores tradicionales como el gasto en investigación y desarrollo (I+D), la densidad de talento digital o el acceso a redes de alta velocidad, se traduce en una fragmentación profunda en la madurez digital de los sectores productivos aparte que, en la capacidad efectiva para adoptar soluciones basadas en IA en áreas críticas como el aseguramiento de la calidad, la mejora continua o la detección temprana de no conformidades. Mientras países como Brasil, Chile, México y Colombia muestran un mayor dinamismo en términos de ejecución de tecnologías habilitadoras en la gestión de calidad a parte que en marcos regulatorios más proactivos, incentivos fiscales para la innovación y ecosistemas tecnológicos más robustos con base en que otras naciones como Haití, Honduras o El Salvador enfrentan desafíos más imprescindibles relacionados con la conectividad básica, la informalidad empresarial o la escasa digitalización de sus procesos internos.

En este contexto de disparidades crecientes, uno de los elementos notables es la forma en que la estructura económica y productiva de cada país condiciona, en gran medida, su capacidad de adoptar IA en los SGC. Por consiguiente, las economías con un mayor grado de diversificación industrial y una participación más activa en cadenas de valor globales tienden a reconocer con mayor claridad la necesidad de incorporar herramientas de IA como parte de sus

estrategias de aseguramiento de la calidad debido a que deben responder a estándares internacionales cada vez más exigentes. Desde una perspectiva contraria, aquellas economías basadas en sectores primarios, con baja tecnificación y débil conexión con mercados internacionales que perciben esta adopción como algo lejano o prescindible, más vinculado a una aspiración futura que a una necesidad inmediata.

Por otra parte, resulta imprescindible destacar que incluso entre los países que han comenzado a implementar herramientas de inteligencia artificial en sus SGC, la forma y profundidad de dicha consumación varía considerablemente oscilando entre aplicaciones puntuales con bajo grado de integración, de modo que, el uso de sensores para control de temperatura en industrias alimentarias o algoritmos básicos de control estadístico de procesos y modelos más sofisticados en los que la inteligencia artificial se convierte en un componente transversal del sistema de calidad facilitando desde la trazabilidad en tiempo real hasta el mantenimiento predictivo o la mejora adaptativa de procesos a través del análisis de datos.

Pese a los avances señalados, la región enfrenta una serie de brechas tecnológicas persistentes que limitan seriamente el despliegue de inteligencia artificial en los SGC de manera masiva, puesto que, entre estas la más evidente es la escasez de talento especializado en ciencia de datos, ingeniería de software e inteligencia artificial cuya formación no ha logrado seguir el ritmo de la demanda creciente por parte del sector empresarial. Ahora bien, a esta brecha de capacidades humanas se suma una de infraestructura digital que corresponde en muchas regiones rurales o periféricas de América Latina, las empresas no cuentan con conectividad suficiente, ni con plataformas tecnológicas interoperables que les permitan capturar, procesar junto con el hecho de analizar datos de manera eficiente y segura.

En este contexto, igualmente relevante resulta la brecha organizacional y cultural dado que muchas empresas característicamente pequeñas y medianas aún operan bajo paradigmas de gestión tradicionales con estructuras jerárquicas rígidas y escasa orientación a la innovación, lo que dificulta la incorporación de tecnologías disruptivas en sus sistemas de gestión. Por lo que, la resistencia al cambio, el desconocimiento de las potencialidades de la IA en conjunto con la percepción de alto costo de implementación son factores que actúan como barreras intangibles, pero no menos significativas, para la transformación digital de los SGC.

Aunado a ello, no puede pasarse por alto que la falta de políticas públicas integrales, coordinadas a nivel regional, constituye otra limitante estructural. Ahora bien, algunos países han desarrollado estrategias nacionales de inteligencia artificial que contemplan el fortalecimiento de capacidades en sectores productivos, estas políticas suelen estar desvinculadas de los marcos regulatorios de calidad generando una desconexión institucional que dificulta la sinergia entre innovación tecnológica y gestión de calidad. Por lo que, la ausencia de estándares compartidos, marcos éticos comunes o plataformas colaborativas entre países latinoamericanos también refuerza la fragmentación regional aparte que ralentiza el aprendizaje conjunto, dificultando la escalabilidad de soluciones exitosas.

Comparación de Madurez Digital con Relación a la Adopción de IA en los SGC en América Latina

Aunque América Latina comparte desafíos estructurales comunes que afectan la adopción de tecnologías emergentes, lo cierto es que existe una disparidad característica entre países en cuanto a su nivel de madurez digital aplicado a la integración de inteligencia artificial en Sistemas de Gestión de Calidad (SGC). Por ello, esta comparación revela la coexistencia de

líderes regionales en innovación, países en fase de transición tecnológica junto con otros aún anclados en etapas iniciales de digitalización organizacional.

Países Líderes

En la cúspide de este ecosistema se encuentran Brasil, México, Colombia y Chile, naciones que han logrado consolidar una base digital consistente impulsada por programas gubernamentales orientadas a la transformación digital, inversiones significativas en I+D y una colaboración estrecha entre gobiernos, universidades aparte de los sectores productivos. En Brasil el programa “Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial” ha generado un entorno normativo y técnico propicio para el despliegue de IA en industrias como la automotriz, farmacéutica y de alimentos, donde los SGC ya integran componentes de machine learning para monitoreo predictivo, análisis de no conformidades y trazabilidad automatizada.

Desde otra perspectiva, México se destaca por haber impulsado clústeres tecnológicos en estados como Nuevo León y Jalisco donde se combinan capacidades manufactureras avanzadas con talento digital permitiendo la ejecución de IA en SGC con altos niveles de interoperabilidad entre sistemas ERP, sensores IoT y plataformas de visualización analítica. Por otro lado, Colombia debido a iniciativas como el Plan Nacional de IA en conjunto con el Sello de Excelencia Digital que ha fomentado la adopción de herramientas inteligentes en sectores exportadores como el agroindustrial y el textil, donde los SGC han comenzado a incluir modelos de clasificación automática de productos, algoritmos de aseguramiento de calidad basados en visión por computadora en conjunto con las alertas tempranas para evitar desviaciones.

En el caso de Chile, su política pro-innovación aparte del impulso de la digitalización en sectores como la minería, ha propiciado el uso de inteligencia artificial en procesos de calidad relacionados con seguridad operacional, análisis en tiempo real de parámetros críticos en

conjunto con la reducción de variabilidad en procesos mediante aprendizaje supervisado. En estas cuatro naciones, si bien todavía persisten brechas al interior de las PYMES que puede hablarse ya de un estadio intermedio a avanzado de madurez digital en cuanto a SGC inteligentes sobre todo en empresas medianas junto con las grandes con orientación exportadora o participación en cadenas globales de valor.

Países en Transición

En un nivel intermedio se sitúan países como Perú, Argentina, Costa Rica, Uruguay y Panamá que han demostrado avances parciales en digitalización empresarial, pero cuya adopción de IA en los SGC aún presenta un carácter más experimental que sistemático. Por otro lado, en Argentina se muestra un desarrollo creciente en sectores como biotecnología o software, aunque la aplicación de IA en sistemas de calidad permanece acotada a proyectos piloto, principalmente en laboratorios y manufactura farmacéutica. Desde otra perspectiva, en Perú y Uruguay han avanzado en plataformas gubernamentales para transformación digital, aunque, las iniciativas relacionadas con IA en SGC se encuentran aún en etapa de desarrollo incipiente centradas sobre todo en la recolección de datos digitales más que en su análisis inteligente.

Ahora bien, en Costa Rica, pese a su destacada industria médica y electrónica enfrenta limitaciones de escala productiva que impide una masificación del uso de IA en la gestión de calidad, aunque se evidencian esfuerzos notables en zonas francas y sectores regulados. Por su parte, en Panamá debido a su posicionamiento como hub logístico ha comenzado a implementar soluciones basadas en IA en procesos de control de calidad aduanero aparte de la trazabilidad documental, pero estas aplicaciones no se han extendido todavía a industrias manufactureras o de servicios más amplios, puesto que, en estos países puede hablarse de una madurez digital

incipiente o en proceso de consolidación donde las experiencias exitosas son aún puntuales y limitadas a ciertos sectores o nichos de mercado.

Países Rezagados

En el otro extremo del espectro se ubican Bolivia, Paraguay, Honduras, Nicaragua, El Salvador y Haití siendo estos los países que enfrentan desafíos estructurales característicos relacionados con infraestructura digital deficiente, baja inversión en tecnologías emergentes, y escasa articulación entre academia, gobierno y empresas. En estos contextos, la adopción de IA en SGC es prácticamente inexistente, dado que muchas organizaciones aún no han digitalizado ni siquiera sus procesos básicos de gestión o control de calidad. Por consiguiente, en El Salvador y Honduras la informalidad empresarial aparte de la falta de incentivos fiscales para innovación limita enormemente cualquier intento de incorporar IA a los sistemas de calidad.

Desde otro enfoque en Haití, la situación es aún más crítica dada la fragilidad institucional junto con la dependencia de ayuda internacional para el funcionamiento de sectores productivos esenciales. En Paraguay y Bolivia, aunque existen pequeñas iniciativas aisladas en el sector agrícola o alimentario, la falta de conectividad rural, el bajo nivel de especialización técnica aparte de la ausencia de marcos normativos robustos dificulta cualquier avance sostenible hacia la automatización inteligente de la calidad. Por consiguiente, en estos casos se puede hablar de una etapa pre-digital, donde los SGC operan de forma manual con escasa sistematización sin trazabilidad digital, y muy lejos de cualquier integración con herramientas inteligentes. Por lo que, la brecha respecto a los países más avanzados es tecnológica aparte del hecho que del mismo modo institucional y cultural, lo cual refuerza el riesgo de profundización de las desigualdades tecnológicas dentro de la propia región.

Tabla 5

Comparación de niveles de madurez digital en la adopción de IA en los SGC en América Latina

Nivel de madurez digital	Países representativos	Estado de adopción de IA en SGC	Sectores con mayor aplicación	Limitantes principales	Caso de aplicabilidad
Avanzado	Brasil, México, Colombia, Chile	Implementación sistemática con integración en procesos clave de calidad. IA usada para análisis predictivo, detección de anomalías, visión computacional, y mejora continua.	Automotriz, minería, agroindustria, farmacéutico, exportador	Brechas internas entre grandes empresas y PYMES; limitación en escalabilidad	Brasil: monitoreo inteligente de producción. México: integración de IA en ERP. Colombia: visión por computadora para defectología. Chile: IA para reducir variabilidad en minería.
Intermedio – Transicional	Argentina, Perú, Uruguay, Costa Rica, Panamá	Adopción parcial o experimental. Iniciativas en desarrollo; integración aún no sistemática. Se observa	Electrónica, salud, logística,	Limitada infraestructura técnica; falta de normativas sectoriales	Argentina: IA en laboratorios farmacéuticos.

		concentración en sectores industriales de nicho o regulados.	agroindustria, servicios	específicas; bajo acceso a talento en IA	Costa Rica: uso en zonas francas. Panamá: trazabilidad en logística.
Inicial – Rezagado	Bolivia, Paraguay, Honduras, Nicaragua, El Salvador, Haití	Adopción marginal o nula. Digitalización básica de los procesos de calidad aún no completada. Ausencia de integración de IA.	Producción básica, agro, manufactura artesanal	Alta informalidad, deficiente infraestructura TIC, poca inversión en I+D, debilidad institucional	Nicaragua: registros de calidad manuales. El Salvador: procesos de control sin sistematización. Haití: dependencia de sistemas foráneos.

Fuente. Autoría propia

Avance moderado con proyecciones prometedoras

Desde un enfoque particular, Colombia se perfila como un caso intermedio dentro del espectro latinoamericano, de acuerdo con los hallazgos derivados del presente estudio que se constata que, si bien existe un creciente interés por parte de los sectores productivos en incorporar inteligencia artificial en sus Sistemas de Gestión de Calidad característicamente en industrias de base tecnológica, logística y manufactura ligera, la aplicación aún no es sistemática ni transversal. En este contexto, la IA se utiliza en mayor medida en funciones relacionadas con el control automatizado de calidad, el análisis predictivo de no conformidades en conjunto con el progreso de procesos mediante el aprendizaje automático (machine learning); aunque, su integración no siempre se encuentra articulada con el sistema global de calidad, sino que muchas veces responde a iniciativas aisladas o pilotos experimentales.

A pesar de estos retos, cabe resaltar que el ecosistema colombiano ha comenzado a mostrar signos estructurales favorables para una adopción más integral de la IA en el corto y mediano plazo, con respecto a que, entre ellos se destacan la consolidación de normativas nacionales en ciencia, tecnología e innovación, el surgimiento de hubs tecnológicos en ciudades como Medellín y Bogotá aparte del hecho que el incremento de programas de formación en inteligencia artificial promovidos por universidades y centros de investigación aplicada. En conjunto, estos elementos configuran un entorno que podría facilitar la migración de los SGC tradicionales hacia modelos inteligentes, siempre y cuando se resuelvan las barreras asociadas a la interoperabilidad de sistemas, la resistencia al cambio cultural en conjunto con la inversión en infraestructura tecnológica.

Desde una perspectiva comparativa sectorial, al analizar la adopción por sectores, se observa que aquellos con un mayor grado de madurez digital en conjunto con las necesidades

críticas de control de calidad tienden a liderar la incorporación de IA en sus sistemas de gestión. Por su lado particular, la industria manufacturera característicamente en rubros como autopartes, alimentos procesados y dispositivos electrónicos ha mostrado una propensión significativa a incorporar sensores inteligentes, algoritmos de visión computarizada aparte de las herramientas de análisis de datos en tiempo real para el control automatizado de calidad, lo que ha permitido no solo reducir los tiempos de inspección sino también anticipar defectos y minimizar reprocesos.

Por otro lado, la agroindustria ha comenzado a explorar soluciones de IA para optimizar procesos de calidad en la cadena de suministro mediante el uso de drones, sistemas de monitoreo climático predictivo y trazabilidad digital, optimizando de tal forma la estandarización de productos exportables. Ahora bien, el sector logístico en respuesta a la creciente presión por cumplir estándares internacionales y aumentar la eficiencia operativa que ha introducido IA en procesos de gestión de calidad relacionados con la gestión de inventarios, predicción de fallas aparte de la auditoría automatizada de procesos.

A pesar de que estos avances puntuales, el estudio evidencia una serie de limitaciones transversales que dificultan una adopción más acelerada de inteligencia artificial en los SGC latinoamericanos. Cabe establecer que, se detecta una brecha importante en la alfabetización digital del personal responsable de la gestión de calidad, lo cual repercute en una comprensión limitada de las potencialidades de la IA junto con la subutilización de las herramientas disponibles. Por consiguiente, la inversión en tecnología suele concentrarse en áreas más visibles del negocio, dejando rezagadas las funciones de calidad que siguen operando bajo paradigmas tradicionales.

Determinar Casos de Implementación de Inteligencia Artificial en el Control de Calidad Automatizado, Evaluando su Impacto en Términos de Eficiencia Operativa, Precisión en la Detección de Errores, Trazabilidad y Cumplimiento de Estándares Como la Norma ISO 9001

Transformación Operativa Mediante la Incorporación de Inteligencia Artificial

La consumación de tecnologías basadas en inteligencia artificial en los procesos de control de calidad automatizado ha marcado un punto de inflexión sustancial en la forma en que las organizaciones abordan la mejora continua, superando las limitaciones tradicionales del control estadístico de procesos, al tiempo que reconfiguran las bases de eficiencia operativa en entornos industriales complejos. En este contexto, a través del análisis de múltiples casos documentados en sectores productivos como el automotriz, electrónico, farmacéutico y alimentario se evidencia que el despliegue de algoritmos de aprendizaje automático aparte de la visión computacional ha permitido reducir tiempos de inspección, eliminar intervenciones humanas innecesarias generando los ciclos de retroalimentación instantáneos que optimizan los parámetros de producción en tiempo real, elevando la eficiencia en niveles que resultaban inalcanzables mediante métodos manuales o semi-automatizados.

Ahora bien, las empresas que han integrado redes neuronales convolucionales para el escaneo de componentes electrónicos han reportado mejoras de hasta un 40% en el tiempo de inspección por unidad, mientras que otras utilizan modelos predictivos entrenados con datos históricos de calidad, han logrado minimizar en más del 30% los tiempos de respuesta frente a desviaciones de especificaciones que en conjunto se traduce en una racionalización del uso de recursos operativos y un incremento en la productividad global del sistema. Del mismo modo, las tecnologías de edge computing complementadas con sensores inteligentes han facilitado que la

IA opere directamente en entornos descentralizados, sin necesidad de procesamiento en la nube, lo cual reduce la latencia en decisiones críticas aparte que refuerza la autonomía operativa de los sistemas de calidad.

Precisión Aumentada en la Detección de Errores y no Conformidades

En lo que respecta a la precisión en la detección de errores, la incorporación de algoritmos de IA ha superado considerablemente la capacidad humana de identificación de defectos, especialmente en procesos visuales de inspección y clasificación. Por lo que, los sistemas de visión artificial entrenados con miles de imágenes etiquetadas son capaces de reconocer patrones de defectos imperceptibles al ojo humano tales como microfisuras, desviaciones mínimas de alineación, o irregularidades cromáticas, lo cual incrementa la precisión del control aparte que de la misma manera reduce la tasa de productos falsamente rechazados o falsamente aceptados.

En sectores como el farmacéutico, donde la calidad está estrictamente regulada, se han implementado sistemas de inspección automatizada con IA que detectan impurezas, deformidades de cápsulas o errores en el empaquetado con una sensibilidad del 99.8%, lo que representa una mejora explicativa frente a los métodos convencionales que oscilaban entre 92% y 96% de acierto. De manera análoga, en la industria automotriz los robots inteligentes utilizados en líneas de ensamblaje han sido equipados con algoritmos de clasificación defectológica que al mismo tiempo de identificar fallas sugieren ajustes al proceso de ensamblaje en tiempo real, cerrando así el ciclo de control y corrección con una eficiencia algorítmica que elimina la subjetividad operativa.

Avances Significativos en Trazabilidad y Minería de Datos de Calidad

Otro de los aspectos en los que la implementación de IA ha generado un impacto determinante es en la mejora de los sistemas de trazabilidad, ya que, a diferencia de los modelos tradicionales basados en lotes o en documentación manual, los sistemas inteligentes permiten un seguimiento granular aparte de lo dinámico del ciclo de vida de cada unidad productiva, desde la adquisición de materias primas hasta su entrega final, incluyendo todas las fases de inspección, validación, y re-trabajo. En este contexto, este nivel de granularidad habilitado por tecnologías como blockchain combinadas con IA permite reconstruir la genealogía de cualquier producto con un nivel de fidelidad temporal y espacial sin precedentes, lo cual es particularmente relevante para sectores regulados o con alta criticidad de fallas.

En este contexto, empresas del sector alimentario han comenzado a implementar sistemas de trazabilidad habilitados con IA que capturan variables críticas en puntos estratégicos del proceso productivo (temperatura, humedad, pH, presión, entre otros) y correlacionan dichos datos con resultados de calidad en tiempo real concibiendo alertas anticipadas frente a cualquier desviación significativa y habilitando sistemas de autorregulación con capacidad de aprendizaje. De modo que, la trazabilidad ha mejorado en términos de visibilidad operativa aparte que ha permitido una explotación intensiva de los datos históricos de calidad, sentando las bases para sistemas de minería de datos que identifican correlaciones invisibles a simple vista y que optimizan de manera anticipada las condiciones de operación.

Cumplimiento Normativo. Más Allá de la ISO 9001

Es importante destacar que la inteligencia artificial aplicada al control de calidad ha favorecido el cumplimiento de normas internacionales como ISO 9001 facilitando la evidencia objetiva de procesos y resultados aparte del hecho que del mismo modo reforzando el enfoque

basado en riesgos y la mejora continua. Desde un enfoque particular, los sistemas IA contribuyen a cumplir de manera más robusta con los requisitos de monitoreo en conjunto con la medición de procesos, análisis de datos, gestión del conocimiento aparte de lo correspondiente a la toma de decisiones basada en evidencia, todos principios fundamentales del enfoque de calidad total promovido por dicha norma.

En este contexto, los casos documentados en empresas con certificación ISO 9001 indican que, tras la implementación de herramientas inteligentes en los procesos de inspección y auditoría interna, se ha reducido la incidencia de hallazgos no conformes durante auditorías externas, al tiempo que se ha incrementado la calidad de los registros y la trazabilidad de acciones correctivas y preventivas. Con respecto a ello, en organizaciones multinacionales donde coexisten múltiples sistemas de gestión (calidad, ambiente, seguridad), la IA ha permitido desarrollar plataformas integradas de análisis multivariable que soportan auditorías simultáneas bajo estándares como ISO 14001 o ISO 45001 demostrando que su valor trasciende el control de calidad estrictamente hablando aparte que se extiende al gobierno organizacional de la conformidad normativa.

Conclusiones

En función del desarrollo riguroso del presente estudio centrado en la intersección entre la inteligencia artificial (IA) y los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) resulta evidente que los objetivos propuestos fueron cumplidos de manera integral, a través de un abordaje metodológico que articuló revisión documental, diagnóstico regional y análisis de casos concretos, lo cual permitió trazar un panorama sobre el estado actual de adopción de tecnologías inteligentes en contextos productivos latinoamericanos para ofrecer una caracterización crítica sobre las implicaciones operativas, técnicas y normativas de su implementación.

Cabe destacar que, en cumplimiento del primer objetivo, se logró identificar las principales tecnologías de inteligencia artificial aplicadas al control de calidad automatizado, destacándose herramientas como el aprendizaje profundo, la visión por computadora, los algoritmos predictivos y los sistemas expertos. Ahora bien, estas tecnologías han demostrado una alta efectividad en la detección temprana de fallos, la trazabilidad en tiempo real y la mejora de la precisión operativa dentro de los Sistemas de Gestión de Calidad, puesto que, su integración refuerza los principios de mejora continua, permitiendo pasar de modelos reactivos a enfoques proactivos de aseguramiento de la calidad.

Desde otra perspectiva, con respecto al segundo objetivo, el diagnóstico del estado actual de adopción de IA en los SGC de América Latina evidenció una marcada heterogeneidad. Países como Colombia, Brasil y México presentan niveles intermedios a avanzados de madurez digital, impulsados por sectores industriales exigentes y orientados a la exportación. En contraste, otras naciones enfrentan limitaciones estructurales que dificultan su avance, ya que, esto revela que la transformación digital no es uniforme y que su éxito depende de factores como la infraestructura tecnológica, el capital humano calificado y el compromiso institucional con la innovación.

En relación con el tercer objetivo, se analizaron casos concretos de implementación de IA en control de calidad, como los de Grupo Nutresa, Tecnoquímicas y Postobón, los cuales muestran impactos positivos medibles en eficiencia operativa, reducción de errores y cumplimiento de estándares como ISO 9001. Con base en que, estos resultados confirman que la IA puede actuar como un catalizador de transformación organizacional, siempre que su adopción esté acompañada de estrategias integrales de gestión del cambio, inversión en talento y actualización normativa.

Finalmente, en lo que concierne a determinar casos de ejecución de IA en el control de calidad automatizado y evaluar su impacto en eficiencia operativa, se llevó a cabo un análisis escrupuloso de diversas experiencias documentadas cuyas evidencias empíricas permiten afirmar que el uso de inteligencia artificial ha generado beneficios sustanciales en todos los indicadores evaluados. Desde un enfoque particular, se constató que la eficiencia operativa se ha incrementado mediante la reducción de tiempos de inspección, la eliminación de tareas repetitivas aparte de la automatización de ajustes en tiempo real que ha redundado en una mayor productividad y en un uso más racional de los recursos materiales junto con los humanos.

Referencias bibliográficas

- ANDI. (2024). Los desafíos para Colombia ante escenarios de restricción en el uso de tecnologías de síntesis química en la protección de cultivos. *Asociación Nacional de Empresarios de Colombia*. <https://www.andi.com.co/Home/Noticia/17764-los-desafios-para-colombia-ante-escenar>
- Aparicio, P. L., & Devia Lozano, P. A. (2023). Aplicación de Deep Learning para la identificación de defectos superficiales utilizados en control de calidad de fabricación y producción industrial: una revisión de la literatura. *Revista de Ingeniería*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-750X2023000100204&script=sci_arttext
- Arias, L. (2006). Investigación descriptiva. *Revista de Gerencia financiera*.
- Avila, M. J. (2024). Pharma 4.0: Explorando la Transformación Digital en la Industria Farmacéutica a través del Aprendizaje Automático, Big Data y Realidad Aumentada en la Industria Colombiana. *Universidad El Bosque*. <https://repositorio.unbosque.edu.co/items/b4d68973-fb49-464f-8c7e-1761fb982d8d>
- CEPAL. (2013). Economía digital para el cambio estructural y la igualdad. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ce419364-f83a-4ef3-a9dd-91c9c295b273/content>
- CEPAL. (2021). Tecnologías digitales para un nuevo futuro. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/879779be-c0a0-4e11-8e08-cf80b41a4fd9/content>

CNC. (2024). Agenda de Competitividad 2024-2029: Marco conceptual para una estrategia nacional de competitividad. *Centro Nacional de Competitividad - Panamá*.

<https://cncpanama.net/handle/123456789/1096>

Congreso. (2008). Ley 1266. *Congreso de la República de Colombia*. Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=34488>

Congreso. (2012). Ley 1581. *Congreso de la República de Colombia*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>

Cotino, H. L. (2023). Una regulación legal y de calidad para los análisis automatizados de datos o con inteligencia artificial. Los altos estándares que exigen el Tribunal Constitucional alemán y otros tribunales, que no se cumplen ni de lejos en España. *Revista General de Derecho Administrativo*.

<https://www.uv.es/cotino/publicaciones/publicadoRGDACotin.pdf>

DNP. (2024). Nace una nueva Política Nacional de Inteligencia Artificial (IA). *Departamento Nacional de Planeación*. Obtenido de

https://www.dnp.gov.co/Prensa_/Noticias/Paginas/nace-una-nueva-politica-nacional-de-inteligencia-artificial-ia.aspx

Empresa Postobon. (2023). Informe de sostenibilidad 2023. *Empresa Postobon*.

https://www.postobon.com/sites/default/files/informe_de_sostenibilidad_postobon_2023.pdf

- Espinosa, C. F. (2023). Desarrollo de un modelo conceptual que relaciona la transformación digital con el uso responsable de los datos masivos generados por el cliente. *Universidad Nacional de Colombia*.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/86130/1018513863.2024.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- EU. (2024). Ley de Inteligencia Artificial de la Unión Europea (AI Act),. *Unión Europea*.
<https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/regulatory-framework-ai>
- García, V. Y., Xavier, J. M., & Vanessa, T. G. (2023). Automatización de procesos contables mediante Inteligencia Artificial: Oportunidades y desafíos para pequeños empresarios ecuatorianos. *Revista Transdisciplinaria De Estudios Sociales Y Tecnológicos*.
<https://revista.excedinter.com/index.php/rtest/article/view/93>
- Gomez, A. J. (2024). El BIG DATA, la digitalización y la Inteligencia Artificial Generativa. Aplicaciones en la financiación de la entidades del Tercer sector. *Revista Iberoamericana de Economía Solidaria e Innovación Socioecológica*.
<https://www.uhu.es/publicaciones/ojs/index.php/RIESISE/article/view/8260>
- Gómez, C. J. (2021). Sociología de la organización. *Escuela Profesional de Sociología, FACHSE, UNPRG*. <https://www.aacademica.org/jose.wilson.gomezcumpa/12.pdf>
- Gómez, D. (2022). Tipologías de paradigmas en la investigación en comunicación. Una propuesta de clasificación. *Revista de comunicacion*.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rcudep/v21n1/2227-1465-rcudep-21-01-181.pdf>
- Hernández, S. R., Carlos, F. C., & Pilar, B. L. (2014). Metodología de la investigación. *McGraw Hill Companies*, 1-656. <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>

- Huang, K. (2024). Estudio bibliográfico sobre la aplicación en inteligencia artificial y análisis de big data a gestión de calidad de proyectos de ingeniería civil. *Universidad Politecnica de Valencia*. <https://riunet.upv.es/entities/publication/a473c4c2-9710-425b-a02e-8d8787ce6de0>
- Hurtado, A. M., & Borjas, O. H. (2023). Gestión de proyectos en Pymes del sector manufactura de Bogotá que han implementado la Industria 4.0. *Universidad EAN*. <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/58a57360-0e1c-4288-ab7a-704a09312425/content>
- ICONTEC. (2025). Programación de Educación abierta. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación*. <https://www.icontec.org/>
- ISO. (2015). ISO 9001 - Sistemas de gestión de la calidad. *Organización Internacional de Normalización*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- ISO/IEC. (2022). ISO/IEC 27001. *International Organization for Standardization - International Electrotechnical Commission*. <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso-iec:27001:ed-3:v1:en>
- Kwiek, P. (2024). La implementación de la inteligencia artificial en los sistemas de calidad de los hoteles. *Revista UIB repositori*. <https://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/167508>
- Lanziano, B. M. (2025). Diseño de un sistema de monitoreo climático inteligente con integración de sensores para la recolección de datos en tiempo real. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD de Colombia*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/66987>

Mariño, F. C., Patricia, G. A., Sebastian, G. A., Daniel, I. J., & Daniela, V. P. (2021). Modelo de Transformación Digital de los Sistemas de Gestión de Calidad ISO 9001:2015.

Universidad EAN.

<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/2a122fd8-4336-49b6-aeb0-9b9c6966ed14/content>

Meretta, J. Á. (2023). Problemas de implementación de prácticas de calidad: un estudio empírico en un área económica local. *Universidad Nacional de Rosario.*

<https://rephip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/ceebe743-6290-4cd3-b590-7de2a2fd90ae/content>

MinTic. (2022). Plan de Fomento - Conpes 3975. *Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones de Colombia.* https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-238514_recurso_1.pdf

MinTIC. (2024). Inteligencia Artificial, innovación y datos, las apuestas para volver a Colombia una Potencia Digital. *Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.* <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/334120:Inteligencia-Artificial-innovacion-y-datos-las-apuestas-para-volver-a-Colombia-una-Potencia-Digital>

MinTIC. (2024). Ministerio TIC fomenta uso responsable de la inteligencia artificial para que el sector empresarial mejore sus procesos. *Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.* <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/388462:Ministerio-TIC-fomenta-uso-responsable-de-la-inteligencia-artificial-para-que-el-sector-empresarial-mejore-sus-procesos>

- Montesinos, G. S., Vázquez Cid de León, C., Maya Espinoza, I., & Baruc, G. G. (2020). Mejora Continua en una empresa en México: estudio desde el ciclo Deming. *Revista Venezolana de Gerencia*. <https://www.redalyc.org/journal/290/29065286036/html/>
- Nutresa. (2023). Grupo Nutresa S. A. (NUTRESA.CL). *Revista virtual Yahoo Finance*. <https://finance.yahoo.com/quote/NUTRESA.CL/history?p=NUTRESA.CL&guccounter=1>
- Osorio, C. S., & Sinisterra, M. L. (2024). Análisis de implementación del Sistemas de Gestión de Calidad en Empresas Colombianas: Factores y Perspectivas. *Universidad EAN*. <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/1ccd9b66-428e-4827-b085-57d52e6a15e3/content>
- Pareja, L. G. (2024). Diseño de un sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001:2015 para mejorar la gestión administrativa en la empresa RAM Servicios Generales S. A. C. Arequipa, 2023. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/16614>
- Rangel, R. M., Gabriela, T. S., & Jose, H. L. (2022). Desarrollo organizacional y gestión de la resistencia al cambio. *Prohominum*. <https://acvenisproh.com/revistas/index.php/prohominum/article/view/407>
- Rey, S. S., Maria, G. T., Johnny, J. R., & Nelson, M. G. (2022). Industria 4.0 y gestión de calidad empresarial. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8890631>

- Rodriguez, A. L., Calderon, D. I., Melita, H. Z., & Wiliam, O. R. (2024). Inteligencia artificial en la gestión organizacional: Impacto y realidad latinoamericana. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2542-30882023000300226
- Rubio, G. Y. (2024). El impacto de la Inteligencia Artificial en las empresas. *Universidad de Valladolid*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/71641>
- Ruiz, M. G., Carlos, V. D., & Lorena, L. Z. (2024). Evaluación y acreditación universitaria: Integración de la inteligencia artificial en los sistemas de calidad. *Recursos Didácticos en Procesos Educativos*.
<https://www.revistasocialfronteriza.com/ojs/index.php/rev/article/view/511>
- Sanabria, R. E., & Frade, B. W. (2023). Aportes de la Inteligencia Artificial al área de servicio al cliente. *Corporación Unificada Nacional de Educación Superior (CUN)*.
<https://repositorio.cun.edu.co/bitstream/handle/cun/6131/SanabriaWilson-2023-InteligenciaArtificialServicioalCliente.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sancho, A. A. (2022). Diseño y construcción de un plan para la conformación de equipos con amplia diversidad generacional, en la gestión por proyectos de áreas de acción operativa-administrativa del Instituto Costarricense de Electricidad. *Universidad de San Marcos*.
<https://repositorio.usam.ac.cr/xmlui/handle/11506/1898>
- Sprockel Diaz, J. R.-C. (2023). Inteligencia artificial y aprendizaje automatizado, ¿oportunidad o amenaza? *Revista Colombiana De Endocrinología, Diabetes & Metabolismo*, 10(2), 2-5. <https://revistaendocrino.org/index.php/rcedm/article/view/797>

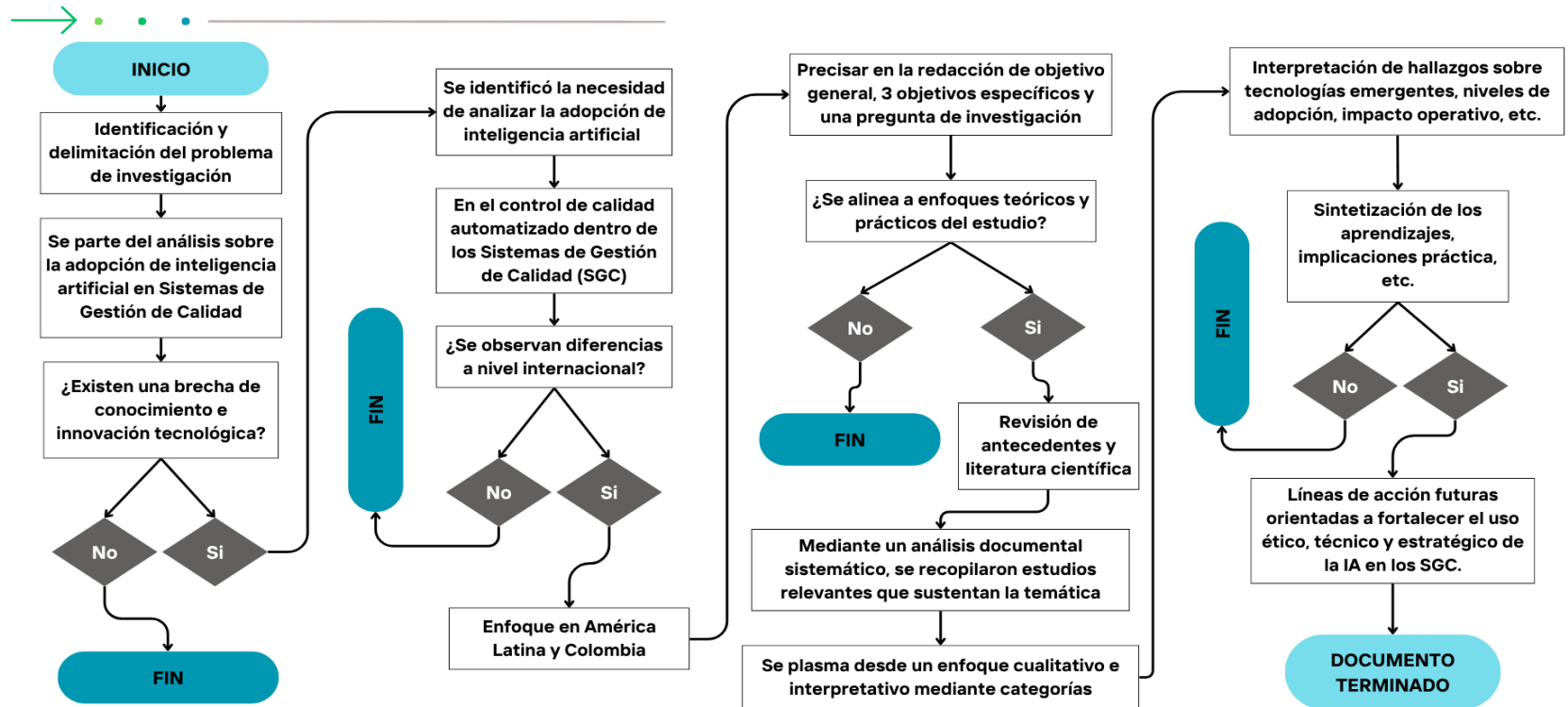
- Tenes, T. E. (2023). Impacto de la Inteligencia Artificial en las Empresas. *Universidad Politécnica de Madrid*. Obtenido de https://oa.upm.es/75532/1/TFG_EDUARDO_TENES_TRILLO_2.pdf
- TQ Farma. (2024). Tecnoquímicas en investigación e innovación. *TQ (Tecnoquímicas)*. <https://www.tqconfiable.com/asi-cambiamos-al-mundo/innovacion/>
- Vasquez, Q. W., Inga, M., & Betalleluz Pallardel, I. (2022). Inteligencia artificial en acuicultura: fundamentos, aplicaciones y perspectivas futuras. *Scientia Agropecuaria*. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172022000100079&script=sci_arttext&tlng=pt
- Vera et al., R. P. (2023). La inteligencia artificial en la educación superior: un enfoque transformador. *Revista Polo del Conocimiento*. doi:10.23857/pc.v8i11.6193

Apéndices

Apéndice A

Flujograma del proceso monográfico

Comparativo de la inteligencia artificial para el control de calidad automatizado en el SGC



Fuente. Autoría propia