



“Propuesta para la implementación de Inteligencia artificial y ciencia de datos en proyectos de construcción para reducir los reprocesos y su impacto en costos y tiempos en Medellín”

Viviana María Valencia Montoya

Catalina Madrid Zuluaga

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Noviembre de 2025

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y CIENCIA DE DATOS EN CONSTRUCCIÓN

Propuesta para la implementación de Inteligencia artificial y ciencia de datos en proyectos de construcción para reducir los reprocesos y su impacto en costos y tiempos en Medellín

Viviana María Valencia Montoya

Catalina Madrid Zuluaga

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor Nodo(a)

Sergio Andrés Zabala Vargas

Doctor en Tecnología Educativa

Docente Investigador

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Noviembre de 2025

Contenido

Lista de tablas.....	6
Lista de figuras.....	7
Lista de anexos	8
Resumen.....	9
Abstract	11
Introducción	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1. Descripción del problema	19
1.2. La pregunta de investigación	21
1.3. Los objetivos de investigación.....	21
1.3.1. Objetivo general	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
1.4. Justificación de la investigación	21
1.4.1. Impacto y pertinencia de la investigación	25
2. MARCO DE REFERENCIA	26
2.1. Marco de Antecedentes.....	26
2.1.1. Ecuación de búsqueda	26
2.1.2. Bases de datos utilizadas	27
2.1.3. Desarrollo del estado del arte	27
2.2. Marco Teórico.....	32
2.2.1. Inteligencia Artificial (IA) y su Aplicación en Construcción	32
2.2.2. Big Data y Ciencia de Datos	33
2.2.3. Optimización de Procesos	34
2.2.4. Building Information Modeling (BIM).....	34
2.2.5. Reprocesos y Fallas Operativas.....	34
2.2.6. Retos en la Gestión de Proyectos de Construcción (Tiempo, Costo y Riesgo).....	35
2.2.7. Automatización de Procesos	35
2.3. Marco normativo	35

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

3.	METODOLOGÍA.....	37
3.1.	Enfoque y alcance de la investigación.....	37
3.2.	Población y muestra	39
3.2.1.	Definición de la población	39
3.2.2.	Cálculo y selección de la muestra	39
3.3.	Instrumento(s)	40
3.4.	Descripción de procedimientos.....	42
3.4.1.	Fase I: Procedimiento Cualitativo (Revisión Profunda de la Literatura)	42
3.4.2.	Fase II: Procedimiento Cuantitativo (Aplicación de la Encuesta).....	42
3.5.	Análisis de información	44
3.5.1.	Limpieza, Organización y Preparación de Datos	44
3.5.2.	Codificación y Estructuración de Datos	44
3.6.	Consideraciones éticas.....	46
3.6.1.	Análisis de consideraciones éticas.....	46
3.6.2.	Instrumentos de aceptación y autorización	47
4.	HIPÓTESIS	49
4.1.	Las variables	50
4.1.1.	Variable(s) independiente(s).....	50
4.1.2.	Variable(s) dependiente(s)	50
5.	RESULTADOS	51
5.1.	Presentación de resultados.....	51
5.1.1.	Modelo de negocio y producto	51
5.1.2.	Clientes y proveedores	54
5.1.3.	Procesos.....	55
5.1.4.	Infraestructura y seguridad	56
5.1.5.	Estrategia y experiencia en la industria 4.0	58
5.1.6.	Procedimiento de Screening (Cribado) de la Revisión Documental	61
5.1.7.	Corpus de Conocimiento: Autores y Aportes Clave	62
5.2.	Propuesta al sector	64
5.3.	Discusión	68
6.	CONCLUSIONES	69
7.	Referencias	73

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Anexos 78

Lista de tablas

Tabla 1. Resultado de encuesta modelo de negocio y producto -----	52
Tabla 2. Resultados de apropiación con clientes y proveedores -----	54
Tabla 3. Resultados apropiación en procesos -----	55
Tabla 4. Apropiación en infraestructura y seguridad-----	57
Tabla 5. Resultados nivel capacitación en tecnologías 4.0-----	58
Tabla 6. Parametros de Screening -----	62
Tabla 7. Aportes al corpus de conocimiento-----	63
Tabla 8. Fortalecimiento de la visión estratégica y ordenanza de datos -----	65
Tabla 9. Adopción e Integración de Tecnologías Inteligentes (IA y Ciencia de Datos)-----	66
Tabla 10. Desarrollo del Talento Humano y la Cultura Digital -----	67
Tabla 11 Estandarización de Infraestructura y Seguridad-----	68

Lista de figuras

Figura 1. Nivel de adopción de sistemas inteligentes _____ 60
Figura 2. Nivel de ambición estratégica _____ 61

Lista de anexos

Anexo 1. Encuesta de apropiación tecnológica en gerencia de proyectos _____ 78

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Resumen

El sector de la construcción en Colombia enfrenta desafíos estructurales como reprocesos, sobrecostos y demoras recurrentes, limitando el cumplimiento de objetivos de costo, tiempo y calidad. A pesar de que la Inteligencia Artificial (IA) y la Ciencia de Datos (CD) han demostrado un efecto medible globalmente para mejorar la eficiencia y reducir reprocesos en la Construcción 4.0, su adopción en Colombia es incipiente, especialmente en Medellín. La investigación aborda cómo la implementación de estrategias basadas en IA y CD puede optimizar la gestión de proyectos, contribuyendo a la reducción de costos, tiempos y reprocesos en el país.

Se utilizó una metodología mixta (cualitativa y cuantitativa), con un diseño no experimental, de corte transversal, y alcance descriptivo y correlacional. El componente cualitativo consistió en una revisión profunda de la literatura (2015-2025). El componente cuantitativo se desarrolló mediante la aplicación de encuestas a profesionales del sector, utilizando una muestra no probabilística por selección intencionada compuesta por 65 empresas en Colombia. Se formuló la hipótesis de que existe una relación comprobable entre la implementación de IA y la reducción de reprocesos, costos y tiempos.

Los resultados reflejaron un bajo nivel de madurez digital en el sector. El 49% de las organizaciones no ha considerado el tránsito hacia la Industria 4.0, y solo un 3% ha iniciado la implementación de sistemas inteligentes de forma efectiva. Se identificaron limitaciones críticas en la gestión estratégica: el 20% carece de una estrategia formal de transformación digital y el 46% no cuenta con indicadores para medir su avance. Las principales barreras para la adopción de IA son la falta de conocimiento (27.6%) y la escasez de talento especializado (19.54%), con una mayoría de personal (45%-55%) capacitado de manera insuficiente en áreas clave como automatización y análisis de datos.

Para impulsar la innovación y la eficiencia operativa, la investigación propone un conjunto de estrategias y recomendaciones para la incorporación de la IA y la ciencia de datos en proyectos de construcción en Colombia. Estas estrategias se articulan en cuatro pilares fundamentales:

Fortalecimiento de la Visión Estratégica y la Gobernanza de Datos: Se requiere establecer una Estrategia de Transformación Digital (ETD) formal desde la alta dirección (dado que el 20% carece de ella), e implementar Indicadores de Desempeño Digital (KPIs) para medir el nivel de avance.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Adopción e Integración de Tecnologías Inteligentes: La propuesta promueve la Integración de IA en Productos y Servicios (para superar el hecho de que el 54% aún no adopta sistemas inteligentes), la aplicación de Análisis Predictivo basado en Big Data, y la Integración de IA con la metodología BIM para la coordinación de diseños, optimizando la gestión de la información durante el ciclo de vida del proyecto.

Desarrollo del Talento Humano y la Cultura Digital: Es crucial establecer Programas de Formación Continua y Especializada en áreas como automatización y análisis de datos, para así superar las barreras de falta de conocimiento y escasez de talento.

Estandarización de Infraestructura y Seguridad: Se deben estandarizar las Medidas de Seguridad y la Respuesta a Incidentes, un área donde solo el 40% de los encuestados percibe efectividad.

Se concluye que la IA, la Big Data y la CD poseen un potencial significativo para optimizar la gestión de proyectos y reducir reprocesos. Aunque la hipótesis se valida teóricamente (con un potencial de ahorro de costos de hasta el 30%), no se valida empíricamente debido al bajo nivel de madurez digital y al hecho de que el 54% de las organizaciones aún no adopta sistemas inteligentes. El éxito de la implementación de IA requiere estrategias integrales centradas en la madurez organizacional, la capacitación especializada y la gobernanza del dato para asegurar la eficiencia y sostenibilidad del sector.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Ciencia de Datos, Construcción 4.0, Reprocesos, Gestión de Proyectos, Madurez Digital.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Abstract

The construction sector in Colombia faces structural challenges such as rework, cost overruns, and recurring delays, which hinder the fulfillment of cost, time, and quality objectives. Although Artificial Intelligence (AI) and Data Science (DS) have demonstrated measurable global impacts in improving efficiency and reducing rework within Construction 4.0, their adoption in Colombia remains incipient, particularly in Medellín. This research examines how the implementation of AI- and DS-based strategies can optimize project management, contributing to the reduction of costs, time, and rework in the country.

A mixed methodology (qualitative and quantitative) was employed, with a non-experimental, cross-sectional, descriptive, and correlational design. The qualitative component consisted of an in-depth literature review (2015–2025). The quantitative component was developed through surveys administered to professionals in the sector, using a non-probabilistic, purposive sample of 65 companies in Colombia. The hypothesis proposed that there is a demonstrable relationship between the implementation of AI and the reduction of rework, costs, and time.

The results revealed a low level of digital maturity in the sector. 49% of organizations have not considered transitioning toward Industry 4.0, and only 3% have effectively begun implementing intelligent systems. Critical limitations were identified in strategic management: 20% lack a formal digital transformation strategy, and 46% do not have indicators to measure progress. The main barriers to AI adoption include lack of knowledge (27.6%) and scarcity of specialized talent (19.54%), with the majority of personnel (45%-55%) insufficiently trained in key areas such as automation and data analytics.

To promote innovation and operational efficiency, the research proposes a set of strategies and recommendations for incorporating AI and Data Science into construction projects in Colombia. These strategies are organized into four fundamental pillars:

Strengthening Strategic Vision and Data Governance: Establishing a formal Digital Transformation Strategy (DTS) at the management level (given that 20% currently lack one) and implementing Digital Performance Indicators (KPIs) to measure progress.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Adoption and Integration of Intelligent Technologies: The proposal encourages integrating AI into products and services (to address the fact that 54% have not yet adopted intelligent systems), applying predictive analytics based on Big Data, and integrating AI with BIM methodology for design coordination, thus optimizing information management across the project life cycle.

Human Talent Development and Digital Culture: It is essential to establish continuous and specialized training programs in areas such as automation and data analytics, to overcome knowledge gaps and talent shortages.

Standardization of Infrastructure and Security: Security measures and incident response protocols should be standardized, an area where only 40% of respondents perceive effectiveness.

The study concludes that AI, Big Data, and Data Science have significant potential to optimize project management and reduce rework. Although the hypothesis is theoretically validated (showing a potential cost savings of up to 30%), it is not empirically validated due to the sector's low digital maturity and the fact that 54% of organizations have not yet adopted intelligent systems. Successful AI implementation requires comprehensive strategies focused on organizational maturity, specialized training, and robust data governance to ensure efficiency and sustainability in the sector.

Keywords: Artificial Intelligence, Data Science, Construction 4.0, Reprocesses, Project Management, Digital Maturity.

Introducción

El sector de la construcción a nivel global se encuentra inmerso en la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0, un paradigma que exige la digitalización y la integración de tecnologías disruptivas. A escala internacional, la adopción de la Inteligencia Artificial (IA) y la ciencia de datos en la construcción ha demostrado un efecto medible en la reducción de retrasos y reprocesos, logrando mejoras significativas en la eficiencia operativa, la predicción de riesgos y la optimización de recursos a lo largo de toda la cadena de valor (Egwim et al., 2024). Estas tecnologías representan un cambio de enfoque, transformando la planificación, ejecución y control de proyectos mediante modelos predictivos y el análisis de grandes volúmenes de información.

A pesar de este panorama global, la gestión de proyectos en América Latina y, específicamente, en Colombia, enfrenta desafíos estructurales que limitan el cumplimiento de objetivos de costo, tiempo y calidad. Problemas como la falta de integración de actores, errores en la coordinación de diseños, y la limitada capacidad para procesar grandes volúmenes de información generan reprocesos, sobrecostos y retrasos recurrentes. En el ámbito nacional, si bien la industria es clave para la economía, presenta un rezago en la adopción de tecnologías digitales avanzadas. En particular, en Medellín, la incorporación de herramientas basadas en IA y ciencia de datos es aún incipiente, lo que limita la capacidad de las constructoras locales para anticipar riesgos y optimizar recursos, afectando su eficiencia operativa. En este contexto, la Inteligencia Artificial se proyecta como una estrategia clave para fortalecer los modelos de gestión existentes, ofreciendo una vía para mejorar la eficiencia y avanzar hacia modelos de gestión más sostenibles (Luna Gómez, 2025). El binomio entre IA y ciencia de datos constituye un marco robusto para mejorar la planificación, la estimación de costos y la gestión de riesgos (Koseoglu & Keskin, 2023; McKinsey, 2020).

La presente investigación aborda la necesidad de impulsar la innovación y la eficiencia en el sector. El problema central radica en cómo superar los desafíos estructurales del sector colombiano, caracterizado por los reprocesos y sus consecuencias económicas, mediante la incorporación de tecnologías emergentes. Esto se sintetiza en la pregunta de investigación que guía el estudio: ¿De qué manera la implementación de estrategias basadas en inteligencia artificial y ciencia de datos puede optimizar la gestión de proyectos de construcción en Colombia, contribuyendo a la reducción de costos, tiempos y reprocesos? La justificación de este trabajo radica en su potencial para cerrar las brechas

académicas y científicas en la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en proyectos de ingeniería en Colombia, y para construir un cuerpo de conocimiento que favorezca la investigación futura en la optimización de procesos. El objetivo general es Proponer un conjunto de estrategias y recomendaciones para la incorporación de la inteligencia Artificial y ciencia de datos en proyectos de construcción en Colombia, con el fin de reducir los reprocesos y su impacto en costos y tiempos de entrega, contribuyendo a la toma de decisiones estratégicas durante la ejecución de los proyectos. Esto se complementa con objetivos específicos orientados a identificar el impacto de los reprocesos, determinar las tecnologías de IA más aplicables para su prevención, analizar su efectividad, y establecer las recomendaciones estratégicas para su implementación.

El sustento teórico del estudio se apoya en la Optimización de Procesos (donde la IA permite automatizar tareas repetitivas y detectar desviaciones), la gestión de Big Data y Ciencia de Datos (crucial para el análisis de grandes volúmenes de información y la identificación temprana de errores), y la integración con el Building Information Modeling (BIM). Se aborda también el complejo desafío de la gestión de riesgos, presupuestos y cambios en los proyectos de construcción.

Para responder a la pregunta de investigación, se adoptó una metodología mixta (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018), combinando análisis cualitativo y cuantitativo para obtener una visión integral. El componente cualitativo consistió en una profunda revisión de la literatura académica y técnica (Petticrew & Roberts, 2006). El componente cuantitativo se desarrolló mediante el diseño y la aplicación de encuestas dirigidas a profesionales del sector, buscando conocer el nivel de uso, apropiación y percepción de tecnologías como la IA y la ciencia de datos. El diseño del estudio es de tipo no experimental, de corte transversal, y tiene un alcance descriptivo y correlacional, buscando entender la relación entre el uso de estas herramientas y la optimización de los resultados de los proyectos. La investigación opera bajo la hipótesis de que existe una relación comprobable entre la implementación de la IA (variable independiente) y la reducción de reprocesos, costos y tiempos (variable dependiente).

Los resultados del estudio reflejaron el nivel de madurez digital de las organizaciones, evidenciando un reconocimiento de la importancia de la innovación y el análisis de la información. Sin embargo, se identificaron limitaciones importantes en la implementación práctica, especialmente en la definición de indicadores y en la integración de tecnologías emergentes como la IA en productos y procesos. La integración de tecnologías digitales en la prestación de servicios aún se encuentra en una etapa intermedia, con retos significativos en la automatización total de los procesos. Finalmente, las conclusiones del trabajo contrastan estos resultados con la revisión literaria, dando respuesta a la

pregunta de investigación y a los objetivos planteados, y presentando el impacto de los hallazgos en el sector y proponiendo nuevas líneas de investigación.

El presente documento se estructura en los siguientes capítulos: El Capítulo 1 presenta el Planteamiento del Problema, que incluye la descripción del problema, la pregunta de investigación, los objetivos y la justificación. El Capítulo 2 desarrolla el Marco de Referencia, el cual abarca el Marco de Antecedentes, el Marco Teórico y el Marco Normativo. La Metodología empleada se presenta en el Capítulo 3, detallando el enfoque, alcance, población, muestra, instrumentos y procedimientos. El Capítulo 4 aborda la Hipótesis y la definición de variables. Los Resultados de la investigación se presentan en el Capítulo 5. Finalmente, las Conclusiones se exponen en el Capítulo 6, seguidas por las Referencias en el Capítulo 7.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la gestión de proyectos de construcción, es común encontrar dificultades que afectan directamente el cumplimiento de los objetivos de costo, tiempo y calidad. La falta de integración entre los diferentes actores, los errores en la coordinación de diseños, la limitada capacidad para procesar grandes volúmenes de información y la baja previsión de riesgos generan retrasos, sobrecostos y reprocesos que disminuyen la eficiencia y la competitividad del sector. A pesar de que existen metodologías como el Building Information Modeling (BIM) y prácticas estandarizadas de gestión de proyectos, en muchos casos la información se maneja de manera fragmentada, lo que dificulta la toma de decisiones en tiempo real. Esta situación deriva en fallas recurrentes, duplicación de esfuerzos y deficiencias en el control del avance de obra. En consecuencia, se presentan reducciones en los márgenes de ganancia, problemas de liquidez, incumplimientos contractuales y un deterioro en la reputación de las empresas constructoras

A nivel internacional, estudios recientes muestran que la adopción de inteligencia artificial y ciencia de datos en la construcción tiene un efecto medible en la reducción de retrasos y reprocesos. Por ejemplo, una revisión sistemática evidencia que el uso de IA a lo largo de toda la cadena de valor (diseño, planificación, ejecución, mantenimiento) está logrando mejoras en eficiencia, predicción de riesgos y optimización de recursos, aunque aún hay barreras importantes como la calidad de los datos, la integración tecnológica y la resistencia al cambio (Egwim et al., 2024). En este contexto, la inteligencia artificial (IA) y la ciencia de datos han demostrado ser herramientas capaces de transformar la manera en que se planifican, ejecutan y controlan los proyectos, mediante el uso de modelos predictivos, análisis de grandes volúmenes de información y automatización de procesos de toma de decisiones.

En América Latina, la gestión de proyectos de construcción continúa enfrentando desafíos estructurales evidentes, manifestados en sobrecostos, retrasos y deficiencias en la coordinación entre los distintos actores y disciplinas que intervienen en el ciclo de vida del proyecto. Estudios recientes en Colombia, Ecuador y otros países de la región evidencian que una planificación inadecuada, la escasa integración interdisciplinaria y la limitada estandarización de procesos son factores recurrentes que afectan el cumplimiento de costos y plazos (Lozano-Serna et al., 2023). Estas dificultades se ven agravadas por la baja adopción de herramientas digitales avanzadas, como la metodología Building Information Modeling (BIM) y los gemelos digitales, cuya implementación ha mostrado una correlación directa con la reducción de errores, reprocesos y conflictos de coordinación (Andrade et al., 2024;

Martínez et al., 2025). Sin embargo, en gran parte de los países latinoamericanos, la adopción de estas tecnologías sigue siendo desigual y enfrenta barreras económicas, institucionales y de capacitación, lo que impide alcanzar niveles de integración comparables con los de regiones más digitalizadas (Revista Ingeniería de Construcción, 2024; Universidad del Valle, 2025). En consecuencia, la falta de transformación digital limita la capacidad del sector para anticipar riesgos y optimizar la toma de decisiones en entornos constructivos cada vez más complejos y dinámicos.

En este contexto, la Inteligencia Artificial (IA) se proyecta como una estrategia clave para fortalecer los modelos de gestión existentes y potenciar metodologías como el Building Information Modeling (BIM). Su aplicación permitiría optimizar la planificación, ejecución y control de los proyectos, aportando beneficios como:

Anticipación de riesgos y aumento de la eficiencia: los sistemas predictivos basados en IA podrían identificar interferencias técnicas o regulatorias antes de que afecten los cronogramas y costos del proyecto.

Mejor toma de decisiones en tiempo real: la integración de IA con tecnologías de simulación permitiría evaluar escenarios y proponer soluciones óptimas de manera inmediata.

Fortalecimiento de la gestión predictiva: la IA potenciaría las capacidades del BIM, facilitando la detección y resolución automatizada de conflictos desde las etapas tempranas del diseño.

En consecuencia, la incorporación de la Inteligencia Artificial en la gestión de proyectos de construcción representa una proyección metodológica de gran relevancia para América Latina, al ofrecer una vía para mejorar la eficiencia, reducir sobrecostos y avanzar hacia modelos de gestión más sostenibles y resilientes en el sector energético y de infraestructura (Luna Gómez, 2025)

En el ámbito nacional, la industria de la construcción en Colombia representa uno de los sectores más relevantes para la economía, con una importante generación de empleo, sin embargo, acuerdo con los datos publicados por el DANE, la construcción presenta retrocesos significativos en el crecimiento la (-3,5%). El segmento de las edificaciones continúa restando dinámica al sector construcción. El valor agregado de edificaciones presentó una contracción del 7,0% anual, siendo su peor resultado de los últimos 7 trimestres, todos con variaciones negativas. La reducción de la producción residencial del componente residencial sigue siendo el principal escollo (- 5,7%), si bien durante este periodo el sector no residencial volvió a ubicarse en terreno negativo (-10,1%). Por el lado

de la demanda, la inversión en vivienda también se deterioró con una disminución anual del 8,6% al cierre del primer trimestre (Camacol 2025)

El sector continúa mostrando rezagos en la adopción de tecnologías digitales y en la integración de sistemas de información entre los diferentes agentes que participan en los proyectos. A pesar de los esfuerzos recientes por implementar metodologías BIM y herramientas de gestión digital, los reprocesos derivados de errores de diseño, fallas de comunicación y falta de trazabilidad de la información siguen siendo una de las principales causas de sobrecostos y demoras en las obras

En Medellín, uno de los principales polos de desarrollo urbano y tecnológico del país, la incorporación de herramientas basadas en inteligencia artificial y ciencia de datos en la construcción aún es incipiente. Si bien existen iniciativas aisladas de digitalización y análisis de información en proyectos de gran escala, la mayoría de las empresas locales carecen de estructuras organizativas, capacitación y estrategias claras para aprovechar el potencial de estas tecnologías. Esta brecha limita la capacidad de las constructoras para anticipar riesgos, optimizar recursos y reducir los reprocesos, afectando la eficiencia operativa y la competitividad en un mercado cada vez más exigente. El país ya avanza en la implementación del uso de tecnologías como BIM e impresión 3D en las obras. Ahora el reto es complementar estas herramientas con la IA, la cual le generaría al sector un ahorro en costos de hasta un 30%. (Camacol 2025)

La inteligencia artificial y la ciencia de datos constituyen un binomio estratégico para abordar los problemas estructurales de la gestión de proyectos en la construcción. La IA permite procesar información de manera automatizada y generar predicciones a partir de datos históricos y en tiempo real, mientras que la ciencia de datos proporciona las metodologías necesarias para recopilar, limpiar, analizar e interpretar la información que alimenta dichos sistemas. En conjunto, estas tecnologías ofrecen un marco robusto para mejorar la planificación, la estimación de costos, la gestión de riesgos, la coordinación de diseños y el control del avance de obra (Koseoglu & Keskin, 2023; McKinsey, 2020).

No obstante, la adopción de estas tecnologías enfrenta barreras significativas: la resistencia al cambio, la falta de capacitación, la carencia de políticas claras de gobernanza de datos y las preocupaciones éticas relacionadas con la seguridad y el uso responsable de la información. Superar estas limitaciones es esencial para promover una transformación digital efectiva que permita optimizar procesos, mejorar la calidad de la información y reducir los reprocesos que impactan directamente en los costos y los tiempos de ejecución. (Navarro Forero, 2023)

El presente trabajo propone una investigación de enfoque cualitativo, basada en el estudio de casos y el análisis documental, que busca comprender la aplicación de la inteligencia artificial y la ciencia de datos en la gestión estratégica de proyectos de construcción, analizando sus implicaciones gerenciales, sus potenciales beneficios y los desafíos que enfrenta su implementación en el contexto colombiano. En particular, se aborda cómo estas tecnologías pueden contribuir a la reducción de reprocesos y al incremento de la eficiencia operativa en proyectos ejecutados en la ciudad de Medellín.

La respuesta a esta problemática es fundamental para fortalecer la competitividad del sector, impulsar la innovación tecnológica y promover una gestión más eficiente, transparente y sostenible de los proyectos de construcción en el país.

1.1. Descripción del problema

La industria de la construcción, a escala global, ha experimentado una profunda metamorfosis impulsada por la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0. (Lizarazo, E. S. (2022)) Esta revolución se caracteriza por la integración de tecnologías avanzadas como el análisis de datos, la inteligencia artificial, la robótica, la automatización, la gestión de la información de los edificios (BIM), los sensores, la conectividad industrial y el internet de las cosas (IoT), elementos que son cruciales para el progreso del sector en términos de desempeño, productividad, rentabilidad y eficiencia. En el ámbito de la construcción, estas innovaciones han dado origen a la Construcción 4.0, un concepto que busca la digitalización e industrialización de los procesos de diseño y construcción, con un énfasis en la captura de datos en tiempo real y la incorporación de sensores para optimizar el tiempo, los costos, el control de calidad y la seguridad de los trabajadores.

Dentro de este marco, el Modelado de Información de Construcción (BIM) se ha consolidado como una herramienta fundamental y la más completa y eficaz en el desarrollo de la Construcción 4.0, actuando como un catalizador potencial para la transformación de toda la industria mediante la digitalización y la industrialización. A nivel internacional, la adopción de modelos BIM ha progresado sustancialmente, permitiendo la centralización de toda la información de un proyecto, lo que mejora la productividad, la eficiencia, la calidad y la confianza de los financiadores. Las herramientas integradas de BIM, como la detección de colisiones, la planificación 4D (programación) y la estimación de costos 5D, permiten gestionar los procesos empresariales directamente en el ámbito digital.

A pesar de estos avances globales y el reconocimiento de los beneficios de la Industria 4.0 y BIM, el contexto colombiano presenta un panorama con desafíos específicos. Colombia, siendo la cuarta economía de América Latina y con un sector de la construcción que representa el 54% del aparato productivo del país y el 5.17% del PIB, enfrenta la necesidad imperante de modernizar sus modelos de gestión. El país se encuentra en una fase de desarrollo en la implementación de estas tecnologías, estando por detrás de naciones como México y Argentina, que manejan estándares BIM desde 2017 y mandatos BIM desde 2021, con una implementación de BIM en proyectos de infraestructura de aproximadamente un 40%. No obstante, Colombia se sitúa al mismo nivel que otros países de la región como Brasil, Chile y Costa Rica en su proceso de implementación. El gobierno colombiano ha establecido la Estrategia Nacional BIM 2020-2026 para impulsar la transformación digital del sector y lograr una infraestructura más económica y de mejor calidad, buscando la obligatoriedad de BIM para todos los proyectos de orden nacional o cofinanciados por el Estado para 2026. Sin embargo, Según la Encuesta Nacional BIM 2025 (Camacol & BIM Forum Colombia, 2025), aún hay un largo camino por recorrer, ya que solo el 52 % de las industrias del sector ya aplica procesos BIM; la adopción actual de BIM en Colombia se centra predominantemente en proyectos privados (57%), el sector público muestra un incremento en dos años de 16% en la implementación situándose en el (54%).

La implementación de metodologías avanzadas como BIM (Building Information Modeling) y herramientas vinculadas a la Industria 4.0, incluida la inteligencia artificial, en la gestión de proyectos de infraestructura pública en Colombia sigue siendo limitada y tardía, el 47.6% del sector constructor percibe la IA como una herramienta estratégica clave corto y mediano plazo, sin embargo el 84% aún no ha iniciado la adopción de IA o se encuentra en una fase temprana de exploración, las principales barreras para la implementación de IA, que se detallan en la encuestas son, falta de conocimiento (27.6%)y escasez de talento especializado (19.54%) (Camacol & BIM Forum Colombia, 2025)

Esta baja adopción provoca ineficiencias operativas, demoras persistentes en los plazos de ejecución, sobrecostos recurrentes, así como fallos en calidad y seguridad. Como consecuencia, se reduce la competitividad del sector y se dificulta la entrega oportuna de infraestructuras vitales para el desarrollo nacional.

1.2. La pregunta de investigación

¿De qué manera la implementación de estrategias basadas en inteligencia artificial y ciencia de datos puede optimizar la gestión de proyectos de construcción en Colombia, contribuyendo a la reducción de costos, tiempos y reprocesos?

1.3. Los objetivos de investigación

1.3.1. Objetivo general

Proponer estrategias y recomendaciones para la incorporación de herramientas de inteligencia artificial y ciencia de datos en la gestión de proyectos de construcción en Colombia, orientadas a reducir los reprocesos y optimizar los costos, los tiempos de ejecución y la toma de decisiones estratégicas durante la ejecución de los proyectos.

1.3.2. Objetivos específicos

Identificar las etapas de los proyectos de construcción donde los reprocesos tienen un mayor impacto en los costos y tiempos de ejecución.

Determinar las tecnologías de inteligencia artificial que presentan mayor aplicabilidad y potencial para prevenir los reprocesos en proyectos de construcción en Colombia.

Analizar la efectividad de las soluciones de inteligencia artificial identificadas en la reducción de la frecuencia y magnitud de los reprocesos, mediante estudios de caso o simulaciones de proyectos de construcción.

Elaborar algunas recomendaciones estratégicas para la implementación de IA y ciencia de datos en las empresas de construcción en Colombia.

1.4. Justificación de la investigación

La importancia y relevancia de esta investigación radica en poder contribuir con el avance académico, científico y social en el sector construcción del país, ya que nos da la posibilidad de buscar e

indagar sobre la aplicación de las tecnologías y la combinación de metodologías como el BIM, y la inteligencia artificial, teniendo en cuenta que en el sector de la construcción la etapa de adaptación de las nuevas tecnologías se encuentra aún en una fase inicial pero que, a su vez, tiene un potencial importante para el sector, toda esta combinación de tecnologías hace posible asegurar un tránsito hacia la innovación y la eficiencia. (Rodríguez, Álvarez, & Sarmiento, 2025)

Desde el punto de vista académico, la investigación propuesta buscar cerrar las brechas existente con respecto a la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la gestión de proyectos de ingeniería en Colombia; a partir de la indagación de las técnicas relacionadas con la IA la cual puede ofrecer nuevas pautas y enfoques que enriquezcan el propio conocimiento de este ámbito, permitiendo contar con una bibliografía y/o referencias de soporte teórico y práctico al que académicos y estudiantes puedan recurrir.

Los resultados de este estudio podrían favorecer la investigación futura sobre optimización de los procesos en el ámbito de la construcción. De la identificación y el análisis de las mejores prácticas y aplicaciones de esta tecnología, se podrá ir construyendo un cuerpo de conocimiento que sirva para crear nuevas herramientas y metodologías de mejora de la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos de construcción, lo que tiene una clara implicación en cuanto a la reducción de los costes de los proyectos y la mejora de la calidad de sus productos. (Salgado Reyes, N. ,2021)

La aplicación de nuevas tecnologías en la gestión de proyectos de construcción podría tener una clara repercusión sobre la comunidad. La mejora de la planificación y la ejecución de los proyectos no sólo conlleva un ahorro de recursos, sino que podría tener una influencia positiva sobre la seguridad laboral y la calidad de vida de los trabajadores. De la misma manera, esta reducción de los costes de ejecución y de los plazos de entrega de los trabajos de infraestructura serviría, por una parte, para facilitar el acceso a determinados servicios básicos, y por otra, para promover un desarrollo urbano mejor estructurado y más sostenible.

La presente investigación cobra una importancia y relevancia significativas al proponer una contribución sustancial al avance académico, científico y social en el sector de la construcción del país. (Orrego, S. E. 2024). El propósito central es indagar y profundizar en la aplicación de tecnologías emergentes y la combinación de metodologías innovadoras, tales como el Building Information Modeling (BIM) y la Inteligencia Artificial (IA). Se reconoce que el sector de la construcción en Colombia se encuentra en una fase inicial en la adopción y adaptación de estas nuevas tecnologías, aunque posee

un potencial considerable para generar transformaciones. La integración de estas herramientas no solo es un paso hacia la modernización, sino que se perfila como un factor clave para asegurar un tránsito efectivo hacia la innovación y una mejora sustancial en la eficiencia de los procesos constructivos. (Rodríguez, Álvarez, & Sarmiento, 2025)

Desde una perspectiva académica y científica, esta investigación busca activamente cerrar las brechas existentes en la aplicación estas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la gestión de proyectos de ingeniería en Colombia (Sánchez, Reyes, Ortiz, & Olarte, 2017). A través de la indagación en técnicas relacionadas con la IA, el Big Data y la ciencia de datos, el estudio tiene el potencial de ofrecer nuevas pautas, enfoques y perspectivas que enriquecerán el conocimiento ya existente en este ámbito. Los resultados de este análisis no solo añadirán valor teórico, sino que también contribuirán a la creación de una bibliografía y/o referencias de soporte que podrán ser utilizadas tanto por académicos como por estudiantes, facilitando así el acceso a conocimiento actualizado y pertinente para futuras investigaciones.

Además, los hallazgos de este estudio tienen el potencial de favorecer la investigación futura en el ámbito de la optimización de procesos dentro del sector de la construcción. Al identificar y analizar las mejores prácticas y aplicaciones de estas tecnologías, se podrá comenzar a construir un cuerpo de conocimiento robusto. Este cuerpo de conocimiento servirá como base para el desarrollo de nuevas herramientas y metodologías que permitan mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los proyectos de construcción (Constructivo, 2024). Esto, a su vez, tendrá una implicación directa y positiva en la reducción de los costes de los proyectos y en la mejora de la calidad de sus productos, aspectos cruciales para el avance del sector y de la disciplina de la ingeniería.

La investigación propuesta genera múltiples beneficios para diversos actores, respondiendo a las preguntas de ¿quiénes ganan? y ¿qué gana cada uno con este proyecto?:

¿Por qué se investiga este problema? ¿Por qué se plantean estos objetivos? Se investiga este problema debido a la necesidad de impulsar la innovación y la eficiencia en el sector de la construcción en Colombia, un sector que, si bien está en una fase inicial de adaptación tecnológica, posee un gran potencial. (Rodríguez, Álvarez, & Sarmiento, 2025). Los objetivos se plantean para cerrar las brechas en la aplicación de las TICs en la gestión de proyectos de ingeniería y para construir un cuerpo de conocimiento que contribuya a la optimización de procesos y a la mejora de la sostenibilidad y calidad de los proyectos.

¿Qué gana la Institución o Empresa seleccionada? Las instituciones o empresas del sector de la construcción que adopten las metodologías y tecnologías estudiadas ganarán en eficiencia y sostenibilidad. La mejora en la planificación y ejecución de proyectos, impulsada por la aplicación de BIM e IA, se traducirá directamente en un ahorro de recursos y en la reducción de costes. Además, la mejora de la calidad de los productos de la construcción, resultante de estas optimizaciones, fortalecerá la competitividad y la reputación de estas organizaciones.

¿Qué gana la comunidad? La aplicación de estas nuevas tecnologías en la gestión de proyectos de construcción tiene una clara repercusión positiva sobre la comunidad en general. Según Gómez y Rojas (2021) la mejora en la planificación y ejecución de los proyectos no solo conlleva un ahorro de recursos para el sector, sino que influye positivamente en la seguridad laboral y la calidad de vida de los trabajadores. Una reducción en los costes de ejecución y en los plazos de entrega de los trabajos de infraestructura contribuirá, por una parte, a facilitar el acceso a determinados servicios básicos para la población. Por otra parte, esta eficiencia promoverá un desarrollo urbano mejor estructurado y más sostenible, generando entornos de vida más seguros y funcionales para todos los ciudadanos.

¿Qué ganan los estudiantes en calidad de investigadores? Los estudiantes que participen en esta investigación, o aquellos que la consulten, se beneficiarán al tener acceso a una bibliografía y referencias de soporte teórico y práctico actualizadas en un campo emergente. Esto enriquecerá su propio conocimiento y les proporcionará herramientas y enfoques novedosos en temas como la IA, el Big Data y la ciencia de datos aplicados a la ingeniería y la construcción. Actuar como investigadores les brindará experiencia directa en la exploración de técnicas avanzadas y en la generación de conocimiento significativo.

¿Qué gana la especialización, postgrados y UNIMINUTO Virtual? Las especializaciones y programas de postgrado en áreas relacionadas con la ingeniería, la gestión de proyectos y la tecnología se verán enormemente fortalecidos. Esta investigación contribuirá al avance académico y científico, cerrando brechas existentes en la aplicación de TICs y enriqueciendo el conocimiento en la gestión de proyectos. La creación de un cuerpo de conocimiento y la disponibilidad de bibliografía y referencias de soporte teórico y práctico son cruciales para la actualización y pertinencia de los currículos de postgrado. Esto permitirá que los programas ofrezcan contenidos de vanguardia, preparando a los profesionales con las competencias necesarias para liderar la innovación y la eficiencia en el sector de la construcción, y consolidando la oferta académica con un enfoque práctico y relevante.

1.4.1. Impacto y pertinencia de la investigación

Esta investigación se lleva a cabo con una visión profundamente positiva y propositiva, buscando impulsar una transformación significativa en el sector de la construcción en Colombia y más allá. Las razones para apoyar esta iniciativa son claras y multifacéticas, abarcando desde el avance académico y científico hasta mejoras tangibles en la eficiencia, sostenibilidad y bienestar social. (Torres Cortés, 2023)

La esencia de esta investigación radica en su capacidad para contribuir con el avance académico, científico y social en el sector construcción del país. Su objetivo principal es explorar y profundizar en la aplicación de tecnologías y metodologías de vanguardia, como el Building Information Modeling (BIM) y la Inteligencia Artificial (IA). (Ríos, Viveros 2018) Reconociendo que el sector de la construcción se encuentra en una fase inicial de adaptación tecnológica, el proyecto subraya el importante potencial de estas herramientas para asegurar un tránsito hacia la innovación y la eficiencia. Al indagar en estas combinaciones tecnológicas, se busca catalizar un cambio que modernice los procesos y mejore sustancialmente los resultados de los proyectos constructivos.

Desde una perspectiva académica, esta investigación es crucial porque busca activamente cerrar las brechas existentes con respecto a la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la gestión de proyectos de ingeniería en Colombia. A través de la indagación en técnicas relacionadas con la IA, el estudio está diseñado para ofrecer nuevas pautas y enfoques que enriquezcan el propio conocimiento de este ámbito. Uno de los resultados directos es la creación de una bibliografía y/o referencias de soporte teórico y práctico al que académicos y estudiantes puedan recurrir, facilitando así el aprendizaje y la investigación futura.

Además, los hallazgos de este estudio tienen el potencial de favorecer la investigación futura sobre optimización de los procesos en el ámbito de la construcción. Mediante la identificación y el análisis de las mejores prácticas y aplicaciones de estas tecnologías, se puede construir un cuerpo de conocimiento que sirva para crear nuevas herramientas y metodologías de mejora de la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos de construcción. Esto tiene una clara implicación en cuanto a la reducción de los costes de los proyectos y la mejora de la calidad de sus productos, aspectos vitales para el progreso y la competitividad del sector.

El apoyo a esta investigación se justifica plenamente por su impacto positivo en la sociedad. La aplicación de nuevas tecnologías en la gestión de proyectos de construcción podría tener una clara repercusión sobre la comunidad. No solo conllevaría un ahorro de recursos, sino que también podría

tener una influencia positiva sobre la seguridad laboral y la calidad de vida de los trabajadores. Asimismo, la reducción de los costes de ejecución y de los plazos de entrega de los trabajos de infraestructura serviría, por una parte, para facilitar el acceso a determinados servicios básicos, y por otra, para promover un desarrollo urbano mejor estructurado y más sostenible. (Unimedios, 2024; Plataforma Constructivo, 2025)

En síntesis, esta investigación se lleva a cabo para generar conocimiento innovador, optimizar los procesos de construcción, reducir costos, mejorar la calidad de los proyectos y, en última instancia, contribuir a un desarrollo más equitativo y sostenible para la sociedad en su conjunto. Es una iniciativa que promete retornos significativos para el ámbito académico, el sector productivo y la comunidad general.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Marco de Antecedentes

2.1.1. Ecuación de búsqueda

(“Inteligencia Artificial” OR “Machine Learning” OR “Big Data” OR “Ciencia de Datos”) AND (“Gestión de proyectos” OR “Construcción” OR “Ingeniería civil”) AND (“Optimización” OR “Planificación” OR “Eficiencia operativa”).

Temporalidad de la revisión

Se consideraron estudios publicados entre 2015 y 2025, con el fin de incluir investigaciones recientes sobre la aplicación de la inteligencia artificial y la ciencia de datos en la gestión de proyectos de construcción.

2.1.2. Bases de datos utilizadas

Las fuentes consultadas incluyen Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, SpringerLink y repositorios institucionales como el de la Universidad Nacional de Colombia, la universidad UNIMINUTO y la Universidad de Chile, entre otros.

2.1.3. Desarrollo del estado del arte

Lasse Rouhiainen, 2018, La obra expone la Inteligencia Artificial (IA) como la tecnología central que transformará casi todas las industrias, basándose en la capacidad de las máquinas para usar algoritmos y aprender de los datos (Big Data) con el fin de tomar decisiones de manera más rápida y eficiente que los humanos. Entre las metodologías principales se encuentra el Aprendizaje Automático (Machine Learning, ML), el cual permite a los sistemas obtener experiencia y conocimiento sin programación explícita. Dentro del ML, se destacan tres subconjuntos metodológicos: el Aprendizaje Supervisado (usa datos previamente etiquetados con retroalimentación humana), el Aprendizaje No Supervisado (clasifica datos por sí mismo) y el Aprendizaje por Refuerzo (aprende a través de recompensas por aciertos). Una de las aplicaciones de más rápido crecimiento para resolver problemas complejos que involucran grandes cantidades de datos es el Aprendizaje Profundo (Deep Learning), que emplea redes neuronales organizadas en capas para reconocer patrones complejos.

Las estrategias de aplicación de la IA que tienen relevancia en entornos industriales o de gestión de infraestructura incluyen el mantenimiento predictivo, una herramienta que puede aplicarse en diferentes sectores, la detección y clasificación de objetos (fundamental para robótica y vehículos autónomos, pero también aplicable al monitoreo de sitios), y la protección contra amenazas de seguridad cibernética. Además, la IA se desarrolla rápidamente en capacidades de percepción humanas como la visión artificial, el reconocimiento de voz y el procesamiento del lenguaje natural. El desarrollo y perfeccionamiento de estas soluciones depende crucialmente del acceso a grandes volúmenes de datos, tanto estructurados como no estructurados (textos, imágenes, vídeos), siendo estos últimos particularmente valiosos para el análisis de negocios.

El texto proporciona una base conceptual sólida sobre las tecnologías de IA que pueden sustentar y potenciar las simulaciones futuras en proyectos de construcción, ya que explica cómo los algoritmos aprenden exponencialmente y mejoran por sí mismos. Aunque el material no incluye estudios de caso, análisis documental o simulaciones ya realizados en proyectos de construcción

específicos (su enfoque es generalista), las aplicaciones mencionadas, como el mantenimiento predictivo y la detección/clasificación de objetos, son estrategias directamente aplicables en la construcción y gestión de activos. El entendimiento del Aprendizaje Profundo y el manejo de datos no estructurados (imágenes, vídeos de sitios de construcción) resultará fundamental para el análisis documental y la interpretación de los datos recopilados en su investigación. (Lasse Rouhiainen, 2018)

Azhar (2019) llevó a cabo un estudio orientado a analizar la adopción de tecnologías inteligentes en la gestión de proyectos de construcción, con especial énfasis en la integración de la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data como herramientas de apoyo a la toma de decisiones. El autor evidenció que estas tecnologías permiten procesar grandes volúmenes de información en tiempo real, lo que facilita la detección temprana de inconsistencias en la planificación, optimizando así la asignación de recursos y la programación de actividades. A través del análisis de casos prácticos, se demostró que la automatización de la gestión de datos reduce los errores humanos y mejora la precisión de los cronogramas y presupuestos. Además, Azhar destaca que la digitalización del sector de la construcción representa una tendencia inevitable hacia modelos más eficientes, sostenibles y colaborativos, capaces de disminuir significativamente los costos operativos y los tiempos de ejecución. Este estudio constituye un aporte relevante para el desarrollo de investigaciones orientadas a la implementación de IA y analítica de datos como medios para optimizar la gestión integral de proyectos de construcción. (Azhar, 2019)

Sacks, Brilakis, Pikas, Xie y Girolami (2020) presentan el enfoque metodológico del Digital Twin Construction (DTC) como una estrategia integral para la gestión inteligente y basada en datos en los proyectos de construcción. Esta metodología combina los principios de Building Information Modeling (BIM), Lean Construction, la adquisición automatizada de datos y las aplicaciones de Inteligencia Artificial, lo que permite un control continuo de los procesos constructivos. Su estructura se fundamenta en el ciclo de mejora continua Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA), con el propósito de cerrar los bucles de control entre el entorno físico y el digital. A través de esta metodología, el DTC mejora la precisión en la toma de decisiones y reduce los reprocesos al integrar información proveniente de distintas fuentes en tiempo real. En consecuencia, esta estrategia representa un aporte directo al desarrollo de investigaciones orientadas a optimizar los costos y tiempos de ejecución de los proyectos de construcción mediante el uso de tecnologías inteligentes. (Sacks, R., Brilakis, I., Pikas, E., Xie, H. S., & Girolami, M., 2020)

Boje, Guerriero, Kubicki y Rezgui (2020) explican que el Digital Twin Construction (DTC) incorpora simulaciones avanzadas y análisis predictivos como herramientas fundamentales para anticipar resultados y optimizar la planificación de los proyectos. Estas simulaciones, basadas en modelos digitales del proceso constructivo, permiten evaluar escenarios alternativos y seleccionar las estrategias más eficientes en términos de tiempo, costo y calidad. Mediante la integración de los datos del estado actual del proyecto (Project Status Information – PSI) y la información de intención (Project Intent Information – PII), se desarrollan simulaciones basadas en agentes que predicen el rendimiento futuro del proyecto. Esta capacidad predictiva favorece una gestión proactiva frente a la tradicional gestión reactiva, al posibilitar intervenciones tempranas ante desviaciones en cronograma o presupuesto. En el contexto de la presente investigación, estas herramientas fortalecen el componente de simulación y análisis de datos, orientado a mejorar la toma de decisiones y reducir los reprocesos en los proyectos de construcción. *(Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezgui, Y., 2020)*

Cao et al. (2021) identifican y analizan las principales tecnologías y metodologías de Inteligencia Artificial (IA) empleadas históricamente para resolver los problemas complejos característicos de la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC). Entre las metodologías más relevantes se encuentran los algoritmos genéticos, las redes neuronales artificiales, la lógica difusa, los conjuntos difusos y el aprendizaje automático (machine learning), utilizadas en ámbitos como la optimización, la simulación, la gestión de la incertidumbre y la planificación de proyectos. La investigación aplica la metodología de mapeo científico (science mapping method) para realizar un análisis cuantitativo de más de 41,000 registros bibliográficos, proporcionando una comprensión objetiva y reproducible del estado del conocimiento sobre la IA en la industria AEC. Los resultados destacan que la IA constituye un pilar de la Industria 4.0, ya que sus algoritmos permiten aprender de grandes volúmenes de datos y mejorar la productividad mediante predicciones precisas y automatización inteligente. El estudio resalta además las oportunidades de investigación futura en automatización robótica y redes neuronales convolucionales, aportando una base sólida para el desarrollo de estrategias tecnológicas que optimicen los costos, tiempos y calidad de los proyectos de construcción. *(Cao, D., Wang, G., Li, H., Skitmore, M., Huang, T., & Zhang, X., 2021).*

Caro Moreno (2021) realizó un estudio documental enfocado en la aplicación de la inteligencia artificial (IA) en el desarrollo de proyectos de ingeniería civil, con el propósito de analizar su impacto en la eficiencia de la gestión técnica y administrativa. El autor evidenció que el uso de algoritmos de

aprendizaje automático (machine learning) y modelos predictivos permite una mayor precisión en la estimación de recursos, así como en la detección temprana de posibles retrasos o desviaciones durante la ejecución de obras. Asimismo, la investigación resalta que la automatización de procesos mediante herramientas inteligentes favorece la optimización de costos y tiempos, además de contribuir a la reducción de errores humanos y reprocesos. Caro Moreno plantea que la implementación progresiva de la IA en la ingeniería civil no solo mejora la productividad, sino que también promueve una toma de decisiones más informada y basada en datos. Este estudio representa un aporte significativo al evidenciar cómo la digitalización y la automatización pueden transformar la gestión de proyectos de construcción hacia un enfoque más eficiente y sustentable. (Caro Moreno, 2021)

Li, Liu y Chan (2021) destacan que las tecnologías de monitoreo automatizado son esenciales para capturar y analizar información en los estudios de caso del entorno de construcción. Estas herramientas permiten registrar el estado real del proyecto (Project Status Information – PSI) mediante sistemas como el escaneo láser, la fotogrametría y la visión por computadora, que facilitan la detección del progreso, la seguridad y la productividad en obra. Además, tecnologías de localización como el GPS, RFID, BLE y UWB contribuyen al seguimiento de materiales, maquinaria y personal, integrando datos espaciales y temporales. La fusión de datos provenientes de diferentes fuentes mejora la precisión de la información y posibilita una toma de decisiones basada en evidencia. En el marco del Digital Twin Construction (DTC), estas tecnologías representan un aporte relevante para la investigación, al permitir el monitoreo del avance en tiempo real, reducir errores y optimizar la eficiencia operativa en los proyectos de construcción. (Li, C. Z., Liu, D., & Chan, A. P. C., 2021)

González (2022) realizó un estudio de caso múltiple enfocado en la implementación progresiva de herramientas de Inteligencia Artificial (IA) en empresas constructoras colombianas. Su investigación identificó las principales barreras organizacionales y técnicas que limitan la adopción de la IA, destacando la falta de capacitación especializada, la resistencia al cambio y la ausencia de cultura digital en el sector. A través del análisis de experiencias prácticas en distintas empresas, el autor evidenció que la integración de tecnologías como el aprendizaje automático (machine learning) y los sistemas inteligentes de gestión puede mejorar la productividad, optimizar la planificación de proyectos y reducir los reprocesos en la ejecución de obras. Asimismo, el estudio propone una estrategia de adopción gradual, acompañada de programas de formación continua y transformación cultural, como condición necesaria para garantizar la sostenibilidad tecnológica en las organizaciones. En el contexto de la presente investigación, este trabajo constituye un aporte relevante al demostrar que la incorporación

planificada de la IA en el sector construcción colombiano puede impulsar mejoras sustanciales en costos, tiempos y eficiencia operativa. *(González, 2022)*

Li et al. (2023) desarrollaron una investigación basada en simulaciones predictivas aplicadas a proyectos de infraestructura, con el objetivo de evaluar cómo los modelos de Inteligencia Artificial (IA) pueden anticipar y mitigar los cuellos de botella durante las fases de ejecución. El estudio implementó técnicas de aprendizaje automático (machine learning) y modelos de predicción de rendimiento para analizar datos históricos de proyectos y generar escenarios alternativos de planificación. Los resultados mostraron que la aplicación de estos modelos permitió reducir en un 15% los costos operativos y disminuir en un 10% los tiempos de entrega, evidenciando una mejora significativa en la eficiencia y toma de decisiones proactiva. La investigación también subraya el valor de la simulación digital para optimizar el uso de recursos y prever desviaciones de cronograma antes de que ocurran, fortaleciendo la gestión integral del ciclo de vida del proyecto. En el marco de la presente investigación, este enfoque representa un aporte metodológico clave para la aplicación de herramientas de IA en la optimización de procesos constructivos y la reducción de reprocesos en obras de gran escala. *(Li et al., 2023)*

Li et al. (2023) desarrollaron una investigación basada en simulaciones predictivas aplicadas a proyectos de infraestructura, con el objetivo de evaluar cómo los modelos de Inteligencia Artificial (IA) pueden anticipar y mitigar los cuellos de botella durante las fases de ejecución. El estudio implementó técnicas de aprendizaje automático (machine learning) y modelos de predicción de rendimiento para analizar datos históricos de proyectos y generar escenarios alternativos de planificación. Los resultados mostraron que la aplicación de estos modelos permitió reducir en un 15% los costos operativos y disminuir en un 10% los tiempos de entrega, evidenciando una mejora significativa en la eficiencia y toma de decisiones proactiva. La investigación también subraya el valor de la simulación digital para optimizar el uso de recursos y prever desviaciones de cronograma antes de que ocurran, fortaleciendo la gestión integral del ciclo de vida del proyecto. En el marco de la presente investigación, este enfoque representa un aporte metodológico clave para la aplicación de herramientas de IA en la optimización de procesos constructivos y la reducción de reprocesos en obras de gran escala. *(Li et al., 2023)*

Martínez y Rojas (2024) desarrollaron un análisis documental enfocado en la aplicación de la analítica avanzada y el aprendizaje automático (machine learning) en la planificación y gestión de obras urbanas. Su investigación evidencia que la integración de la Inteligencia Artificial (IA) con las plataformas

de Building Information Modeling (BIM) potencia significativamente la interoperabilidad entre los distintos actores del proyecto y mejora la gestión de información durante todo el ciclo de vida de la construcción. Las metodologías analizadas incluyen el uso de modelos predictivos y sistemas inteligentes que permiten anticipar retrasos, optimizar la asignación de recursos y reducir la incertidumbre en la toma de decisiones. Además, el estudio subraya que la combinación de BIM e IA facilita la automatización de procesos y el análisis en tiempo real de grandes volúmenes de datos, fortaleciendo la capacidad de gestión y control en proyectos de infraestructura urbana. Este enfoque representa un aporte valioso para el desarrollo de investigaciones que buscan optimizar los costos, tiempos y calidad en la ejecución de obras mediante el uso de tecnologías digitales avanzadas. *(Martínez & Rojas, 2024)*

En síntesis, las investigaciones revisadas muestran una tendencia clara hacia la transformación digital de la industria de la construcción, impulsada por el uso de IA, Big Data y BIM como herramientas clave para la gestión eficiente de proyectos. Sin embargo, en el contexto colombiano, persisten limitaciones en la adopción tecnológica debido a la falta de estandarización, capacitación y resistencia cultural al cambio. Este estado del arte evidencia la necesidad de proponer estrategias integrales que faciliten la implementación efectiva de herramientas de inteligencia artificial y ciencia de datos, con el fin de reducir reprocesos y optimizar tiempos y costos en la ejecución de proyectos.

2.2. Marco Teórico

El Marco Teórico de esta investigación se sustenta en conceptos cruciales que describen la transición del sector de la construcción hacia la digitalización y articulan la propuesta para utilizar la Inteligencia Artificial (IA) como una estrategia efectiva para reducir las fallas operacionales y los reprocesos. A continuación, se detallan los ejes temáticos clave y su relevancia.

2.2.1. Inteligencia Artificial (IA) y su Aplicación en Construcción

La Inteligencia Artificial (IA) es un modelo tecnológico clave en la Cuarta Revolución Industrial, cuyo objetivo es simular procesos cognitivos como el aprendizaje y la toma de decisiones (Boden, 2017; Russell & Norvig, 2010), permitiendo a las máquinas ejecutar tareas que tradicionalmente requerirían la intervención humana. En el sector de la construcción, la IA se manifiesta a través de diversas ramas como el Machine Learning (aprendizaje automático) y los Modelos de Lenguaje Grande (LLMs).

La rama del *Machine Learning* permite a las máquinas aprender de los datos históricos y las tendencias para crear modelos predictivos utilizados en la estimación de costos, la gestión de recursos y la predicción de retrasos. La Inteligencia Artificial Conversacional, por otro lado, optimiza la comunicación entre actores (arquitectos, ingenieros, contratistas) mediante el procesamiento del lenguaje natural (NLP), reduciendo los errores humanos (Darko et al., 2020).

La IA constituye la variable independiente y el núcleo de este estudio. Su aplicación es fundamental por su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real, analizar información histórica e identificar patrones, logrando predecir el comportamiento de un proyecto. Esta funcionalidad facilita la toma de decisiones estratégicas, mejorando la planificación y la asignación de recursos, lo que es esencial para reducir los reprocesos y su impacto en costos y tiempos. Su potencial de ahorro en costos para el sector puede alcanzar hasta un 30% (McKinsey & Company, 2020).

2.2.2. Big Data y Ciencia de Datos

El Big Data se refiere al manejo de grandes volúmenes de datos, mientras que la Ciencia de Datos engloba las metodologías necesarias para recopilar, limpiar, analizar e interpretar la información. Estas tecnologías se han consolidado como herramientas transformadoras en la planificación, ejecución y control de proyectos, al permitir el análisis de grandes volúmenes de datos mediante algoritmos avanzados.

En conjunto, la Inteligencia Artificial y la Ciencia de Datos constituyen un binomio estratégico y un marco robusto para optimizar la gestión de proyectos de construcción (Koseoglu & Keskin, 2023; McKinsey & Company, 2020).

La integración de Big Data y Ciencia de Datos es crítica porque proporcionan la base metodológica y la materia prima (datos) que alimentan los sistemas de IA. Su función es clave para mejorar la planificación, la estimación de costos y la gestión de riesgos. Al permitir el análisis avanzado, estas tecnologías facilitan la identificación temprana de errores y la optimización de recursos, atacando directamente el problema de la información fragmentada que conduce a reprocesos (Jaimes-Quintanilla & Zabala-Vargas, 2024).

2.2.3. Optimización de Procesos

La Optimización de Procesos es una teoría basada en la mejora continua y la eficiencia operativa, pilares fundamentales para el éxito en la gestión de proyectos. Una gestión eficaz requiere la aplicación de procesos integrados que garanticen el desarrollo eficiente, cumpliendo los objetivos de tiempo, costo y calidad establecidos (Lledó, 2013; Mulcahy, 2009).

Este concepto se alinea directamente con el objetivo central del estudio: la reducción de reprocesos. La implementación de la IA en la construcción se articula con este enfoque teórico porque permite automatizar tareas repetitivas e identificar rápidamente desviaciones en el desarrollo del proyecto. Así, la IA actúa como el medio tecnológico para aplicar esta teoría de optimización en la práctica, ayudando a que el proyecto se mantenga dentro de los plazos establecidos y mejore la eficiencia operativa.

2.2.4. Building Information Modeling (BIM)

El Building Information Modeling (BIM) es una metodología y tecnología que facilita la planificación y gestión de proyectos mediante modelos digitales detallados. Se considera una herramienta fundamental dentro de la Construcción 4.0, ya que centraliza la información de un proyecto, mejorando la productividad, eficiencia y calidad. La integración de BIM con IA permite optimizar los diseños estructurales y aumentar la eficiencia energética (Succar & Kassem, 2015; Eastman et al., 2018).

2.2.5. Reprocesos y Fallas Operativas

Los reprocesos son las consecuencias directas de dificultades comunes en la construcción, como la falta de integración entre actores, errores en la coordinación de diseños, limitada capacidad para procesar información y baja previsión de riesgos. Estos fallos recurrentes resultan en retrasos, sobrecostos y disminución de la competitividad del sector. La reducción de reprocesos y su impacto en costos y tiempos constituye la variable dependiente de la investigación (Love et al., 2016).

2.2.6. Retos en la Gestión de Proyectos de Construcción (Tiempo, Costo y Riesgo)

La complejidad de los proyectos de construcción se debe a la gran cantidad de datos y variables involucradas. Los principales desafíos incluyen el control del tiempo de entrega (afectado por permisos o condiciones climáticas), la contención del presupuesto (por incertidumbre en materiales o imprevistos) y la gestión de riesgos (problemas de calidad o retrasos en materiales). La gestión eficaz requiere aplicar procesos integrados que garanticen el cumplimiento de los objetivos de tiempo, costo y calidad (Project Management Institute [PMI], 2021).

2.2.7. Automatización de Procesos

La automatización, impulsada por la IA, consiste en el uso de algoritmos y sistemas para reemplazar tareas repetitivas y estandarizadas que antes requerían intervención humana. En el contexto de la construcción, esto incluye tareas administrativas, la revisión documental y la optimización de la comunicación. La automatización contribuye directamente a reducir los errores humanos, siendo fundamental para alcanzar la eficiencia operativa y disminuir los reprocesos (Zhong et al., 2020).

2.3. Marco normativo

Bajo la referencia de la Cámara Colombiana de la Construcción – CAMACOL se han establecido documentos que buscan la estandarización de la implementación BIM en las empresas colombianas, teniendo como meta que el 50% de las empresas del sector estén usando BIM para el 2026. Como propuesta para una implementación más eficiente, se busca a través de esta investigación, mostrar la equivalencia de la NTC-ISO 19650:2001 (ICONTEC, 2021) con la ISO 9001:2015, (Organización Internacional de Normalización, 2015) ya que las organizaciones en el país tienen en su radar los procedimientos de Calidad que estas promulgan y permiten que sean una referencia para la apropiación de los estándares que el BIM tiene establecidos, permitiéndonos ver cómo la metodología BIM promueve una cultura organizacional orientada a la calidad desde los parámetros de la norma en las diferentes etapas de la construcción en Colombia. (Gómez Marroquín, L. M. 2022). La metodología BIM como promotora de calidad en la cultura organizacional de las empresas constructoras)

Esta norma proporciona un marco para la gestión de la información en proyectos de construcción y establece principios y requisitos para la organización y el intercambio de información durante todo el ciclo de vida de un activo.

Algunos puntos clave de la norma NTC ISO 19650 (Organización Internacional de Normalización, 2015) incluyen:

Gestión de la Información: Define cómo se debe gestionar la información durante el diseño, la construcción y la operación de activos, promoviendo la colaboración entre las partes interesadas.

Organización de la Información: Establece un enfoque sistemático para organizar y clasificar la información, lo que facilita su acceso y uso.

Intercambio de Información: Proporciona directrices sobre cómo intercambiar información de manera efectiva entre diferentes partes, asegurando que todos los involucrados tengan acceso a la información necesaria en el momento adecuado.

Seguridad de la Información: Establece medidas para proteger la información sensible y garantizar su integridad y confidencialidad.

Ciclo de Vida del Activo: La norma abarca todas las fases del ciclo de vida del activo, desde la planificación y diseño hasta la construcción y operación.

Es importante tener en cuenta que la implementación de esta norma puede variar según el contexto y las necesidades específicas de cada proyecto. La NTC ISO 19650 (Organización Internacional de Normalización, 2015) busca mejorar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad en la gestión de proyectos de construcción mediante el uso adecuado de la información.

En Colombia, no existen leyes específicas que regulen de manera directa la implementación de la Inteligencia Artificial y Big Data en la gestión de proyectos de construcción. Pero, es fundamental tener en cuenta aquellas normativas que relacionan la privacidad de datos y la seguridad informática, como lo pueden ser:

Ley 1581 de 2012: es la que regula la protección de datos personales en Colombia, lo cual es primordial para el uso de la IA, principalmente cuando se manipulan grandes volúmenes de información

de diferentes fuentes, incluso aquellas donde hay interacciones de empleados y clientes. (Congreso de la República de Colombia, 2012).

Ley 1753 de 2015 en esta se observa las bases de la innovación y el desarrollo tecnológico en Colombia, en donde se crea un ambiente para la adopción de tecnologías avanzadas en diferentes sectores, incluida la construcción. (Congreso de la República de Colombia, 2015)

A nivel internacional, la Unión Europea ha desarrollado marcos éticos y normativos que sirven como guía para el desarrollo responsable de la inteligencia artificial. Entre ellos, destacan las Directrices Éticas para una IA confiable, publicadas por la Comisión Europea (European Commission, 2019), las cuales establecen principios de transparencia, responsabilidad y respeto por los derechos fundamentales en el uso de sistemas inteligentes. Estas directrices pueden servir de referencia para las empresas colombianas en el proceso de digitalización y adopción de la IA en la construcción.

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque y alcance de la investigación

Esta investigación se desarrolla con un enfoque que integra distintas formas de análisis para comprender de manera más completa una situación que afecta al sector de la construcción. Se estudia cómo el uso de la inteligencia artificial puede ayudar a reducir los reprocesos en obra y cómo esto influye directamente en los costos y los tiempos de ejecución de los proyectos. La investigación busca responder no solo qué tanto se están usando estas tecnologías, sino también de qué manera están generando cambios en la forma en que se gestionan los proyectos constructivos.

El alcance del estudio es de tipo descriptivo y explicativo. En una primera etapa, se busca describir el nivel actual de adopción de tecnologías emergentes en el sector, incluyendo herramientas como inteligencia artificial, ciencia de datos e internet de las cosas. En una segunda etapa, se pretende explicar cómo estas tecnologías pueden contribuir a optimizar los procesos, reducir errores y tomar decisiones más informadas. Este enfoque permite obtener una visión amplia del tema y generar recomendaciones útiles para mejorar la gestión de los proyectos.

La investigación se ubica en el sector de la construcción en Colombia, analizando casos en empresas grandes como medianas que desarrollan proyectos de infraestructura y edificación, por lo

tanto, se identificarán aplicaciones de IA relevantes, los beneficios en la gestión de proyectos y los problemas con las que se cuenta para su implementación.

El tiempo que abarca la investigación se centra en el análisis de la literatura, prácticas y desarrollos en el sector durante los últimos 10 años, lo que permite una visión actualizada de la evolución de la Inteligencia Artificial y la ciencia de datos en la construcción.

La relevancia de esta investigación se enfoca en buscar ofrecer estrategias prácticas para mejorar la rentabilidad y competitividad de las empresas de construcciones en Colombia, logrando que con este uso de la IA se tomen decisiones estratégicas que promuevan la innovación en el sector para el desarrollo del país.

Para abordar esta temática de forma más completa, se utiliza una metodología mixta (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018), que combina el análisis cualitativo y el análisis cuantitativo. Esta combinación permite obtener una visión más rica del problema, ya que se consideran tanto datos numéricos como información basada en la experiencia y el conocimiento previo.

El componente cualitativo se enfoca en una revisión profunda de la literatura académica siguiendo la metodología propuesta en (Petticrew & Roberts, 2006) y técnica relacionada con la aplicación de inteligencia artificial y tecnologías emergentes en el sector de la construcción. Esta revisión permite conocer cómo se ha abordado el tema en otros contextos, identificar buenas prácticas, y establecer una base conceptual sólida para el análisis posterior.

Por otro lado, el componente cuantitativo se desarrolla a través del diseño y aplicación de encuestas dirigidas a profesionales del sector. Estas encuestas tienen como objetivo conocer el nivel de uso, apropiación y percepción de tecnologías como la inteligencia artificial, la ciencia de datos y el internet de las cosas. También se busca identificar las barreras más comunes que enfrentan las organizaciones al momento de adoptar estas herramientas, así como las oportunidades que pueden surgir a partir de su implementación.

El diseño de esta investigación es de tipo no experimental, ya que no se manipulan las variables del estudio, sino que se observan tal como se presentan en la realidad. Es un diseño de corte transversal, lo que significa que la información se recolecta en un solo momento, permitiendo hacer un diagnóstico actual sobre el uso de tecnologías emergentes en el sector de la construcción.

Además, el estudio es de tipo descriptivo y correlacional. Por un lado, se busca describir cómo se están incorporando estas tecnologías en los proyectos y qué nivel de conocimiento tienen los actores involucrados. Por otro lado, se pretende explorar si existen relaciones entre el uso de estas herramientas y ciertos resultados en los proyectos, como la disminución de reprocesos, la reducción de costos o la optimización del tiempo. Este tipo de diseño permite obtener información útil para entender mejor el contexto actual y proponer posibles líneas de acción para mejorar la eficiencia en los procesos constructivos

3.2. Población y muestra

3.2.1. Definición de la población

La población que se considera para esta investigación está compuesta por personas que trabajan dentro del sector de la construcción y que, por la naturaleza de sus funciones, están involucradas en procesos donde la tecnología tiene un papel relevante. Se trata de profesionales como ingenieros, arquitectos, gerentes de proyectos, coordinadores técnicos, especialistas en modelación digital (BIM) y otros cargos que, de manera directa o indirecta, toman decisiones sobre el desarrollo y la ejecución de obras.

Además, esta población incluye tanto a quienes están vinculados a empresas privadas del sector como a quienes trabajan desde el ámbito público o en firmas consultoras. Todos ellos comparten una característica clave: tienen experiencia o participación en proyectos donde las herramientas tecnológicas, la digitalización o el uso de datos pueden generar un impacto en la eficiencia del trabajo, especialmente en términos de tiempo y costos. Esta diversidad permite contar con una visión amplia sobre el nivel actual de apropiación de tecnologías como la inteligencia artificial, el análisis de datos y el internet de las cosas dentro del sector.

3.2.2. Cálculo y selección de la muestra

En esta investigación se utiliza una muestra de tipo no probabilístico, ya que no todos los miembros de la población tienen la misma posibilidad de ser seleccionados. Se opta por una muestra por selección intencionada, lo que significa que los participantes se eligen de forma directa, con base en criterios previamente definidos que se ajustan a los objetivos del estudio. La muestra se compone de 65

empresas, este enfoque permite acceder a personas que verdaderamente tengan conocimientos y experiencia en los temas que se desean analizar, Sin embargo, se planea ampliar el número de participantes en la medida en que la recolección de datos lo permita, con el fin de asegurar mayor representatividad en los análisis.

Se incluyeron, profesionales con al menos dos años de experiencia laboral en el sector de la construcción, personas o empresas que trabajen o hayan trabajado recientemente en áreas relacionadas con la planeación, ejecución, supervisión o coordinación de proyectos constructivos, participantes con conocimientos o experiencias básicas en el uso de herramientas tecnológicas, como inteligencia artificial, modelación digital, análisis de datos o plataformas de gestión. Participantes con cargos como ingenieros residentes, coordinadores BIM, gerentes de proyectos, arquitectos proyectistas, profesionales de apoyo técnico, directores técnicos, entre otros.

Se excluyeron aquella personas o empresas sin experiencia directa en el sector de la construcción, Profesionales que no hayan tenido ningún tipo de contacto o interacción con herramientas digitales o tecnológicas aplicadas a proyectos, Estudiantes sin experiencia profesional comprobada en proyectos constructivos, personas o empresas que no completen adecuadamente el instrumento de recolección (encuesta incompleta o con inconsistencias). Esta estrategia busca garantizar que los datos recolectados provengan de fuentes con conocimiento suficiente sobre el tema, lo que permite obtener conclusiones más confiables y útiles para el análisis.

3.3. Instrumento(s)

En el marco de esta investigación y alineado con los criterios establecidos la ficha técnica del proyecto nodo: Inteligencia artificial, Big-Data y Ciencia de Datos para la optimización de la gestión de proyectos en Colombia (Zabala,2025), se ha desarrollado una encuesta como herramienta principal para recopilar información. Este instrumento ha sido diseñado para evaluar el grado en que las organizaciones del sector construcción han incorporado tecnologías digitales en sus procesos, productos y relaciones con su entorno. El enfoque está centrado en comprender cómo avanza la transformación digital en los distintos componentes de la gestión de proyectos.

La encuesta está estructurada en varias secciones. La primera parte recoge datos generales sobre la empresa, como su tamaño, área de actividad, trayectoria y ubicación. Esta información servirá para realizar análisis comparativos más adelante.

En la segunda sección se examina el modelo de negocio y los productos ofrecidos por la organización. Se busca identificar si existen cambios en la forma de operar o crear valor a partir de la integración de herramientas tecnológicas. Cuando se hace referencia a productos, se consideran tanto los bienes tangibles como los servicios o soluciones intangibles. Igualmente, se tienen en cuenta los sectores o áreas dentro de la empresa donde se generan dichos productos.

La siguiente parte se enfoca en las dinámicas con clientes y proveedores. A través de estas preguntas se pretende reconocer el nivel de uso y apropiación de tecnologías digitales en la interacción con actores externos, lo cual es clave en los procesos colaborativos de la industria.

Otra sección aborda los aspectos relacionados con infraestructura tecnológica y medidas de seguridad. Se explora el grado en que las empresas han desarrollado entornos digitales estables, seguros y adaptados a los nuevos desafíos tecnológicos.

Finalmente, la encuesta incluye un bloque destinado a conocer la percepción y experiencia de las empresas en torno a los principios de la industria 4.0. Se indaga sobre el conocimiento, la preparación y la proyección futura respecto a tecnologías avanzadas como inteligencia artificial, automatización, análisis de datos y conectividad.

Este cuestionario será aplicado en formato digital, lo que facilita su acceso desde distintos lugares y garantiza mayor flexibilidad en la participación. Para asegurar la claridad y utilidad del instrumento, se realizará una validación previa con un grupo reducido de personas expertas del sector. Toda la información recolectada será tratada de manera confidencial y organizada cuidadosamente para su posterior análisis. Este instrumento permitirá establecer un diagnóstico general sobre el grado de integración tecnológica en la gestión de proyectos dentro del sector construcción, aportando datos clave para el desarrollo de propuestas o estrategias de mejora.

Además de la encuesta aplicada a los profesionales del sector, se utilizó la revisión documental como instrumento para recopilar y analizar información existente sobre la aplicación de inteligencia artificial y ciencia de datos en proyectos de construcción. Esta revisión se realizó a partir de artículos científicos, informes técnicos y documentos normativos publicados entre 2015 y 2025 en bases de datos como Scopus, ScienceDirect y Google Scholar. Se emplearon palabras clave como “inteligencia artificial”, “gestión de proyectos” y “construcción”. Los resultados de esta revisión permitieron establecer el estado del arte y fundamentar teóricamente las estrategias propuestas.

Se anexa a la presente el formulario de encuesta que será empleado para el desarrollo del proyecto, con el propósito de documentar la metodología empleada y respaldar los resultados obtenidos. (Anexo a)

3.4. Descripción de procedimientos

Con el fin de llevar a cabo la investigación de metodología mixta, el procedimiento se estructura en dos fases principales, asegurando la recopilación y el tratamiento riguroso tanto de la literatura académica (componente cualitativo) como de los datos primarios obtenidos de profesionales del sector (componente cuantitativo).

3.4.1. Fase I: Procedimiento Cualitativo (Revisión Profunda de la Literatura)

El componente cualitativo se enfoca en una revisión profunda de la literatura académica siguiendo la metodología propuesta en (Petticrew & Roberts, 2006).

- **Procedimiento:** Esta revisión tiene como objetivo identificar cómo se ha abordado el tema de la Inteligencia Artificial (IA) y tecnologías emergentes en la gestión de proyectos de construcción en otros contextos, permitiendo identificar buenas prácticas y establecer una base conceptual sólida para el análisis posterior.
- **Alcance Temporal y Temático:** La revisión se concentra en la literatura, prácticas y desarrollos durante los últimos 10 años, centrada en la aplicación de IA, Big Data, y Ciencia de Datos en la reducción de reprocesos en la construcción.
- **Propósito:** Esta fase permite, además, identificar las etapas de los proyectos de construcción donde los reprocesos tienen un mayor impacto y determinar las tecnologías de IA que presentan mayor potencial en el contexto colombiano.

3.4.2. Fase II: Procedimiento Cuantitativo (Aplicación de la Encuesta)

La recolección de datos primarios se llevó a cabo mediante el diseño y aplicación de una encuesta dirigida a profesionales del sector de la construcción. El instrumento fue elaborado utilizando

la plataforma Google Forms, lo que permitió su disponibilidad en formato digital a través del enlace <https://forms.office.com/r/Qcy32bcyxY>. El enlace fue distribuido mediante medios digitales, tales como correo electrónico y redes sociales profesionales, con el fin de facilitar el acceso, ampliar el alcance de los participantes y optimizar la eficiencia en la recopilación de la información.

- **Ubicación y Alcance Geográfico:** La investigación se ubica en el sector de la construcción en Colombia, analizando casos en empresas grandes como medianas que desarrollan proyectos de infraestructura y edificación. Se enfatiza en el contexto local de Medellín.
- **Público Objetivo (Muestra):** La muestra es de tipo no probabilístico por selección intencionada. Se dirige a profesionales (ingenieros, arquitectos, gerentes de proyectos, coordinadores técnicos y especialistas en modelación digital -BIM-) con al menos dos años de experiencia en planeación, ejecución o supervisión de proyectos constructivos. La muestra está compuesta por 65 empresas.
- **Diseño y Validación Final del Instrumento:** Se aseguro que la encuesta digital estuviera completamente diseñada y funcional en la plataforma a utilizar, verificando la lógica y la claridad de las preguntas.
- **Selección de la Muestra y Establecimiento de Contacto:** Se elaboro una base de datos de posibles participantes (empresas grandes y medianas) a través de registros de cámaras de comercio, asociaciones del sector o redes profesionales.
- **Envío de la Encuesta Digital:** Se envió un correo electrónico o mensaje de invitación claro y conciso, incluyendo el objetivo del estudio, la importancia de la participación, el tiempo estimado para completar la encuesta, y el enlace directo al cuestionario digital.
- **Seguimiento y Recordatorios:** Se estableció un periodo de respuesta de dos a tres semanas. Se implementaron recordatorios periódicos (un primer recordatorio a la semana del envío inicial y un segundo una semana antes del cierre).
- **Cierre del Periodo de Recolección:** El tiempo total estimado para el levantamiento de la información se estimó entre **4 y 8 semanas**.

3.5. Análisis de información

Una vez recolectados los datos de la encuesta y sintetizada la literatura, el procesamiento y análisis se realizará de manera diferenciada para cada componente metodológico.

3.5.1. Limpieza, Organización y Preparación de Datos

Este proceso se aplica directamente a los datos cuantitativos obtenidos de la encuesta digital.

- **Importación de datos:** Los datos de la encuesta (recolectados mediante Office Forms) se importan a Excel. Se realiza una revisión para asegurar que las variables numéricas y categóricas se identifiquen correctamente.
- **Limpieza y preparación de datos:** Se realiza una revisión exhaustiva para identificar la existencia de respuestas faltantes. Las encuestas incompletas o con inconsistencias significativas son excluidas del análisis cuantitativo. Además, se verifica si existen valores atípicos que puedan distorsionar los resultados.

3.5.2. Codificación y Estructuración de Datos

Se realiza la codificación necesaria para la operacionalización de las variables, distinguiendo entre los datos cualitativos de la literatura y los cuantitativos de la encuesta.

- **Datos Cuantitativos (Encuestas):** Las preguntas de escala (como las usadas para medir el nivel de adopción o madurez digital) se codifican definiendo las categorías (ej., NULO, BAJO, MEDIO, ALTO, MUY ALTO) como variables ordinales. Esta estructuración es fundamental para permitir el cálculo de frecuencias, porcentajes y la realización de análisis correlacionales.
- **Datos Cualitativos (Revisión Documental):** La información textual recopilada de la revisión académica se organiza mediante codificación temática para el análisis de contenido. Se definen categorías de análisis basadas en los objetivos específicos, tales como:
 - Frecuencia e Impacto de Reprocesos en la Construcción.
 - Tecnologías de IA con Mayor Aplicabilidad.

- Barreras y Oportunidades de Implementación de IA en el Sector.
- Recomendaciones Estratégicas para la Gestión de Proyectos.

3.5.3 Análisis de la Información y Software

Se detallan los procedimientos analíticos para cada componente, utilizando los softwares específicos.

- **Análisis Cuantitativo (Encuestas):** El análisis estadístico se lleva a cabo utilizando el software Excel.

Análisis Descriptivo: El análisis descriptivo corresponde a una etapa del análisis cuantitativo de las encuestas, ya que se basa en el tratamiento numérico de los datos recolectados. Su propósito es resumir, organizar y presentar la información de forma clara, permitiendo identificar tendencias, frecuencias y proporciones dentro de la muestra encuestada.

Para cada pregunta, se empleó la función “CONTAR.SI” para determinar cuántas veces se repitió cada respuesta. Luego, estos valores se transformaron en porcentajes dividiendo la frecuencia de cada opción entre el total de respuestas, lo cual permitió identificar la proporción de participantes que eligieron cada alternativa. Esto permitió visualizar qué respuestas fueron más representativas dentro del grupo encuestado.

Con base en los resultados obtenidos, se realizó una interpretación descriptiva, destacando los valores predominantes, las diferencias entre categorías y los aspectos relevantes que aportan información sobre el comportamiento o percepción de los encuestados.

- **Análisis Cualitativo (Revisión Documental):** El análisis se centra en la **síntesis y contraste de la literatura**.

Se realiza un análisis de contenido temático basado en las categorías de codificación definidas previamente. El procedimiento consiste en la agrupación de los hallazgos y conocimientos identificados para sintetizar las mejores prácticas, las barreras y los desafíos en la implementación de IA y Big Data en la construcción colombiana.

3.5.4 Presentación de los Análisis

Los resultados de los análisis serán presentados de manera clara y didáctica, distinguiendo los elementos visuales según el tipo de dato.

- **Presentación de Resultados Cuantitativos:** Los resultados obtenidos de las encuestas y procesados en EXCEL se presentarán mediante:

Los resultados se visualizan mediante gráficos de barras, columnas o sectores (pastel), seleccionados según el tipo de pregunta. Estos gráficos facilitan la interpretación visual de los datos y permiten identificar de manera inmediata los valores predominantes.

La presentación busca reflejar patrones comunes, fortalezas y debilidades en la adopción de herramientas digitales.

- **Presentación de Resultados Cualitativos:** Los hallazgos derivados de la revisión documental (Fase I) se presentan mediante una síntesis interpretativa de las respuestas abiertas y observaciones, organizadas por categorías temáticas que reflejen los principales patrones, percepciones y opiniones identificadas. Cada categoría se acompaña de una breve descripción que resuma su significado y relación con los objetivos del estudio.

Los hallazgos de la revisión documental se exponen de forma sistematizada, agrupando los aportes teóricos y conceptuales más relevantes según los ejes del proyecto.

Finalmente, ambos tipos de resultados se integrarán en un análisis interpretativo, que permitirá contrastar la información empírica con los fundamentos teóricos y obtener conclusiones coherentes con el objetivo general de la investigación.

3.6. Consideraciones éticas

3.6.1. Análisis de consideraciones éticas

La implementación de inteligencia artificial (IA), y ciencia de datos en la gestión de proyectos conlleva una serie de consideraciones éticas fundamentales que deben guiar cada etapa del proyecto. Estos principios éticos son esenciales para garantizar el respeto a las personas involucradas, promover la beneficencia, asegurar la justicia y prevenir la no maleficencia.

Respeto a las Personas: El principio fundamental de respeto a las personas debe regir todas las actividades del proyecto. Esto implica considerar la privacidad, la autonomía y los derechos de todas las partes involucradas. Se debe garantizar la transparencia en la recopilación y el uso de datos, permitiendo a las personas comprender cómo se utilizarán sus datos y brindarles la opción de retirar su consentimiento en cualquier momento.

Beneficencia: El proyecto busca el beneficio de todas las partes involucradas. Esto implica utilizar la IA y el análisis de datos para mejorar la eficiencia y la efectividad de la gestión de proyectos, lo que puede llevar a resultados más positivos para todas las partes interesadas. Sin embargo, estos beneficios se deben distribuir de manera equitativa y no excluyan a ningún grupo o individuo.

Justicia: La justicia requiere que las decisiones tomadas en el proyecto sean equitativas y no discriminatorias. La recopilación y el análisis de datos son imparciales y evitan la discriminación basada en características personales como género, raza, orientación sexual u otras. Además, se garantiza que las ventajas derivadas del proyecto estén disponibles para todos, sin importar su posición o situación.

No Maleficencia: Dentro del proyecto se evita causar daño a cualquier persona o grupo involucrado. Esto incluye la prevención de riesgos asociados con la recopilación y el uso de datos, así como la mitigación de posibles consecuencias negativas de las decisiones tomadas por sistemas de IA.

En resumen, los principios éticos de respeto a las personas, beneficencia, justicia y no maleficencia deben servir como pilares fundamentales en la gestión de proyectos que emplean IA, y ciencia de datos. Al adherirse a estos principios, el proyecto puede lograr sus objetivos de manera ética y responsable, asegurando el bienestar de todas las partes involucradas y promoviendo resultados positivos y equitativos.

3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización

La presente propuesta de investigación busca garantizar el cumplimiento de los principios éticos y legales. Entre los aspectos claves a considerar se encuentran:

Declaración inicial: Antes de aplicar la encuesta, se presentó a los participantes una declaración inicial que describe los objetivos, el alcance y el carácter académico del estudio. Este texto cumple la función de instrumento de aceptación o autorización, mediante el cual los encuestados fueron

informados sobre la naturaleza de la investigación, su propósito exclusivo de carácter académico y la confidencialidad en el manejo de la información.

La declaración establece que la encuesta forma parte del proyecto *“Inteligencia Artificial, Big Data y Ciencia de Datos para la Optimización de la Gestión de Proyectos en Colombia”*, desarrollado por la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Además, se aclara que la participación es voluntaria, que los datos recolectados serán utilizados únicamente con fines investigativos y que los resultados se presentarán de manera anónima y agregada, cumpliendo con la legislación colombiana vigente en materia de protección de datos personales. De esta manera, el instrumento garantiza el consentimiento informado de los participantes y asegura el cumplimiento de los principios éticos de la investigación científica. A continuación, se presenta textualmente la declaración inicial presentada:

“La presente encuesta hace parte del Proyecto de investigación: INTELIGENCIA ARTIFICIAL, BIG-DATA Y CIENCIA DE DATOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS EN COLOMBIA.; de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Este instrumento tiene una intención estrictamente académica e investigativa; y busca reconocer el uso, conocimiento e interés de apropiación de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, Big-Data y Ciencia de Datos) en la gestión de proyectos que tiene su organización. Toda la información será tratada con altos estándares de confidencialidad, de forma anónima (presentación de datos generalizados) y cumpliendo la legislación vigente en Colombia”

Adicionalmente, en la primera pregunta aplicada se solicita a los participantes indicar si están de acuerdo con la declaración inicial y si desean continuar con la encuesta, garantizando así el consentimiento informado, voluntario y consciente de cada persona. Este procedimiento asegura el cumplimiento de los principios éticos y legales establecidos para la investigación con participación humana y la protección de los datos personales en Colombia

Habeas Data: El proyecto respeta los derechos de las personas sobre sus datos personales. Esto implica permitir el acceso de las personas a la información que se ha recopilado sobre ellas, así como brindarles la oportunidad de corregir o eliminar datos incorrectos o no deseados. Es fundamental establecer un proceso eficiente para que las personas ejerzan sus derechos de habeas data.

Tipo de Información Para Obtener: Antes de recopilar datos, se debe definir claramente el tipo de información necesaria para los fines del proyecto. Esto incluye datos relevantes para la gestión de proyectos, pero también requiere considerar la minimización de la cantidad de datos recopilados para evitar la recopilación innecesaria de información sensible.

Confidencialidad y Privacidad: La información recopilada debe manejarse con la máxima confidencialidad y privacidad. Se deben implementar medidas de seguridad robustas para proteger los datos de acceso no autorizado o divulgación. Solo las personas autorizadas deben tener acceso a la información, y se debe garantizar que se utilice exclusivamente para los fines del proyecto.

Observaciones y Registros: Todas las observaciones y registros relacionados con la información recopilada deben documentarse de manera clara y precisa. Esto incluye el registro de cualquier proceso de análisis de datos, así como las decisiones tomadas en función de los resultados obtenidos. Estos registros son esenciales para garantizar la transparencia y la rendición de cuentas en el proyecto.

4. HIPÓTESIS

El diseño de hipótesis constituye un elemento central en toda investigación de carácter cuantitativo, pues permite orientar el análisis empírico y contrastar de manera sistemática las relaciones entre variables. En el contexto de los proyectos de construcción en Colombia, la necesidad de formular hipótesis se justifica en la magnitud de los problemas asociados a los reprocesos, los cuales generan sobrecostos, incumplimientos de cronogramas y pérdida de competitividad en el sector. Identificar de qué manera la inteligencia artificial (IA) puede contribuir a disminuir dichas fallas operativas requiere una base conceptual que se traduzca en proposiciones verificables.

Si bien metodologías como el Building Information Modeling (BIM) y otras herramientas digitales han buscado mejorar la gestión de la información, su implementación ha sido parcial y, en muchos casos, fragmentada. Este escenario ha abierto un campo de investigación en el que las hipótesis no solo cumplen un papel explicativo, sino también prospectivo, al permitir valorar en qué medida la IA, como tecnología emergente, puede integrarse a la dinámica de la construcción para optimizar resultados en costos y tiempos.

Formular hipótesis en este estudio es, por tanto, un ejercicio doble. Por un lado, se busca comprobar de manera empírica si existe relación entre la variable independiente, implementación de inteligencia artificial, y la variable dependiente reducción de reprocesos e impacto en costos y tiempos. Por otro lado, se pretende ofrecer un marco de referencia que sirva como base para investigaciones futuras y para la toma de decisiones estratégicas en las empresas del sector.

En consecuencia, este capítulo se estructura en tres partes. Primero, se definen las variables que orientan la investigación, especificando sus dimensiones y alcances. Después, se formula la hipótesis general que articula todo el estudio. Finalmente, se presentan hipótesis específicas que permiten desagregar y profundizar la relación entre el uso de la IA y la optimización de procesos constructivos. Estas proposiciones, al ser sometidas a verificación con los datos recolectados, aportarán no solo a la validación del estudio, sino también a la construcción de conocimiento aplicado en el sector de la construcción en Colombia.

4.1. Las variables

4.1.1. Variable(s) independiente(s)

La variable independiente es la implementación de la inteligencia Artificial, ya que es la tecnología emergente que se introduce en el sector de la construcción. Su objetivo es servir como base para la toma de decisiones estratégicas en las empresas del sector y valorar en qué medida puede optimizar los resultados.

4.1.2. Variable(s) dependiente(s)

La variable dependiente considerada en la investigación corresponde al impacto de la implementación de la Inteligencia Artificial (IA) en los proyectos de construcción, específicamente en términos de la reducción de reprocesos y su efecto en los costos y tiempos de ejecución.

Optimización de la Eficiencia y Reducción de Reprocesos: La implementación de la Inteligencia Artificial (IA) como estrategia clave para el sector de la construcción, con el fin de anticipar problemas, procesar grandes volúmenes de información y automatizar tareas repetitivas para poder optimizar la planificación, fortalecer la gestión de riesgos y mejorar la coordinación de diseños.

Reducción de costos: mediante la aplicación de tecnologías como la Inteligencia Artificial (IA) en la gestión de proyectos se logra a través de la identificación de patrones y la anticipación de problemas. Estas capacidades mejoran la planificación, la estimación de costos y la gestión de recursos, permitiendo optimizar el uso de insumos, evitar reprocesos y minimizar retrasos. Como resultado, se incrementa la eficiencia operativa, se eleva la rentabilidad y se fortalece la competitividad del sector.

Calidad de la Información y Coordinación (tiempo de ejecución): La Inteligencia Artificial (IA) contribuye a la gestión de proyectos al optimizar el manejo de la información, que en muchos casos se gestiona de manera fragmentada. Sus aplicaciones permiten la toma de decisiones en tiempo real, mejoran la comunicación y coordinación entre los actores del proceso constructivo mediante la reducción de errores humanos, y facilitan la redacción e interpretación de documentación técnica y planos a través de modelos de lenguaje avanzado, fortaleciendo así la eficiencia y precisión en los proyectos.

5. RESULTADOS

Se utilizó como fuente de información un instrumento estandarizado de 32 preguntas disponible en <https://forms.office.com/r/Qcy32bcyxY> el cual está dividido en caracterización, modelo de negocio y producto, clientes y proveedores, procesos a nivel táctico y operativo, infraestructura y seguridad, estrategia y experiencia en la industria 4.0 **Presentación de resultados**

El análisis de resultados busca identificar el nivel de avance y madurez digital de las organizaciones en distintos ámbitos: la formulación de estrategias de transformación digital, la gestión de información y relaciones con clientes y proveedores, y la incorporación de tecnologías en la prestación de servicios. La información recopilada permite observar patrones comunes, fortalezas y debilidades en la adopción de herramientas digitales, así como el grado de integración de procesos tecnológicos en la operación empresarial.

De manera general, los resultados reflejan que las empresas han iniciado un camino hacia la digitalización, con un reconocimiento claro de la importancia de la innovación, el análisis de la información y la gestión eficiente de la cadena de valor. Sin embargo, también se evidencian limitaciones importantes en la implementación práctica, particularmente en la definición de indicadores, el uso de tecnologías emergentes en productos y servicios, y la automatización de procesos.

5.1.1. Modelo de negocio y producto

Mediante las siguientes preguntas se identificó el nivel de transformación digital del modelo de negocio y la implementación de esta en sus productos. La siguiente tabla presenta los resultados

respecto a la pregunta número 11, en la cual se solicita que, de acuerdo con la afirmación, se seleccione cuál nivel representa mejor la organización.

La tabla 1 presenta los resultados relacionados con el nivel de avance de la organización en materia de transformación digital. Se evaluaron distintos criterios que permiten identificar en qué grado las estrategias, procesos y capacidades tecnológicas han sido incorporadas o desarrolladas dentro de la organización.

CRITERIO	NULO	EXISTE LA INICIATIVA	EN DESARROLLO	EN IMPLEMENTACION	EN ACCIÓN
Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.	20%	29%	23%	11%	17%
Cuenta con indicadores para medir nivel de transformación digital.	46%	17%	14%	14%	9%
Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.	11%	38%	18%	14%	18%
Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).	38%	18%	20%	11%	12%
Reconoce importancia que tiene el uso y análisis de información.	5%	25%	22%	11%	38%
Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.	5%	15%	22%	15%	43%
Cuenta con claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica.	18%	14%	28%	22%	18%
Reconoce los conceptos de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, y Data Science).	17%	15%	31%	17%	20%

Tabla 1. Resultado de encuesta modelo de negocio y producto

Los resultados muestran que el proceso de transformación digital aún se encuentra en una etapa intermedia, con varios aspectos en fase de iniciativa o desarrollo, y con pocos criterios consolidados en plena acción.

En cuanto a la estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección, el 49% de los encuestados indica que existe algún nivel de avance (29% en iniciativa, 23% en desarrollo, 11% en implementación y 17% en acción), aunque un 20% señala que no existe una estrategia definida, lo cual evidencia una gestión aún incipiente desde la dirección.

Sobre la medición del nivel de transformación digital mediante indicadores, la situación es más crítica: un 46% manifiesta que no existen indicadores, y solo un 9% señala que se encuentran en acción. Esto refleja una debilidad importante en el seguimiento y evaluación de los procesos digitales.

En relación con el interés en la capacitación del talento humano en transformación digital, los resultados son más alentadores. El 70% de los encuestados identifica algún grado de compromiso institucional (38% en iniciativa, 18% en desarrollo, 14% en implementación y 18% en acción), lo que evidencia una disposición favorable hacia el fortalecimiento de competencias digitales.

Frente a la integración de tecnologías emergentes (como inteligencia artificial, o ciencia de datos) en los productos, el panorama es más limitado: un 38% considera que no se han incorporado, mientras que solo el 12% indica que estas tecnologías están actualmente en acción. Esto sugiere que la adopción de herramientas tecnológicas avanzadas aún es incipiente.

Por otro lado, los resultados sobre el reconocimiento de la importancia del uso y análisis de la información son positivos: un 71% de los encuestados (sumando las categorías de desarrollo, implementación y acción) reconoce su relevancia, lo que indica conciencia sobre el valor estratégico de la gestión de datos.

De manera similar, el reconocimiento del papel de la innovación tecnológica es alto: un 80% considera que este aspecto es fundamental para el crecimiento organizacional (43% en acción y 22% en desarrollo), lo que refleja una cultura organizacional abierta al cambio tecnológico.

En contraste, la claridad en los procesos y protocolos para proyectos con alta incorporación tecnológica presenta un avance moderado: el 28% lo ubica en desarrollo, el 22% en implementación y solo el 18% en acción, mientras que el 18% considera que aún no existe. Esto muestra que, aunque hay esfuerzos, todavía falta consolidar metodologías y procedimientos estandarizados.

Finalmente, el reconocimiento de los conceptos de tecnologías emergentes presenta resultados intermedios: un 68% de los encuestados ubica este aspecto entre iniciativa, desarrollo e implementación, mientras que solo un 20% lo considera plenamente en acción. Esto evidencia que el conocimiento sobre estos temas está en expansión, pero aún requiere fortalecerse.

En síntesis, los resultados reflejan que la organización avanza gradualmente en su proceso de transformación digital, con fortalezas en la sensibilización del talento humano y el reconocimiento de la importancia de la información y la innovación tecnológica. Sin embargo, persisten debilidades en la definición estratégica desde la alta dirección, en la incorporación efectiva de tecnologías emergentes y en la implementación de indicadores de medición, lo cual sugiere la necesidad de fortalecer la planificación, la gestión del conocimiento y el seguimiento de resultados para alcanzar un nivel de madurez digital más consolidado.

5.1.2. Clientes y proveedores

Mediante las siguientes preguntas se identificó el nivel de apropiación de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en su relación con clientes y proveedores.

La tabla 2, presenta los resultados respecto a la pregunta número 14, en la cual se solicita que, de acuerdo con la afirmación, se seleccione cuál nivel representa mejor la organización.

CRITERIO	NO SE REALIZA	EN ALGUNOS CASOS	EN LA MAYORIA DE LOS CASOS	SE REALIZA PERMANENTEMENTE
Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.	12%	51%	20%	17%
Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.	12%	48%	26%	14%
Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.	12%	29%	38%	20%
Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.	8%	32%	29%	31%
Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus proveedores.	11%	40%	34%	15%
Cuenta con la planificación y dirección de la cadena de suministros desde los clientes hasta los proveedores.	12%	34%	35%	18%

Tabla 2. Resultados de apropiación con clientes y proveedores

Los resultados evidencian el nivel de adopción de prácticas relacionadas con la gestión de información, la integración de canales de comunicación y la planificación de la cadena de suministro. En general, se observa que la mayoría de las organizaciones sí implementan sistemas y procesos digitales, aunque en muchos casos de manera parcial o limitada.

En la gestión de proveedores y clientes, más del 45% de las empresas aplican sistemas de información únicamente en algunos casos, mientras que solo entre el 14% y el 17% lo hacen de forma permanente. Esto indica que la digitalización en estas áreas aún se encuentra en transición hacia una implementación más consistente.

Por otro lado, el análisis de información de clientes presenta un mayor grado de consolidación: el 38% lo realiza en la mayoría de los casos y el 20% de manera permanente, lo cual refleja un esfuerzo significativo por aprovechar los datos en la generación de valor.

En cuanto a la comunicación, se destaca una mayor madurez en la integración de múltiples canales con los clientes, donde un 31% ya lo aplica de manera permanente. Sin embargo, con los

proveedores la adopción es menor (15%), lo que sugiere un reto importante en el fortalecimiento de la relación digital con actores externos de la cadena de suministro.

Finalmente, la planificación y dirección de la cadena de suministros muestra avances importantes: el 35% de las organizaciones la implementa en la mayoría de los casos y el 18% permanentemente, lo que denota un camino hacia la consolidación de procesos logísticos más integrados.

5.1.3. Procesos

Mediante las siguientes preguntas se identificó el nivel de apropiación de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en su proceso principal.

La tabla 3. presenta los resultados respecto a la pregunta número 20, en la cual se solicita que, se identifique el nivel de cumplimiento de las afirmaciones en el proceso de creación y entrega de los servicios que ofrece la organización a sus clientes.

	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Nivel de integración de tecnologías digitales en la prestación de nuestros servicios	32%	17%	26%	17%	8%
Uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la prestación de servicios	26%	12%	28%	26%	8%
Registran datos o información del proceso de prestación de servicios	29%	8%	26%	28%	9%
Aprovecha los datos y análisis digitales para tomar decisiones en la prestación de servicios	26%	14%	25%	28%	8%
Nivel de adopción de tecnologías de automatización en la entrega de servicios	32%	12%	28%	22%	6%
Digitalización de la gestión de datos y registros en nuestra empresa de servicios	28%	12%	34%	18%	8%

Tabla 3. Resultados apropiación en procesos

Los resultados muestran el nivel de integración y uso de tecnologías digitales en la prestación de servicios. Se evidencia que las organizaciones se encuentran en una etapa intermedia de madurez digital, con avances puntuales en algunos aspectos, pero también con importantes rezagos en otros.

En general, alrededor de un tercio de las empresas aún reportan niveles nulos de adopción, especialmente en la integración de tecnologías digitales en los servicios (32%) y en la automatización de procesos (32%). Esto refleja que, aunque existe conciencia sobre la necesidad de digitalización, su aplicación práctica todavía es limitada.

Por otro lado, se observa una tendencia hacia niveles medios y altos en el uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia (28% medio y 26% alto), en el registro de datos de procesos (26% medio y 28% alto) y en el aprovechamiento de datos para la toma de decisiones (25% medio y 28% alto). Esto indica un avance hacia la consolidación de prácticas de gestión de información y análisis digital.

En cuanto a la digitalización de la gestión de datos y registros, la mayoría de las respuestas se concentran en un nivel medio (34%), lo que refleja que, aunque las organizaciones ya implementan sistemas digitales, estos no alcanzan aún una plena integración estratégica.

En síntesis, los resultados sugieren que las empresas han iniciado el camino hacia la transformación digital en la prestación de servicios, con progresos importantes en la gestión de datos y el uso de herramientas digitales, pero todavía con retos significativos en la integración total de tecnologías avanzadas y en la automatización de procesos.

5.1.4. Infraestructura y seguridad

Mediante las siguientes preguntas se identifica el nivel de apropiación de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en su Infraestructura y gestión de la seguridad.

La Tabla 4, correspondiente a la pregunta 26 de la encuesta y presenta los resultados sobre la percepción respecto a la seguridad de la información en el contexto de la transformación digital dentro de la organización. Esta pregunta busca evaluar diferentes aspectos relacionados con la protección de los datos, la realización de auditorías y evaluaciones de seguridad, la capacitación y concientización del personal, así como la efectividad de las medidas de respuesta ante incidentes. Los porcentajes reflejan el grado de acuerdo o desacuerdo de los encuestados frente a cada afirmación, permitiendo identificar fortalezas, áreas de mejora y niveles de confianza en la gestión de la información dentro del proceso de transformación digital.

	Totalmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
La información de su organización se encuentra segura en el contexto de la transformación digital.	3%	18%	32%	31%	15%
Realiza evaluaciones y auditorías de seguridad de la información en su organización como parte de la estrategia de transformación digital.	18%	17%	22%	28%	15%

Promueve la conciencia y la capacitación en seguridad de la información entre los empleados de acuerdo con la transformación digital.	11%	11%	23%	31%	25%
Las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la información en su organización son efectivas	15%	17%	28%	25%	15%

Tabla 4. Apropiación en infraestructura y seguridad

El análisis de las respuestas indica que la percepción sobre la seguridad de la información en el contexto de la transformación digital es moderada. En cuanto a la seguridad de la información en general, la mayoría de los encuestados (46%) considera que la información se encuentra protegida (31% parcialmente de acuerdo y 15% totalmente de acuerdo), aunque un 21% percibe cierto riesgo y un 32% mantiene una posición neutral, lo que refleja incertidumbre o falta de información.

Respecto a la realización de evaluaciones y auditorías de seguridad como parte de la estrategia de transformación digital, se observa una mayor dispersión de opiniones. Mientras un 43% reconoce que se realizan estas prácticas (28% parcialmente de acuerdo y 15% totalmente de acuerdo), un 35% se muestra en desacuerdo, y un 22% se mantiene neutral. Esto sugiere que la implementación de auditorías no es percibida de manera consistente o que su comunicación interna podría mejorarse.

En cuanto a la promoción de la conciencia y capacitación en seguridad de la información entre los empleados, los resultados son más positivos: un 56% de los encuestados percibe que existen esfuerzos en este sentido (31% parcialmente de acuerdo y 25% totalmente de acuerdo). Sin embargo, un 22% se muestra en desacuerdo y un 23% neutral, lo que indica oportunidades para reforzar la cobertura y efectividad de las capacitaciones.

Finalmente, en relación con las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad, solo un 40% considera que son efectivas (25% parcialmente de acuerdo y 15% totalmente de acuerdo), mientras que un 32% está en desacuerdo y un 28% mantiene una posición neutral. Esto evidencia que la percepción de efectividad es baja y que esta área requiere atención prioritaria.

En conclusión, aunque existe un nivel de confianza moderado en la seguridad de la información y en la capacitación de los empleados, la implementación de auditorías y la efectividad de las medidas de respuesta ante incidentes presentan oportunidades claras de mejora, siendo necesario reforzar la comunicación, las prácticas y los protocolos para incrementar la percepción de seguridad dentro de la organización.

5.1.5. Estrategia y experiencia en la industria 4.0

Mediante las siguientes preguntas se identifica el nivel de conocimiento, adecuación y proyección de uso de las tecnologías habilitadoras de la industria 4.0.

La Tabla 5. correspondiente a la pregunta 28 presenta los resultados sobre el nivel de capacitación del talento humano frente a distintos componentes relacionados con la transformación digital. El objetivo de esta sección es identificar en qué áreas los colaboradores están suficientemente preparados y en cuáles existe necesidad de fortalecer el desarrollo de competencias técnicas y no técnicas

	Irrelevante / no aplica	No capacitado	Capacitado, pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente
Infraestructura.	9%	26%	42%	23%
Tecnología de automatización.	11%	31%	45%	14%
Análisis de datos.	6%	22%	55%	17%
Seguridad de los datos.	11%	23%	43%	23%
Seguridad de las comunicaciones.	11%	26%	45%	18%
Software de colaboración.	11%	22%	49%	18%
Desarrollo o aplicación de sistemas de asistencia.	25%	15%	46%	14%
Habilidades no técnicas, como el pensamiento sistémico y la comprensión de procesos.	14%	25%	42%	20%

Tabla 5. Resultados nivel capacitación en tecnologías 4.0

En términos generales, los resultados muestran que la mayoría del personal de las empresas encuestadas se ubica en la categoría, capacitado, pero no lo suficiente, lo que indica que, si bien existe un conocimiento básico o intermedio en las distintas áreas, aún se requiere una formación más profunda y constante para alcanzar un nivel óptimo de preparación.

En el componente de infraestructura, el 65% de los participantes afirma tener algún grado de capacitación (42% no suficiente y 23% suficiente y constante), mientras que un 26% reconoce no estar capacitado. Esto refleja una base técnica presente, pero con oportunidad de mejora.

En cuanto a la tecnología de automatización, un 59% considera estar capacitado, aunque el 45% lo está de manera insuficiente y solo un 14% de forma constante. El 31% que se declara no capacitado evidencia una brecha importante en el dominio de herramientas automatizadas.

El análisis de datos es el área con mayor avance: un 72% manifiesta contar con algún nivel de capacitación (55% insuficiente y 17% constante), lo que demuestra una tendencia positiva hacia el fortalecimiento de habilidades analíticas y de gestión de información.

En relación con la seguridad de los datos, el 66% indica estar capacitado, aunque más de la mitad (43%) reconoce que su conocimiento no es suficiente. Resultados similares se observan en la seguridad de las comunicaciones, donde el 63% tiene algún nivel de capacitación, aunque predomina nuevamente el nivel intermedio (45%).

Respecto al uso de software de colaboración, un 67% de los encuestados señala estar capacitado, con una mayor concentración en la categoría “capacitado, pero no lo suficiente” (49%), lo que evidencia que estas herramientas son utilizadas, aunque no necesariamente aprovechadas en su totalidad.

El componente de desarrollo o aplicación de sistemas de asistencia presenta un panorama más limitado: solo el 14% se considera capacitado de manera suficiente y constante, mientras que un 46% lo está parcialmente y un 25% considera que este aspecto no es relevante o no aplica a sus funciones. Esto sugiere que este tipo de sistemas no se encuentran plenamente integrados en las actividades cotidianas.

Finalmente, en el ámbito de las habilidades no técnicas, como el pensamiento sistémico y la comprensión de procesos, el 62% afirma tener algún grado de capacitación (42% insuficiente y 20% suficiente), lo que muestra conciencia sobre la importancia de las competencias blandas para la gestión del cambio digital, aunque todavía hay margen para reforzar estos aspectos.

En síntesis, los resultados evidencian que la organización cuenta con una base de conocimiento en transformación digital, especialmente en análisis de datos y uso de herramientas colaborativas. Sin embargo, la mayoría de los colaboradores percibe que su nivel de capacitación aún no es suficiente, lo que sugiere la necesidad de implementar programas de formación continua y especializada, orientados a fortalecer tanto las competencias técnicas (automatización, seguridad, infraestructura) como las habilidades transversales necesarias para la adaptación al entorno digital.

La figura 1, el grado en que las organizaciones han abordado las ineficiencias de sus procesos mediante la adopción de sistemas inteligentes, entendidos como la incorporación de máquinas inteligentes, automatización o tecnologías digitales integradas. Este indicador permite identificar el nivel de madurez tecnológica y la disposición de las empresas frente a la transformación digital.

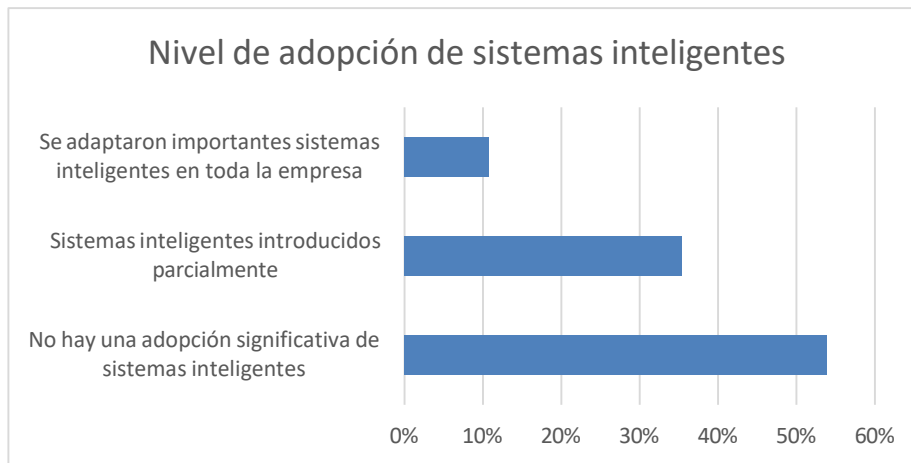


Figura 1. Nivel de adopción de sistemas inteligentes

Los resultados evidencian que la mayoría de las organizaciones (54%) no ha adoptado significativamente sistemas inteligentes, lo que indica una dependencia persistente de métodos manuales o semiautomáticos. Este escenario sugiere la existencia de barreras tecnológicas, económicas o de conocimiento que limitan el avance hacia la digitalización integral de los procesos.

Por otro lado, un 35 % de las organizaciones reporta haber introducido parcialmente sistemas inteligentes en áreas clave, lo que demuestra iniciativas incipientes orientadas a la optimización de procesos locales. Sin embargo, estos esfuerzos aún no son generalizados ni consolidan una transformación a nivel organizacional.

Finalmente, solo un 11 % ha logrado adoptar sistemas inteligentes de manera integral en toda la empresa, alcanzando una mayor eficiencia y aprovechamiento de las tecnologías digitales. Este bajo porcentaje confirma que el sector se encuentra en una etapa inicial de implementación tecnológica, con amplias oportunidades para avanzar en automatización, inteligencia artificial y análisis de datos.

En conjunto, los resultados reflejan una brecha significativa en la incorporación de tecnologías inteligentes, lo cual resalta la necesidad de estrategias de formación, inversión y acompañamiento técnico que impulsen la adopción efectiva de estas herramientas en el marco de la transformación digital.

La figura 2, presenta los resultados obtenidos en torno a la pregunta 31 sobre la ambición estratégica de las organizaciones frente a la adopción de la Industria 4.0, entendida como la incorporación de tecnologías avanzadas, automatización, inteligencia artificial y análisis de datos en los procesos productivos. Este aspecto resulta clave para comprender el grado de preparación y compromiso de las organizaciones hacia la transformación digital.

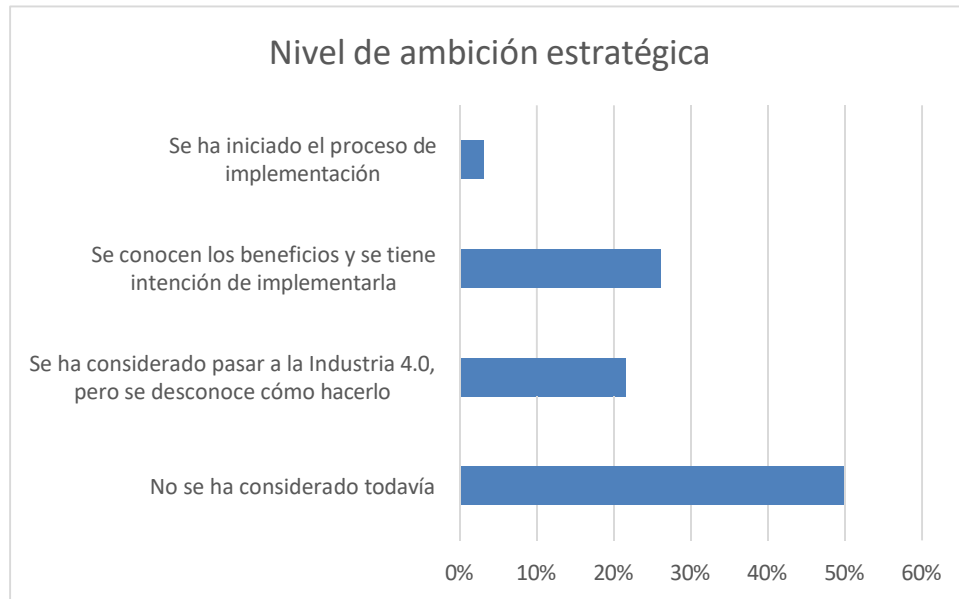


Figura 2. Nivel de ambición estratégica

Los resultados muestran que un 49 % de las organizaciones aún no ha considerado el paso hacia la Industria 4.0, lo que evidencia una falta de planificación o desconocimiento del tema. Por otro lado, un 22 % ha reconocido la necesidad de avanzar hacia este modelo, pero desconoce los mecanismos o estrategias para hacerlo, reflejando una brecha entre la intención y la capacidad de ejecución.

Asimismo, un 26 % manifiesta que conoce los beneficios y tiene la intención de implementarla, lo cual representa un grupo de organizaciones que podrían liderar el cambio si contaran con apoyo técnico y directivo. Finalmente, solo un 3 % indica haber iniciado efectivamente la implementación de la Industria 4.0, porcentaje que revela un avance incipiente en la transformación tecnológica del sector.

En conjunto, los resultados permiten concluir que la mayoría de las organizaciones se encuentran en etapas tempranas de madurez digital, con esfuerzos aislados o limitados a la intención. Esto evidencia la necesidad de fortalecer la visión estratégica, la capacitación y la inversión tecnológica para avanzar de manera estructurada hacia la transformación digital integral.

5.1.6. Procedimiento de Screening (Cribado) de la Revisión Documental

El screening o cribado se refiere al proceso sistemático utilizado para seleccionar los documentos que conforman el corpus de conocimiento. Este proceso se rigió por los siguientes parámetros metodológicos descritos en la Tabla 6:

PARAMETRO	DETALLE
Ecuación de Búsqueda	("Inteligencia Artificial" OR "Machine Learning" OR "Big Data" OR "Ciencia de Datos") AND ("Gestión de proyectos" OR "Construcción" OR "Ingeniería civil") AND ("Optimización" OR "Planificación" OR "Eficiencia operativa").
Temporalidad	Estudios publicados entre 2015 y 2025, con el fin de incluir investigaciones recientes sobre la aplicación de tecnologías.
Bases de Datos	Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, SpringerLink y repositorios institucionales de universidades como la Nacional de Colombia, UNIMINUTO, y la Universidad de Chile, entre otros.
Propósito	Identificar cómo se ha abordado la Inteligencia Artificial (IA) y tecnologías emergentes en la gestión de proyectos de construcción en otros contextos, para establecer una base conceptual sólida y determinar las tecnologías con mayor potencial en el contexto colombiano.

Tabla 6. Parametros de Screening

5.1.7. Corpus de Conocimiento: Autores y Aportes Clave

El corpus de conocimiento es el conjunto de trabajos académicos seleccionados (el estado del arte). La revisión documental se centró en la transformación digital de la construcción, las metodologías de IA y su impacto en la optimización de procesos. Los aportes fundamentales identificados se presentan en la tabla 7:

Autor(es) y Año	Aporte Central al Corpus de Conocimiento
Rouhiainen (2018)	Define la IA como la tecnología central de la transformación industrial, basada en Aprendizaje Automático (ML), Aprendizaje No Supervisado y Aprendizaje Profundo (Deep Learning). Destaca su aplicación en mantenimiento predictivo y la detección y clasificación de objetos.
Azhar (2019)	Analiza la adopción de IA y Big Data para la toma de decisiones en tiempo real, facilitando la detección temprana de inconsistencias en la planificación y la automatización de la gestión de datos para reducir errores.

Sacks et al. (2020) & Boje et al. (2020)	Presentan la metodología Digital Twin Construction (DTC), que integra BIM, Lean Construction e Inteligencia Artificial para el control continuo. El DTC utiliza simulaciones avanzadas y análisis predictivos para la gestión proactiva de proyectos.
Cao et al. (2021)	Identifican las metodologías de IA más relevantes en la industria AEC, incluyendo algoritmos genéticos, redes neuronales artificiales y machine learning, cruciales para la optimización y la simulación.
Caro Moreno (2021)	Evidencia que el uso de modelos predictivos y machine learning en ingeniería civil permite una mayor precisión en la estimación de recursos y la detección temprana de retrasos, optimizando costos y tiempos.
Li, Liu y Chan (2021)	Subrayan la importancia de las tecnologías de monitoreo automatizado (escaneo láser, fotogrametría, visión por computadora) para capturar el estado real del proyecto (Project Status Information) y optimizar la eficiencia operativa.
González (2022)	Identifica barreras específicas en Colombia: falta de capacitación especializada y resistencia al cambio. Propone una estrategia de adopción gradual para mejorar la productividad y reducir reprocesos.
Li et al. (2023)	Presentan simulaciones predictivas que utilizan machine learning para mitigar cuellos de botella, logrando reducir costos operativos en un 15% y tiempos de entrega en un 10%, fortaleciendo la toma de decisiones proactiva.
Martínez y Rojas (2024)	Destacan la integración de IA con BIM para potenciar la interoperabilidad, optimizar la asignación de recursos y reducir la incertidumbre en proyectos urbanos.

Tabla 7. Aportes al corpus de conocimiento

En síntesis, la revisión documental establece una tendencia global clara hacia la Construcción 4.0, impulsada por la IA, el Big Data y el BIM como elementos cruciales para la gestión eficiente de proyectos. Este corpus de conocimiento teórico permitió contrastar la hipótesis de que la IA puede generar un ahorro en costos de hasta un 30%, a pesar de las limitaciones de capacitación y estandarización que persisten en el contexto colombiano

5.2. Propuesta al sector

El Objetivo General de esta investigación es Proponer un conjunto de estrategias y recomendaciones para la incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) y la ciencia de datos en proyectos de construcción en Colombia, con el fin de reducir los reprocesos y optimizar los costos, los tiempos de ejecución y la toma de decisiones estratégicas. El desarrollo de este apartado da cumplimiento al objetivo específico de elaborar algunas recomendaciones estratégicas para la implementación de IA y ciencia de datos en las empresas de construcción en Colombia.

La necesidad de esta propuesta se justifica en los resultados obtenidos, que reflejan que la mayoría de las organizaciones se encuentran en etapas tempranas de madurez digital. Se evidencian limitaciones significativas en la implementación práctica, especialmente en la definición estratégica, la incorporación de tecnologías emergentes en productos y procesos, y la suficiencia en la capacitación del personal.

Las siguientes estrategias se proponen al sector para impulsar la innovación y la eficiencia operativa:

5.2.1. Fortalecimiento de la Visión Estratégica y la Gobernanza de Datos

Esta estrategia busca asegurar que la transformación digital sea un mandato claro y medible desde la alta dirección, creando el marco institucional necesario para la adopción de IA.

Estrategia Propuesta	Actividades Clave para la Implementación	Resultado Empírico que la Sustenta	Fundamento Teórico/Bibliográfico (Citas)
A. Establecer una Estrategia de Transformación Digital (ETD) formal.	1. Creación del Comité Digital: Formalizar un equipo directivo encargado de impulsar y monitorear la transformación. 2. Hoja de Ruta: Diseñar un plan de acción a mediano plazo (3-5 años) que articule la IA y el BIM como pilares del modelo de negocio. 3. Asignación de Recursos: Garantizar el presupuesto y los	Un 20% de los encuestados reporta que no existe una estrategia de transformación digital definida desde la alta dirección. La gestión es aún incipiente.	La IA se proyecta como una estrategia clave para fortalecer los modelos de gestión existentes y avanzar hacia modelos más sostenibles. Es un requisito fundamental para asegurar un tránsito hacia la innovación y la eficiencia.

	recursos humanos necesarios para ejecutar la ETD.		
B. Implementar Indicadores de Desempeño Digital (KPIs).	1. Definición de Métricas: Establecer KPIs específicos para medir la adopción de tecnologías (ej., porcentaje de proyectos con IA/BIM) y su impacto (reducción de reprocesos, ahorro de costos). 2. Tableros de Control (Dashboards): Implementar herramientas de Business Intelligence para visualizar los KPIs en tiempo real.	Un 46% manifiesta que no existen indicadores para medir el nivel de transformación digital, y solo un 9% señala que están en acción.	La gestión eficaz requiere la aplicación de procesos integrados que garanticen el cumplimiento de los objetivos de tiempo, costo y calidad. La Inteligencia Artificial (IA) puede generar un ahorro en costos de hasta un 30%.
C. Definir Procesos y Protocolos de Alta Incorporación Tecnológica.	1. Estandarización BIM-IA: Desarrollar manuales de procedimientos que integren la recolección de datos desde modelos BIM para alimentar sistemas de IA. 2. Gobernanza de Datos: Establecer reglas claras para la recopilación, limpieza, almacenamiento y accesibilidad de datos (Big Data).	El 18% de las empresas considera que aún no cuenta con claridad en los procesos y protocolos para proyectos con alta incorporación tecnológica.	La Optimización de Procesos permite automatizar tareas y detectar desviaciones. La norma NTC ISO 19650 (Organización Internacional de Normalización, 2015) establece principios y requisitos para la organización y el intercambio de información.

Tabla 8. Fortalecimiento de la visión estratégica y ordenanza de datos

5.2.2. Adopción e Integración de Tecnologías Inteligentes (IA y Ciencia de Datos)

Esta estrategia se centra en cerrar la brecha entre el reconocimiento del potencial de la IA y su implementación práctica en los procesos y productos de construcción, enfocándose en la reducción de reprocesos.

Estrategia Propuesta	Actividades Clave para la Implementación	Resultado Empírico que la Sustenta	Fundamento Teórico/Bibliográfico (Citas)
A. Impulsar la Integración de IA en Productos y Servicios.	1. Pilotaje de Sistemas: Implementar proyectos piloto que utilicen <i>Machine Learning</i> para la detección temprana de errores en el diseño y la	El 38% considera que las tecnologías emergentes (IA, ciencia de datos) no se han incorporado en sus productos. Además,	La IA es fundamental por su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real y predecir el comportamiento de un proyecto. Se proyecta que puede

	estimación de recursos. 2. Adopción Gradual: Integrar herramientas de IA conversacional (LLMs) para optimizar la comunicación y la revisión documental, reduciendo errores humanos.	el 54% no ha adoptado significativamente sistemas inteligentes.	generar un ahorro en costos de hasta un 30% (McKinsey & Company, 2020).
B. Aplicar Análisis Predictivo Basado en Big Data.	1. Modelos Predictivos: Desarrollar o adquirir modelos de <i>machine learning</i> entrenados con datos históricos de la empresa para predecir sobrecostos y retrasos. 2. Análisis de la Cadena de Suministro: Implementar análisis de datos para optimizar la gestión de inventarios y anticipar cuellos de botella logísticos.	Un 71% de los encuestados reconoce la importancia del uso y análisis de la información, pero hay un bajo nivel de madurez en la implementación.	La Inteligencia Artificial y la Ciencia de Datos (Big Data) constituyen un binomio estratégico y un marco robusto para optimizar la gestión de proyectos (Koseoglu & Keskin, 2023; McKinsey & Company, 2020). Son clave para la identificación temprana de errores (Jaimes-Quintanilla & Zabala-Vargas, 2024).
C. Integrar IA con BIM para la Coordinación de Diseños.	1. Digital Twin Construction (DTC): Promover la implementación de la metodología DTC, que combina BIM, Lean Construction e IA, para el control continuo y la simulación avanzada. 2. Detección Automatizada de Colisiones: Utilizar algoritmos de IA para analizar automáticamente los modelos BIM y detectar interferencias técnicas o regulatorias antes de la ejecución.	La falta de coordinación de diseños es una de las principales causas de reprocesos y sobrecostos.	La integración de la IA con plataformas BIM potencia la interoperabilidad y mejora la gestión de la información (Martínez & Rojas, 2024). El BIM se ha consolidado como la herramienta fundamental en la Construcción 4.0.

Tabla 9. Adopción e Integración de Tecnologías Inteligentes (IA y Ciencia de Datos)

5.2.3. Desarrollo del Talento Humano y la Cultura Digital

Dada la alta dependencia del factor humano y las barreras de conocimiento, se requiere una estrategia de capacitación continua para aprovechar las herramientas 4.0.

Estrategia Propuesta	Actividades Clave para la Implementación	Resultado Empírico que la Sustenta	Fundamento Teórico/Bibliográfico (Citas)
A. Establecer Programas de	1. Rutas de Aprendizaje 4.0: Crear programas de formación	Las principales barreras de implementación de IA son la	La adopción de tecnologías disruptivas requiere una

<p>Formación Continua y Especializada.</p>	<p>enfocados en <i>Machine Learning</i> aplicado a la construcción, automatización y seguridad de datos. 2. Certificación en Herramientas BIM-IA: Promover la certificación de personal clave en la integración de BIM con algoritmos de análisis predictivo.</p>	<p>falta de conocimiento (27.6%) y la escasez de talento especializado (19.54%). La mayoría está “capacitado, pero no lo suficiente” en automatización (45%) y análisis de datos (55%).</p>	<p>estrategia de adopción gradual, acompañada de programas de formación continua y transformación cultural (González, 2022). El fortalecimiento de competencias es clave para la adaptación.</p>
<p>B. Fomentar Habilidades Transversales (Habilidades no Técnicas).</p>	<p>1. Talleres de Pensamiento Sistémico: Ofrecer capacitaciones en pensamiento sistémico y comprensión de procesos para que el personal pueda gestionar la complejidad de los datos. 2. Gestión del Cambio: Desarrollar estrategias para mitigar la resistencia al cambio, ya que la automatización transforma los roles tradicionales.</p>	<p>El 62% de los encuestados tiene un nivel de capacitación insuficiente o intermedio en habilidades no técnicas, como el pensamiento sistémico.</p>	<p>La IA promueve una toma de decisiones más informada y basada en datos (Caro Moreno, 2021). La automatización libera al talento humano para enfocarse en tareas de mayor valor estratégico y toma de decisiones complejas (PMI, 2021).</p>

Tabla 10. Desarrollo del Talento Humano y la Cultura Digital

5.2.4. Estandarización de Infraestructura y Seguridad

La implementación de sistemas inteligentes demanda una infraestructura robusta y protocolos de seguridad de la información eficaces.

Estrategia Propuesta	Actividades Clave para la Implementación	Resultado Empírico que la Sustenta	Fundamento Teórico/Bibliográfico (Citas)
<p>A. Estandarizar Medidas de Seguridad y Respuesta a Incidentes.</p>	<p>1. Protocolos de Respuesta: Formalizar y comunicar los protocolos de respuesta ante incidentes de seguridad. 2. Cifrado de Datos: Implementar sistemas de cifrado y anonimización de la información sensible (Habeas Data).</p>	<p>Solo un 40% de los encuestados considera que las medidas de respuesta ante incidentes son efectivas, y un 32% está en desacuerdo.</p>	<p>Es esencial evitar causar daño (principio de No Maleficencia). El uso de IA y Big Data requiere tener en cuenta la Ley 1581 de 2012 (Congreso de la República de Colombia, 2012), que regula la protección de datos personales en Colombia.</p>

B. Aumentar la Cobertura y Consistencia de las Auditorías de Seguridad.	1. Auditorías Periódicas: Establecer un calendario de evaluaciones y auditorías de seguridad de la información con una frecuencia definida (ej., semestral). 2. Monitoreo Continuo: Implementar tecnologías de monitoreo automatizado (Li, Liu & Chan, 2021) para garantizar la integridad y confidencialidad de los datos.	Un 35% de los encuestados se muestra en desacuerdo con la realización de evaluaciones y auditorías de seguridad como parte de la estrategia digital.	Se deben implementar medidas de seguridad robustas para proteger los datos de acceso no autorizado, ya que la IA depende del acceso a grandes volúmenes de información.
--	--	--	---

Tabla 11 Estandarización de Infraestructura y Seguridad

5.3. Discusión

La discusión se centra en el contraste entre las ambiciosas proyecciones de la literatura académica internacional sobre la Inteligencia Artificial (IA) y la Ciencia de Datos en la construcción, y el nivel de madurez digital evidenciado por las empresas del sector en Colombia a través de las encuestas realizadas. La revisión de antecedentes establece que la adopción de IA y la Ciencia de Datos es un pilar de la Construcción 4.0, logrando un "efecto medible en la reducción de retrasos y reprocesos", y que su potencial de ahorro en costos podría alcanzar hasta un 30%. Sin embargo, los resultados de la encuesta contradicen la implementación estratégica de esta visión: el 49% de las organizaciones encuestadas aún no ha considerado el paso hacia la Industria 4.0, y solo un 3% indica haber iniciado la implementación de forma efectiva. Esta brecha evidencia que, si bien la tecnología promete una transformación en la planificación, ejecución y control de proyectos, las empresas colombianas permanecen, en su mayoría, en una fase de intención o desconocimiento, lo que limita la capacidad del sector para alcanzar la eficiencia y resiliencia que metodologías como el *Digital Twin Construction* (DTC) y la integración de IA/BIM proponen como esenciales.

En cuanto al valor estratégico de la información y los datos, el estudio presenta un hallazgo mixto que soporta parcialmente los argumentos bibliográficos, pero contradice la aplicación práctica. Por un lado, los resultados soportan la tesis teórica de Azhar (2019) y Koseoglu & Keskin (2023) sobre la criticidad de los datos: un 71% de los encuestados reconoce la importancia del uso y análisis de la

información. No obstante, este reconocimiento conceptual no se traduce en acciones estratégicas medibles. Específicamente, el 46% de las empresas manifiesta que no existen indicadores para medir el nivel de transformación digital. Además, la implementación de tecnologías IA es baja: el 54% no ha adoptado significativamente sistemas inteligentes y el 38% considera que las tecnologías emergentes no se han incorporado en sus productos. Esta disociación entre la conciencia sobre el valor del Big Data y la ausencia de métricas o sistemas inteligentes operativos representa un obstáculo directo a la optimización de procesos y la reducción de reprocesos, que constituyen la variable dependiente de esta investigación.

Finalmente, los resultados de la encuesta confirman las principales barreras organizacionales identificadas por la literatura en el contexto colombiano, como la falta de capacitación y la resistencia cultural. El estudio de González (2022) ya destacaba la falta de capacitación especializada como una limitación clave, un punto reforzado por la encuesta: la falta de conocimiento (27.6%) y la escasez de talento especializado (19.54%) son las barreras primarias para la implementación de la IA. Si bien el 70% de los encuestados reporta algún grado de compromiso con la capacitación, la mayoría del personal se encuentra "capacitado, pero no lo suficiente" en áreas técnicas fundamentales como el análisis de datos (55%) y la tecnología de automatización (45%). Este hallazgo sugiere que, a pesar de los esfuerzos de formación, la profundidad del conocimiento conceptual (reconocido por un 68% como intermedio) es insuficiente para impulsar la aplicación práctica de IA y Ciencia de Datos en la gestión diaria, perpetuando así el rezago tecnológico del sector frente a las tendencias globales.

6. CONCLUSIONES

El presente capítulo constituye el eje articulador entre el diagnóstico empírico obtenido a través del instrumento cuantitativo y el marco teórico desarrollado con base en los antecedentes documentales revisados. Su propósito es ofrecer una respuesta concluyente a la pregunta de investigación, validar o refutar la hipótesis planteada y evaluar el cumplimiento de los objetivos específicos y general, a partir de los resultados obtenidos en el sector de la construcción en Colombia. Asimismo, se exponen los impactos del estudio en el campo de la Gerencia de Proyectos y se sugieren posibles líneas de investigación futura.

La revisión literaria permitió establecer que la Inteligencia Artificial (IA) y la Ciencia de Datos son pilares fundamentales de la Construcción 4.0, con un potencial comprobado para reducir retrasos, costos y reprocesos. Diversos autores coinciden en que la IA puede generar ahorros de hasta un 30% en los costos del sector, gracias a su capacidad para anticipar riesgos y optimizar procesos. En este contexto, el enfoque Digital Twin Construction (DTC), que combina BIM, IA y automatización, se consolida como una metodología clave para el control continuo y la mejora en la toma de decisiones. Sin embargo, al contrastar este panorama teórico con los resultados de la encuesta aplicada a profesionales del sector colombiano, se evidencia una brecha significativa entre el conocimiento y la aplicación práctica. Aunque existe conciencia sobre el potencial de la IA, su implementación efectiva en la gestión de proyectos es aún incipiente.

Los resultados revelan un panorama crítico en el contexto nacional: el 49% de las organizaciones no ha considerado la transición hacia la Industria 4.0, solo un 3% ha iniciado procesos de implementación, un 20% carece de estrategias formales de transformación digital y la mayoría (54%) no ha adoptado significativamente sistemas inteligentes. Esta situación contradice la premisa teórica que plantea el liderazgo estratégico como eje de la adopción tecnológica, evidenciando un rezago en la comprensión de la transformación digital como factor de competitividad y sostenibilidad organizacional.

Asimismo, aunque el 71% de los encuestados reconoce la importancia del uso y análisis de datos, el 46% de las organizaciones no dispone de indicadores para evaluar la transformación digital y solo un 9% cuenta con métricas en operación. Esto limita el potencial predictivo de la IA, pues el aprendizaje automático depende directamente de la calidad y disponibilidad de la información.

La falta de capacitación especializada también se identifica como una de las principales barreras para la innovación tecnológica. El 27,6% de los encuestados señala el desconocimiento y un 19,54% la escasez de talento especializado como obstáculos centrales. Aunque el 70% de las organizaciones manifiesta compromiso con la formación, el personal se considera solo parcialmente capacitado en áreas críticas como análisis de datos (55%) y automatización (45%). Además, el 62% reporta bajos niveles de pensamiento sistémico, una competencia esencial para el aprovechamiento de tecnologías avanzadas.

En respuesta a la pregunta de investigación, se concluye que la IA y la Ciencia de Datos poseen un potencial significativo para optimizar la gestión de proyectos, principalmente a través de la

anticipación de reprocesos mediante modelos predictivos, la optimización de costos y tiempos basados en datos, y la mejora en la coordinación mediante integración digital en tiempo real. Sin embargo, su efectividad depende de la madurez digital y la estructura estratégica de implementación.

La hipótesis planteada se valida teóricamente, pero no empíricamente, debido al bajo grado de adopción tecnológica en el contexto colombiano. La relación entre IA y optimización existe, pero permanece latente, condicionada a la disponibilidad de capacidades organizacionales, estructuras de gobernanza del dato y talento especializado.

La investigación demuestra un cumplimiento significativo de los objetivos propuestos. Se identificaron las áreas con mayores déficits tecnológicos, se reconocieron las tecnologías más aplicables (Machine Learning, Redes Neuronales, Big Data e integración BIM+IA) y se formularon recomendaciones orientadas al fortalecimiento estratégico y la gestión del cambio.

Se concluye que los reprocesos se originan principalmente en las etapas tempranas de planificación y diseño, debido a fallas de coordinación, insuficiente integración entre equipos y limitaciones en el procesamiento de información. Estas fallas se manifiestan con mayor impacto en las fases de ejecución y control, generando sobrecostos y demoras. La mitigación de los reprocesos exige estandarizar flujos de información, fortalecer la coordinación temprana y promover prácticas digitales desde el inicio del ciclo de vida del proyecto.

La efectividad de la IA está demostrada teóricamente y mediante simulaciones internacionales, donde se ha evidenciado la reducción de hasta un 15% en costos y del 10% en tiempos. No obstante, en Colombia su aplicación práctica es limitada debido a la baja adopción tecnológica (54%), la falta de planificación hacia la Industria 4.0 (49%), la ausencia de indicadores (46%) y la escasez de talento especializado. Por ello, su impacto empírico en el país aún no se ha materializado.

En cumplimiento del objetivo general, la propuesta estratégica presentada permite abordar las brechas identificadas mediante una estrategia integral basada en cuatro pilares: visión organizacional, adopción tecnológica gradual, fortalecimiento del talento humano y gobernanza del dato. La efectividad de la IA requiere estructuras institucionales como una Estrategia de Transformación Digital formal y la definición de indicadores que permitan evaluar resultados. La capacitación técnica especializada es una condición habilitante para integrar herramientas de IA con metodologías como BIM y avanzar hacia una aplicación sostenible que fortalezca la competitividad del sector construcción.

En síntesis, la IA y la Ciencia de Datos constituyen un eje transformador para la gestión de proyectos de construcción en Colombia. Su adopción ofrece un camino claro hacia la optimización integral de procesos y la toma de decisiones basadas en evidencia. No obstante, su éxito depende de la madurez organizacional, la capacitación técnica y la gobernanza del dato, elementos indispensables para pasar de la teoría a una implementación sostenible y efectiva en el país.

7. Referencias

- Acevedo Argüello, C., Zabala Vargas, S., Rojas Mesa, J., & Guayán Perdomo, O. (2020). Análisis de Redes Sociales como estrategia para estudiar los Sistemas de Innovación. Revisión sistemática de la literatura. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 13(2), 369-402. <https://doi.org/10.15332/s1657-107X>
- Andrade, A., Rivera, A., Saigua, S., & Zambrano, D. (2024). *Consequences in cost and time in construction projects due to the low level of BIM methodology use*. *Revista Ingeniería de Construcción*, 39(2), 151–165. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Azhar, S. (2019). *Adopción de tecnologías inteligentes en la gestión de proyectos de construcción*. *Journal of Construction Management and Technology*, 14(2), 45–62.
- Boden, M. A. (2017). *Artificial intelligence: A very short introduction*. Oxford University Press.
- Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezgui, Y. (2020). *Construction with digital twin information systems*. *Automation in Construction*, 114, 103179.
- Caro Moreno, B. A. (2021). *Estudio de aplicaciones de la inteligencia artificial en el desarrollo de proyectos de ingeniería civil* [Memoria de título, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.
- Carvajal-Rivadeneira, D. D., Guaranda-Mero, B. G., Domínguez-Gálvez, D. L., & Regalado-Jalca, J. J. (2024). Aplicación de la inteligencia artificial en proyectos de ingeniería civil. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 7(14), 390–404.
- Congreso de la República de Colombia. (2012). *Ley 1581 de 2012: Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales*.
- Congreso de la República de Colombia. (2015). *Ley 1753 de 2015: Por medio de la cual se expide la política de ciencia, tecnología e innovación y se dictan otras disposiciones*. <https://www.mincit.gov.co/sites/default/files/documentos/legislacion/ley-1753-de-2015.pdf>
- Constructivo. (2024, agosto). Innovadoras técnicas y herramientas: Optimización de procesos en la construcción. *Plataforma Constructivo*. <https://constructivo.com/noticia/innovadoras-tecnicas-y-herramientas-optimizacion-de-procesos-en-la-construccion-1715985961>
- Corporación Universitaria Minuto de Dios. (2024, octubre 16). *Inteligencia artificial, big data y ciencia de datos para la optimización de la gestión de proyectos en el sector de la construcción en Colombia*. EPSIR.
- Darko, A., Chan, A. P. C., Adabre, M. A., Edwards, D. J., Hosseini, M. R., & Ameyaw, E. E. (2020). Artificial intelligence in the AEC industry: Scientometric analysis and visualization of research activities. *Automation in Construction*, 112, 103081.

- Darko, A., Chan, A. P. C., Ameyaw, E. E., & Owusu, E. K. (2020). Artificial intelligence in the AEC industry: A systematic review and future research directions. *Automation in Construction*, 110, 103018.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2020, noviembre). *Estrategia de adopción de BIM en Colombia* [Presentación]. <https://camacol.co/sites/default/files/LANZAMIENTO%20DE%20LA%20ESTRATEGIA%20DE%20ADOPCION%20DE%20BIM%20EN%20COLOMBIA.pdf>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3rd ed.). Wiley.
- Gómez, C. A., & Rojas, D. F. (2021). Impacto de la metodología BIM en la sostenibilidad y desarrollo urbano en Latinoamérica. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 36(2), 145–158.
- Gómez Marroquín, L. M. (2022). *La metodología BIM como promotora de calidad en la cultura organizacional de las empresas constructoras* [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América]. Repositorio Lumieres. <https://repository.uamerica.edu.co/items/de902983-3109-4811-a9a0-8c0e2272c7c1>
- Gómez-Rodríguez, G. N., Álvarez-Sanabria, A. F., & Sarmiento-Rojas, J. A. (2025). Proyectos preliminares relacionados con LC, BIM e IA en la industria de construcción. *Ingeniería y Competitividad*, 27(1), e30414401. <https://doi.org/10.25100/iyc.v27i1.30414401>
- González, R. (2022). La adopción de tecnologías disruptivas en la construcción: Un análisis de las barreras y oportunidades en Colombia. *Revista de Innovación en Construcción*, 10(2), 56–74.
- Jaimes-Quintanilla, M., & Zabala-Vargas, S. (2024). Inteligencia artificial en la gestión de proyectos: Caso construcción y obra civil. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-21. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1615>
- Jaimes-Quintanilla, M., & Zabala-Vargas, S. (2025). Apropiación de tecnologías emergentes en el sector de obra civil: Un análisis cualitativo. En *Ciencia Transdisciplinar en la Nueva Era Edición 4* (4.a ed.). Editorial Instituto Antioqueño de Investigación. 10.5281/zenodo.17831487
- Koseoglu, O., & Keskin, B. (2023). Data-driven project management in construction: A review and future directions. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(1), 04022149.
- Lara Medina, A. (2024). *La inteligencia artificial aplicada a la gestión de proyectos: Un estudio del estado del arte* [Trabajo de grado].
- Lester, A. (2013). *Project management, planning and control*. Butterworth-Heinemann.
- Li, C. Z., Liu, D., & Chan, A. P. C. (2021). Leveraging sensor data for real-time construction management: A digital twin approach. *Journal of Management in Engineering*, 37(3), 04021012.

- Lledó, J. M. (2013). *Gestión de proyectos: Fundamentos, herramientas y aplicaciones*. Ediciones Pirámide.
- Lledó, P. (2013). *Gestión por procesos y mejora continua*. ESIC Editorial.
- Love, P. E. D., Matthews, J., Simpson, I., Hill, A., & Olatunji, O. A. (2016). A benefits realization management building information modeling framework for asset owners. *Automation in Construction*, 71, 1–10.
- Lozano-Serna, G., Patiño Galindo, C., Gómez-Cabrera, L., & Torres, J. (2023). *Identifying factors causing delays and cost overruns in construction projects in Colombia*. *Ingeniería y Ciencia*, 19(37), 25–44. Universidad EAFIT <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/3619>
- Luna Gómez, R. F. (2025). *Gestión de proyectos: Estrategia para mitigar interferencias constructivas y optimizar el equilibrio entre costos y plazos* [Tesis doctoral, Universidad del Desarrollo].
- Martínez, L., & Rojas, P. (2024). Aplicación de la analítica avanzada y el aprendizaje automático en la planificación de obras urbanas: Revisión documental. *Revista de Ingeniería y Tecnología Aplicada*, 18(2), 45–59.
- Martínez, F., Giménez, A., Salazar, L., Alva, J., Alarcón, L., Yeung, J., & Sacks, R. (2025). *Practices and barriers to the adoption of Digital Twin Construction in Latin America*. In Proceedings of the 33rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 33) (pp. 1–12). IGLC. <https://iglc.net/papers/Details/2398>
- McKinsey & Company. (2020). *Artificial intelligence: Construction technology report*. McKinsey Global Institute.
- Mendoza, J. G., Quispe, M. B., & Muñoz, S. P. (2022). Una revisión sobre el rol de la inteligencia artificial en la industria de la construcción. *Ingeniería y Competitividad*, 24(2). <https://doi.org/10.25100/iyc.v24i2>
- Mulcahy, R. (2009). *PMP Exam Prep: Rita's Course in a Book for Passing the PMP Exam* (6th ed.). RMC Publications.
- Navarro Forero, C. A. (2023). La ética en la ingeniería en la época de la inteligencia artificial y el Chat GPT. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*. <https://doi.org/10.26507/paper.2988>
- Orrego, S. E. (2024). *Revisión bibliográfica del impacto de la tecnología BIM en la construcción de viviendas en Colombia* [Informe de investigación]. Universidad de Antioquia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstreams/1e6f48d6-f507-475f-aa0c-efb4eeefd472/download>

- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2016). *Reglamento (UE) 2016/679 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos (Reglamento general de protección de datos)*. *Diario Oficial de la Unión Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0679>
- Pérez, S. P. M., Peña, J. G. M., & Vílchez, M. B. Q. (2022). Una revisión sobre el rol de la inteligencia artificial en la industria de la construcción. *Ingeniería y Competitividad: Revista Científica y Tecnológica*, 24(2), 1–23. <https://doi.org/10.25100/iyc.v24i2.12018>
- Plataforma Constructivo. (2025, junio). Seguridad laboral avanzada: Tecnologías que transforman la prevención en construcción. *Plataforma Constructivo*. <https://constructivo.com/noticia/seguridad-laboral-avanzada-tecnologias-que-transforman-la-prevencion-en-construccion-1749675275>
- Project Management Institute (PMI). (2021). *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.)*. PMI.
- Ríos Cabo, N., & Viveros Rojas, D. E. (2018). *Revisión literaria sobre la integración de inteligencia artificial y BIM para el desarrollo de la competitividad en el sector de la construcción en Colombia* [Trabajo de grado]. Universidad de los Andes. Repositorio Uniandes.
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial*. Alienta Editorial.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). *Artificial intelligence: A modern approach* (3rd ed.). PrenticeHall.
- Saka, A. B., Chan, D. W. M., Olawumi, T. O., & Oke, A. E. (2023). Applications and barriers of artificial intelligence (AI) in the construction industry: A global systematic review. *Journal of Building Engineering*, 64, 105750. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105750>
- Salgado Reyes, N. (2021). Uso de tecnologías de información y comunicación en la gestión de proyectos de construcción. *Polo del Conocimiento*. <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5618/html>
- Sánchez, L., Reyes, A. M., Ortiz, D., & Olarte, F. (2017). El rol de la infraestructura tecnológica en relación con la brecha y la alfabetización digitales en cien instituciones educativas de Colombia. *Revista Educación y Tecnología — Latinoamericana*.
- Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64–79.
- Torres Cortés, J. (2023). BIM sexta dimensión: La sostenibilidad como herramienta de eficiencia energética en la construcción. *Construcción y Sostenibilidad*, 4(1). <https://revistas.sena.edu.co/index.php/construccion/article/view/5505>

Unimedios, Universidad Nacional de Colombia. (2024, 6 de agosto). Metodología BIM reduciría hasta una tercera parte de los costos de la construcción. *Unimedios*.

<https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/metodologia-bim-reduciria-hasta-una-tercera-parte-de-los-costos-de-la-construccion>

Wilson, J. (2018). Artificial intelligence and BIM: Revolutionizing the construction industry. *Construction Innovation Journal*, 18(3), 345–361.

Zabala-Vargas, S., & Jaimes-Quintanilla, M. (2025). Tecnologías 4.0 (IOT y ciencia de datos) orientada a optimizar la gestión de proyectos de construcción. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1-21. <https://epsir.net/index.php/epsir/article/view/1621>

Zabala-Vargas, S., Jaimes-Quintanilla, M., & Jimenez-Barrera, M. H. (2023). Big Data, Data Science, and Artificial Intelligence for Project Management in the Architecture, Engineering, and Construction Industry: A Systematic Review. *Buildings*, 13(12), 2944. <https://doi.org/10.3390/buildings13122944>

Zabala-Vargas, S., Jiménez-Barrera, M., Vargas-Sanchez, L., & Jaimes-Quintanilla, M. (2023). Big data in construction project management: The Colombian northeast case. *Life-Cycle of Structures and Infrastructure Systems*, 1, 1, 3476-3483. <https://doi.org/0.1201/9781003323020>

Zabala-Vargas, S., Martínez-Ortega, J., & Jaimes-Quintanilla, M. (2025). Administración de proyectos apoyada en tecnologías emergentes (inteligencia artificial y ciencia de datos) en el sector de obra civil. VII International conference on applied engineering and innovative technologies-AENIT, Perú.

<https://easychair.org/cfp/AENIT2025>Zandi, G., Salim, H. M., & Nopiah, Z. M. (2021). Application of artificial intelligence techniques in construction project risk management: A review. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 301–313. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.05.011>

Zhong, R. Y., Peng, Y., Xue, F., Fang, J., Zou, W., Luo, H., & Lu, W. (2020). Prefabricated construction enabled by the Internet-of-Things and blockchain technology. *Automation in Construction*, 118, 103268.

Zigurat Global Institute of Technology. (s. f.). *BIM en la planificación de proyectos*. E-Zigurat. Recuperado en 2023 de <https://www.e-zigurat.com/es/blog/bim-en-la-planificacion-de-proyectos/>

Anexos

Anexo a: Encuesta de identificación de la tecnología emergente en la gestión de proyectos en el sector de la construcción en Colombia

Anexo 1. Encuesta de apropiación tecnológica en gerencia de proyectos

Encuesta nivel de madurez tecnológica (apropiación) en la gestión de proyectos

Objetivo:

Conocer el nivel de apropiación de tecnologías emergentes (Inteligencia Artificial, Ciencia de Datos e Internet de las cosas-IoT) en la gestión de proyectos de las organizaciones en Colombia

Autor:

Equipo de investigación de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Declaración inicial:

La presente encuesta hace parte del Proyecto de investigación: INTELIGENCIA ARTIFICIAL, BIG-DATA Y CIENCIA DE DATOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS EN COLOMBIA.; de la Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Este instrumento tiene una intención estrictamente académica e investigativa; y busca reconocer el uso, conocimiento e interés de apropiación de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, Big-Data y Ciencia de Datos) en la gestión de proyectos que tiene su organización.

Toda la información será tratada con altos estándares de confidencialidad, de forma anónima (presentación de datos generalizados) y cumpliendo la legislación vigente en Colombia.

Definiciones importantes

- **Transformación digital:** Es el proceso de integrar tecnologías digitales en todos los aspectos de una organización para mejorar la eficiencia, la innovación y la experiencia del cliente, y para adaptarse a un mundo cada vez más conectado y digital

- **Tecnologías habilitadoras de la transformación digital:** Son herramientas y soluciones tecnológicas claves, como la ciencia de datos, la inteligencia artificial y el big data, que permiten a las organizaciones modernizar procesos, mejorar la eficiencia y crear nuevas oportunidades de negocio en la era digital.

- **Industria 4.0:** Revolución que se caracteriza por la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, IoT, análisis de datos, robótica, entre otros; en los procesos de fabricación y/o generación de servicios para lograr mayor eficiencia,

Cuando envíe este formulario, no recopilaremos automáticamente sus detalles, como el nombre y la dirección de correo electrónico, a menos que lo proporcione usted mismo.

* Obligatorio

CARACTERIZACIÓN

Mediante las siguientes preguntas podemos caracterizar la empresa que representa para analizar posteriormente la información.

1. ¿Está de acuerdo con la declaración inicial y desea continuar con la encuesta? *

SI

NO

2. Nombre o razón social de la organización. *

Escriba su respuesta

3. NIT o identificación equivalente. *

El valor debe ser un número.

4. Clasificación según su actividad económica: *

- Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca.
- Industria manufacturera.
- Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.
- Suministro de agua, gestión de aguas residuales y gestión de desechos y actividades de saneamiento.
- Construcción.
- Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas.
- Transporte y almacenamiento.
- Alojamiento y servicio de comidas.
- Tecnologías de la información y comunicación - TIC.
- Actividades financieras y de seguros.
- Actividades inmobiliarias.

5. Número de empleados *

- Menos de 10
- Entre 11 y 50
- Entre 51 y 200
- Más de 200

6. Nivel de ingresos anuales: *

- Menos de 1.000 SMMLV
- Entre 1.001 y 2000 SMMLV
- Entre 2.001 y 10.000 SMMLV
- Más de 10.001 SMMLV

7. Nombre de quien presenta la encuesta *

Escriba su respuesta

8. Posición dentro de la organización de quien presenta la encuesta *

Escriba su respuesta

9. Correo electrónico de contacto. *

Escriba su respuesta

10. Teléfono móvil (opcional)

Escriba su respuesta

Siguiente

11. De acuerdo a la afirmación seleccione cuál nivel representa mejor la organización. *

	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En implementación	En acción
Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cuenta con indicadores para medir nivel del transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reconoce importancia que tiene el uso y análisis de información.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cuenta con claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reconoce los conceptos de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, Big-Data y Data Science).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. En que área de su empresa ha invertido en los dos ultimos años? *

	Nula inversión	Pequeña inversión	Mediana inversión	Gran inversión
Investigación y desarrollo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción de productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Procesos administrativos internos (Contabilidad, talento humano).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logística de recepción y distribución.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comercial y ventas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de información (herramientas software).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. En que área de su empresa proyecta invertir en los proximos 5 años? *

	Nula inversión	Pequeña inversión	Mediana inversión	Gran inversión
Investigación y desarrollo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción de productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Procesos administrativos internos (Contabilidad, talento humano).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logística de recepción y distribución.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Parte 2 de 5: CLIENTES Y PROVEEDORES

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de apropiación de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en su relación con clientes y proveedores.

14. De acuerdo a las siguientes afirmaciones seleccione cuál nivel representa mejor su organización.

	No se realiza	En algunos casos	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente
Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cuenta con la planificación y dirección de la cadena de suministros desde los clientes hasta los proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Indique el grado que mejor representa a su organización en los siguientes procesos:

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Digitalización de trabajo con clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Digitalización de trabajo con proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intercambio de información digitalmente con socios, proveedores y clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de múltiples canales de venta integrados para comercializar sus productos a sus clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema de precios dinámico y adaptado al cliente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analiza los datos de los clientes para aumentar su conocimiento (situación personal, preferencias, ubicación, puntuación crediticia).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diseña soluciones considerando los datos de los clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

* Obligatorio

Parte 3 de 5: PROCESOS - Nivel táctico y operativo

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de apropiación de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en su proceso principal.

16. ¿Cual de las siguientes tecnologías utiliza en su organización? *

- Sensores
- Dispositivos móviles
- Identificador de radiofrecuencia - RFID
- Ciencia de datos para evaluación de información en tiempo real.
- Sistemas de localización en tiempo real
- Big Data para almacenamiento de grandes volúmenes de datos
- Las tecnologías de la nube como infraestructura de TI escalable
- Inteligencia artificial para la toma de decisiones.
- Sistemas de tecnologías de la información integrados
- Otras

17. De acuerdo a las máquinas y equipos de su organización. ¿Cuál es el grado de implementación de las siguientes funcionalidades? *

	Nulo	Parcialmente	Implementado
Las máquinas y sistemas se pueden controlar a través de tecnologías.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comunicación entre maquinas / sistemas - M2M	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidad de integrarse y colaborar con otras maquinas / sistemas - INTEROPERABILIDAD	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Su empresa realiza: *

- PRODUCCIÓN DE BIENES O PRODUCTOS
- PRESTACIÓN DE SERVICIOS

Atrás

Siguiente

No revele nunca su contraseña. [Notificar abuso](#)

ORGANIZACIÓN DEDICADA A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS

19. Identifique el nivel de cumplimiento de las siguientes afirmación en su proceso de creación y entrega de los servicios que ofrece la organización a sus clientes.

	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Nivel de integración de tecnologías digitales en la prestación de nuestros servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la prestación de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Registran datos o información del proceso de prestación de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprovecha los datos y análisis digitales para tomar decisiones en la prestación de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nivel de adopción de tecnologías de automatización en la entrega de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Digitalización de la gestión de datos y registros en nuestra empresa de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Atrás

Siguiente

Parte 4 de 5: INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de apropiación de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital en su Infraestructura y gestión de la seguridad.

20. La siguiente área, para comunicarse con otras áreas de la organización, utiliza sistemas de información:

	Si	Parcialmente	No	El área no existe
Investigación y desarrollo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción de productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Procesos administrativos internos (contabilidad, talento humano, etc).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logística, recepción y distribución.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comercial y ventas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21. La siguiente área, para comunicarse con clientes y proveedores, utiliza sistemas de información:

	Si	Parcialmente	No	El área no existe
Investigación y desarrollo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Producción de productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

22. ¿La organización , ya está utilizando servicios en la nube? *

	SI	No, pero lo planeamos	NO
Software desde la nube	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Para almacenamiento de datos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Para evaluación de datos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

23. ¿Cómo está organizada su gestión en tecnologías de la información - TI? *

- Sin departamento de TI propio (implicación de un proveedor de servicios).
- Departamento central de TI.
- Departamento de TI descentralizado en las áreas especializadas (producción, desarrollo de productos, etc).
- Expertos en TI integrados en los departamentos especializados.

24. Clasifique las siguientes afirmaciones de acuerdo a el nivel de cumplimiento de estos criterios en su organización *

	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipos de ultima tecnología	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Equipos o maquinas conectadas a servidores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

25. Califique las siguientes preguntas según la escala establecida: *

Parte 5 de 5: ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de conocimiento, adecuación y proyección de uso de las tecnologías habilitadoras de la industria 4.0.

26. ¿Cómo realiza la organización el registro de la información generada por los procesos (producción, comercial, calidad, mantenimiento, administración, etc.)?

- No registra información de los procesos.
- Todos los procesos se registran en papel.
- Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.
- Todos los procesos están completamente digitalizados.

27. ¿Dispone de alguna persona en la organización responsable de la transformación digital?

- No dispone de roles especializados.
- Se dispone de un rol especializado.
- Se dispone de varios roles especializados.
- Se dispone de una gran especialización de roles digitales claves para la Industria 4.0.

28. ¿Cómo evalúa las capacidades de sus empleados en relación con los requisitos futuros de la Industria 4.0?

	Irrelevante / no aplica	No capacitado	Capacitado, pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente
Infraestructura.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29. ¿En qué medida ha abordado las ineficiencias de los procesos mediante la adopción de sistemas inteligentes (máquinas inteligentes, tecnología digital integrada)?

- No hay una adopción significativa de sistemas inteligentes (aún utilizando sistemas manuales o semiautomáticos)
- Sistemas inteligentes introducidos parcialmente en áreas cruciales para superar las ineficiencias locales.
- Se adaptaron importantes sistemas inteligentes en toda la empresa que ayudaron a optimizar los procesos.

30. ¿Cuál es la ambición estratégica de la organización con respecto al paso a la Industria 4.0?

- No se ha considerado todavía. No se contemplan beneficios/oportunidades.
- Se ha considerado pasar a la Industria 4.0 pero se desconoce como hacerlo.
- Se conocen los beneficios de la industria 4.0 y se tiene intención de implementarla.
- Se ha iniciado el proceso de implementación de la industria 4.0.

31. ¿Qué nivel de importancia tienen en la organización, como elemento diferenciador en el sector, las soluciones y tecnologías relacionadas con los siguientes habilitadores de Industria 4.0?

Inteligencia artificial: es un campo de la informática que se centra en desarrollar sistemas y programas que pueden realizar tareas que normalmente requerirían inteligencia humana, como el aprendizaje, la toma de decisiones y el reconocimiento de patrones, mediante algoritmos y procesamiento de datos.

Fabricación aditiva: (p.ej. impresión 3D), para el desarrollo de prototipos, nuevos productos o su personalización, fabricación de herramientas, utillajes, etc.

Internet de las Cosas (IoT): es un concepto que hace referencia a las conexiones entre los objetos físicos (sensores, máquinas, etc.), para generar y enviar datos automáticamente, aportando automatización y eficiencia a los procesos.

Big Data y análisis de datos: Para el tratamiento de un gran volumen de datos, estructurados y no estructurados, de fuentes internas y/o externas, extrayendo información de valor para la organización (indicadores en tiempo real, análisis predictivos, etc.).

Marketing digital: con soluciones que permitan impulsar la notoriedad e interacción con los clientes actuales y potenciales, a través del posicionamiento web, gestión de redes sociales, SEO, SEM, etc.

Formación y personas: soluciones que aporten flexibilidad y fomenten la colaboración entre empleados (ofimática en la nube, plataformas colaborativas de gestión de proyectos, etc.), mejoren la gestión del talento (plataformas de e-learning, realidad virtual y aumentada como herramientas formativas, acceso digital a la información del empleado, etc.) y, que permitan el desarrollo de nuevas formas de trabajo en la organización (acceso remoto, herramientas de comunicación, etc.).

Robótica y Automatización: Para la simplificación y automatización de procesos productivos y administrativos.

	Sin importancia	Importancia baja	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta
Inteligencia artificial.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fabricación aditiva.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internet de las cosas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Big data y análisis de datos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realidad virtual y aumentada.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plataformas y comunicaciones.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnologías en la nube (Cloud).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ciberseguridad.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Marketing digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Formación y personas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robótica y automatización.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Atrás

Enviar