



Proyecto: Inteligencia artificial, Big Data para la optimización de la gestión de proyectos de construcción en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar de Colombia.

Andrés Mauricio Ascanio Delgado

Andrea Gutiérrez Gómez

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

noviembre de 2024

Inteligencia artificial y Big Data

Proyecto: Inteligencia artificial, Big Data para la optimización de la gestión de proyectos de construcción en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar de Colombia.

Andrés Mauricio Ascanio Delgado

Andrea Gutiérrez Gómez

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

Asesor(a)

Sergio Andrés Zabala Vargas

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Noviembre de 2024

## Contenido

Lista de tablas .....	5
Lista de figuras.....	6
Lista de anexos.....	7
Resumen.....	8
Abstract.....	10
Introducción .....	12
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1 Descripción del problema.....	14
1.2 La pregunta de investigación.....	17
1.3 Los objetivos de investigación .....	17
1.3.1 Objetivo general.....	17
1.3.2 Objetivos específicos .....	17
1.4 Justificación de la investigación.....	18
2 MARCO DE REFERENCIA.....	20
2.1 Marco de Antecedentes .....	20
2.2 Marco Teórico .....	24
2.3 Marco normativo .....	27
3 METODOLOGÍA.....	31
3.1 Enfoque y alcance de la investigación .....	31
3.2 Población y muestra .....	31
3.2.1 Definición de la población .....	31
3.2.2 Cálculo y selección de la muestra.....	33
3.3 Instrumento(s) .....	34
3.3.1 Revisión Sistemática de la Literatura .....	34
3.3.2 Encuesta sobre Nivel de Madurez Tecnológica.....	35
3.4 Procesamiento de la información .....	36
3.5 Descripción de procedimientos .....	36

# Inteligencia artificial y Big Data

3.5.1	Fase 1: Revisión de literatura.....	38
3.5.2	Medición de nivel de madurez tecnológico .....	39
3.6	Recolección de datos .....	44
3.7	Codificación de datos .....	45
3.8	Consideraciones éticas .....	46
4	HIPOTESIS .....	48
4.1	Las variables.....	48
4.1.1	Variable(s) independiente(s).....	48
4.1.2	Variable(s) dependiente(s) .....	48
5	RESULTADOS .....	50
5.1	Presentación de resultados .....	50
5.2	Propuesta al sector.....	59
5.2.1	Desarrollo de una Estrategia Digital Integral.....	59
5.2.2	Implementación de Métricas de Seguimiento.....	59
5.2.3	Capacitación en Habilidades Digitales .....	60
5.2.4	Optimización de la Gestión de Costos mediante Big Data y Modelado de Información de Construcción (BIM) .....	60
5.3	Discusión.....	61
6	CONCLUSIÓN .....	64
	Referencias.....	65
	Anexos .....	71

**Lista de tablas**

Tabla 1 MODELO DE NEGOCIO Y PRODUCTO - Nivel estratégico ..... 50  
Tabla 2 Clientes y Proveedores..... 52  
Tabla 3 PROCESOS - Nivel táctico y operativo ..... 54  
Tabla 4 Infraestructura y Seguridad..... 55  
Tabla 5 Estrategia Y Experiencia En Industria 4.0..... 57

**Lista de figuras**

Figura 1 *Cálculo de tamaño de muestra* ..... 33

**Lista de anexos**

Anexo 1 Encuesta de identificación de la tecnología emergente en la gestión de proyectos en el sector de la construcción en Colombia ..... 71  
Anexo 2 Declaración inicial e información sobre Encuesta de nivel de madurez tecnológico .... 75

### **Resumen**

Este estudio se llevó a cabo mediante una metodología de enfoque cuantitativo, lo que permitió analizar la viabilidad de implementar tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial (IA) y el Big Data, en la gestión de proyectos de construcción en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar, en Colombia. A través de una revisión de la literatura y la evaluación del nivel de adopción y uso de estas herramientas en empresas constructoras, se examina cómo estas tecnologías pueden optimizar los procesos de gestión, mejorando la eficiencia, reduciendo tiempos y costos, y aumentando la rentabilidad.

Para llevar a cabo el estudio, se utilizaron dos instrumentos clave: una encuesta dirigida a empresas del sector de la construcción para evaluar su nivel de madurez tecnológica y una matriz de análisis bibliográfico para identificar las tendencias globales en la adopción de IA y Big Data en el sector. Los resultados obtenidos revelan que, aunque existe un creciente interés en la implementación de estas tecnologías, la adopción efectiva sigue siendo limitada debido a barreras como la falta de capacitación y la ausencia de estrategias digitales integrales.

Con base en los hallazgos, se proponen recomendaciones y estrategias para facilitar la integración de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos de construcción. Entre las estrategias sugeridas se incluyen el desarrollo de planes de formación en habilidades digitales, la implementación de métricas de seguimiento y la optimización de la gestión de costos mediante el uso de Big Data y BIM (Building Information Modeling).

Aunque se han identificado algunos avances, el estudio destaca los desafíos persistentes en la adopción de tecnologías emergentes, especialmente en términos de la resistencia al cambio y

## Inteligencia artificial y Big Data

la falta de recursos tecnológicos. Por lo tanto, se elaboran propuestas para fortalecer la integración de IA y Big Data en la gestión de proyectos de construcción, con el objetivo de mejorar la competitividad del sector en la región.

*Palabras clave: Construcción, Inteligencia Artificial, Big Data, Tecnologías emergentes, Gestión de proyectos, Innovación, Transformación digital.*

### **Abstract**

This study was conducted using a quantitative methodology, enabling an analysis of the feasibility of implementing emerging technologies, such as artificial intelligence (AI) and Big Data, in construction project management in the departments of Norte de Santander, Santander, and Cesar, Colombia. Through a literature review and an assessment of the adoption and use of these tools in construction companies, this research examines how these technologies can optimize management processes, improve efficiency, reduce time and costs, and increase profitability.

To conduct the study, two key instruments were used: a survey directed at construction companies to assess their level of technological maturity and a bibliographic analysis matrix to identify global trends in the adoption of AI and Big Data in the sector. The results revealed that, while there is growing interest in implementing these technologies, effective adoption remains limited due to barriers such as a lack of training and the absence of integrated digital strategies.

Based on the findings, recommendations and strategies are proposed to facilitate the integration of emerging technologies into construction project management. Suggested strategies include developing training plans for digital skills, implementing tracking metrics, and optimizing cost management through the use of Big Data and BIM (Building Information Modeling).

Although some progress has been identified, the study highlights the persistent challenges in adopting emerging technologies, particularly in terms of resistance to change and a lack of technological resources. Therefore, proposals are made to strengthen the integration of AI and

## Inteligencia artificial y Big Data

Big Data in construction project management with the aim of improving the sector's competitiveness in the region.

*Keywords: Construction, Artificial Intelligence, Big Data, Emerging technologies, Project management, Innovation, Digital transformation.*

## Introducción

La implementación de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial (IA) y el Big Data, ha transformado la manera en que se gestionan los proyectos en el sector de la construcción a nivel global. Estas herramientas permiten optimizar la planificación, el diseño y la ejecución de proyectos, abordando problemáticas tradicionales como los sobrecostos, los retrasos y la falta de precisión en la gestión de tiempos y recursos (Bryde et al., 2013). Sin embargo, en el contexto colombiano, el sector aún enfrenta un índice significativo de vulnerabilidad debido a la limitada adopción de estas tecnologías y a la escasez de personal capacitado para su correcta implementación, especialmente en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar.

En línea con esto, autores como Castro y Méndez (2021) han señalado que la integración de la inteligencia artificial en la gestión de proyectos de construcción tiene el potencial de revolucionar la eficiencia operativa de las empresas, incrementando su capacidad para abordar desafíos como la gestión de costos y tiempos. A pesar de este potencial, en Colombia persisten barreras significativas para la adopción generalizada de estas tecnologías, principalmente debido a la falta de liderazgo tecnológico y la escasa infraestructura digital en las empresas del sector.

La presente investigación tiene como objetivo diagnosticar el estado actual de la implementación de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos en el sector de la construcción en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar. Se busca identificar las barreras que enfrentan las empresas en la adopción de IA y Big Data y, a partir de los resultados obtenidos, desarrollar recomendaciones y estrategias que promuevan una mayor

integración tecnológica en la gestión de costos y tiempos, posicionando a la región como un referente de innovación en Colombia.

Este estudio sigue una estructura metodológica precisa: en el Capítulo 1, se presenta el planteamiento del problema, la formulación de la pregunta de investigación, los objetivos y la justificación del estudio. En el Capítulo 2, se discute el marco teórico, además, abarcando una revisión literaria de la implementación de tecnologías emergentes en la construcción y el marco de antecedentes (estado del arte). El Capítulo 3 detalla la metodología utilizada, incluyendo la definición de la muestra, los instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de la información. El capítulo 4 se indica la formulación de hipótesis y en el capítulo 5 exponen los resultados obtenidos y el capítulo 6 las conclusiones derivadas del estudio, consolidando así una propuesta de estrategias que permitan a las empresas del sector optimizar la gestión de proyectos mediante el uso de tecnologías emergentes.

## 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

El sector de la construcción continúa enfrentando importantes desafíos en la gestión y ejecución de proyectos debido a la persistencia de retrasos y sobrecostos, los cuales afectan negativamente la eficiencia y rentabilidad de las empresas del sector. Diversos estudios han evidenciado que estos problemas son recurrentes a nivel global, lo que pone de manifiesto la necesidad urgente de adoptar tecnologías emergentes. La inteligencia artificial (IA) y el Big Data se presentan como herramientas clave para optimizar la toma de decisiones y mejorar la gestión integral de los proyectos de construcción. Sin embargo, a pesar de los potenciales beneficios, la implementación de estas tecnologías también enfrenta barreras significativas, tales como la resistencia al cambio, la falta de capacitación adecuada, y la alta inversión inicial requerida, lo que retrasa su adopción en muchas empresas del sector (Alkass et al., 2020; Zhou et al., 2018).

Los retrasos en los proyectos de construcción se han convertido en una problemática recurrente que afecta tanto a la eficiencia como a la rentabilidad del sector. Diversos estudios han identificado que una de las principales causas de estos retrasos radica en la falta de planificación adecuada y la deficiente coordinación entre las partes involucradas (Al-Humaidi & Hadid, 2017). Los problemas en la gestión de recursos, la demora en la entrega de materiales y la ineficiencia en la comunicación entre los equipos de trabajo también contribuyen a prolongar los tiempos de ejecución (Shehu & Akintoye, 2018).

La falta de adopción de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial y el Big Data, también ha sido señalada como una limitación que impide mejorar la gestión y toma de decisiones en tiempo real, lo que podría reducir la ocurrencia de retrasos (Sacks et al., 2020). La

resistencia al cambio y la escasez de personal capacitado para utilizar estas tecnologías representan obstáculos adicionales que profundizan la problemática.

El incremento de los costos en los proyectos de construcción es una problemática crítica que impacta negativamente la rentabilidad y viabilidad de las obras. Diversas investigaciones han revelado que los sobrecostos son recurrentes en gran parte de los proyectos, siendo atribuibles a factores como estimaciones iniciales inexactas, cambios en los diseños, aumentos en el precio de los materiales y una gestión ineficiente de los recursos financieros (Azhar et al., 2017). Según un estudio realizado por Flyvbjerg et al. (2018), más del 60% de los proyectos de construcción experimentan sobrecostos que superan el 20% del presupuesto original, lo que pone en riesgo el éxito financiero de las empresas involucradas.

Una de las causas principales de esta problemática radica en la insuficiente evaluación y gestión de riesgos financieros, que afecta la capacidad de las empresas para adaptarse a fluctuaciones económicas y cambios en las condiciones del mercado. Adicionalmente, la falta de adopción de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Big Data, que permiten realizar análisis predictivos y optimizar la asignación de recursos, ha contribuido a perpetuar esta situación (Olawale & Sun, 2018). En muchos casos, los costos asociados a la ineficiencia en la planificación y ejecución no son detectados a tiempo, lo que deriva en ajustes financieros tardíos y desequilibrios en el flujo de caja de los proyectos (Love et al., 2019).

En los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar, el sector de la construcción enfrenta desafíos considerables en la gestión de proyectos. A pesar de un crecimiento notable en proyectos de infraestructura, las empresas locales aún dependen en gran medida de enfoques tradicionales, lo que genera ineficiencias, retrasos y sobrecostos. La falta de integración de tecnologías como la inteligencia artificial y el Big Data ha impedido una planificación más eficiente y una adecuada mitigación de riesgos. Esto limita la capacidad de las constructoras para mejorar su competitividad en el mercado (Robles-Joya & Sánchez-Quintanilla, 2021).

Razón por la cual, la adopción de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el Big Data es crucial para abordar los desafíos que enfrenta el sector de la construcción en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar, en este sentido la implementación de un marco de informatización basado en datos, similar al propuesto por You y Wu (2019), podría transformar la gestión de proyectos en esta región, mejorando la eficiencia y rentabilidad de las empresas constructoras.

## **1.2 La pregunta de investigación**

¿Cómo puede la implementación de inteligencia artificial y Big Data optimizar la gestión de proyectos de construcción en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar en Colombia, mejorando la rentabilidad y tiempos de los proyectos?

## **1.3 Los objetivos de investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Proponer un conjunto de estrategias y recomendaciones para la integración de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Big Data, en la gestión de proyectos de las empresas de Norte de Santander, Santander y Cesar, Colombia; optimizando la administración de costos y tiempos mejorando la toma de decisiones empresariales.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Diagnosticar el estado actual de la implementación de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos en el sector de la construcción, a partir de la revisión de literatura.

Establecer el estado de la incorporación de tecnologías emergentes y el interés de apropiación en la gestión de proyectos en el sector de la construcción.

Desarrollar estrategias y recomendaciones para la implementación de inteligencia artificial y Big Data en la gestión de costos y tiempos para las empresas de Norte de Santander, Santander y Cesar para que se pueda convertirse en una zona referente de innovación en el sector de la construcción de la región.

#### 1.4 Justificación de la investigación

Este proyecto de investigación busca analizar la viabilidad de implementar inteligencia artificial (IA) y Big Data como herramientas fundamentales para la gestión de proyectos de construcción en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar, en Colombia. La necesidad urgente de modernizar el sector de la construcción en estas regiones está motivada por problemas persistentes, como los retrasos y sobrecostos, los cuales impactan negativamente la rentabilidad de las empresas. Según un estudio de McKinsey & Company (2017), el sector de la construcción a nivel global es uno de los menos digitalizados, con una adopción tecnológica significativamente baja, lo que contribuye a la ineficiencia en la gestión de proyectos.

Los proyectos de construcción en estas regiones han experimentado un crecimiento considerable en tamaño y complejidad. Sin embargo, las prácticas tradicionales de gestión han demostrado ser insuficientes para garantizar el éxito en términos de tiempo y costo (Alkass et al., 2020). En particular, un informe del Banco Mundial (2021) señala que, en Colombia, el 65% de los proyectos de infraestructura pública experimentan sobrecostos que superan el 15% del presupuesto inicial, y el 55% enfrentan retrasos significativos. Estos problemas no solo afectan la rentabilidad, sino que también limitan el desarrollo económico y social de la región.

La adopción de tecnologías emergentes, como la IA y el Big Data, se presenta como una solución ineludible para enfrentar estos desafíos. Investigaciones recientes han demostrado que el uso de estas tecnologías puede mejorar hasta en un 45% la eficiencia en la asignación de recursos y la planificación de los proyectos (Sacks et al., 2020). Además, según Love et al. (2019), las herramientas de análisis predictivo basadas en IA permiten una mejor identificación y mitigación de riesgos, lo que podría reducir la probabilidad de retrasos y sobrecostos en un 30%.

Desde una perspectiva académica, esta investigación contribuirá significativamente al cuerpo de conocimiento existente en la gestión de proyectos de construcción. Al explorar cómo estas tecnologías pueden ser aplicadas de manera efectiva en el contexto local, el estudio podría servir de modelo para otras regiones y fomentar la adopción de tecnologías avanzadas en la industria de la construcción.

Finalmente, la implementación de un marco de gestión basado en IA y Big Data no solo beneficiará a las empresas constructoras en términos de eficiencia y rentabilidad, sino que también impactará positivamente a las comunidades locales. Al reducir tiempos de ejecución y costos, se mejora la infraestructura local, lo que a su vez genera empleo y promueve el desarrollo económico en la región.

## 2 MARCO DE REFERENCIA

### 2.1 Marco de Antecedentes

Para el desarrollo de esta investigación, se realizó una revisión del estado del arte, de los últimos 7 años. La equation de búsqueda utilizada: (“project management” OR “project administration”) AND (“Artificial Intelligence”) AND (“buildings” OR “civil enginee\*” OR architecture OR “facility management”)

A continuación, se describen algunos de los artículos que se encontraron referentes a la implementación de IA, entre los que se destacan el artículo de Chen et al. (2015) explora la conexión entre el modelado de información de construcción (BIM) y el proceso de construcción, ofreciendo un marco conceptual integrado basado en una revisión de la literatura. BIM es una herramienta poderosa en la gestión de proyectos que facilita la planificación, diseño y ejecución de proyectos de construcción. La integración de BIM en los procesos de construcción no solo mejora la precisión y la coordinación, sino que también reduce los tiempos y costos asociados. El marco conceptual propuesto en este artículo destaca cómo la implementación de BIM puede optimizar la gestión del ciclo de vida del proyecto, resultando en una ejecución más eficiente y económica.

El artículo de Wauters y Vanhoucke (2016) realiza un estudio comparativo de métodos de inteligencia artificial (IA) para la predicción de la duración de proyectos. En el ámbito de la gestión de proyectos, especialmente en sectores como la construcción, la precisión en la estimación de la duración es crucial para evitar sobrecostos y demoras. El estudio examina la efectividad de varios métodos de IA, como redes neuronales y algoritmos genéticos, en comparación con técnicas tradicionales. Los autores concluyen que los métodos de IA ofrecen

una mejora significativa en la precisión de las predicciones, lo cual puede ayudar a mitigar riesgos relacionados con la programación y, en consecuencia, optimizar tanto el tiempo como los costos en la gestión de proyectos de construcción.

El artículo de Li et al. (2016) presenta un modelo de secuencia de estados estocásticos diseñado para predecir los estados de seguridad en sitios de construcción mediante el uso de sistemas de localización en tiempo real. Este modelo permite evaluar el riesgo en tiempo real, lo que es crucial para la gestión efectiva de la seguridad en proyectos de construcción. Al anticipar situaciones peligrosas, el modelo puede ayudar a evitar accidentes que podrían causar retrasos y sobrecostos significativos. La implementación de este enfoque no solo mejora la seguridad en los sitios de construcción, sino que también contribuye a una gestión más eficiente del tiempo y los recursos, lo que puede resultar en proyectos más rentables y menos propensos a interrupciones.

El artículo de Bilal et al. (2016) revisa el impacto del Big Data en la industria de la construcción, abordando su estado actual, oportunidades y tendencias futuras. Los autores analizan cómo el uso de Big Data puede mejorar la gestión de proyectos al proporcionar análisis detallados que optimizan la planificación, ejecución y control de costos. El artículo destaca que el Big Data permite una gestión del tiempo más efectiva mediante la previsión de problemas y la mejora de la coordinación entre equipos. En cuanto a la gestión de costos, el análisis de grandes volúmenes de datos facilita una mejor estimación de gastos y la identificación de oportunidades para reducir costos. La integración de Big Data en la construcción ofrece una visión más clara y precisa, contribuyendo a una gestión más eficiente tanto del tiempo como de los costos en proyectos de construcción.

El artículo de You y Wu (2019) presenta un marco para la informatización de empresas constructoras basado en datos, destacando cómo la digitalización y el uso eficiente de datos pueden transformar la gestión de proyectos en el sector de la construcción. El marco propuesto aborda la integración de tecnologías de la información (TI) para mejorar la toma de decisiones y optimizar los procesos operativos. La informatización basada en datos permite una gestión más efectiva del tiempo y los recursos, lo que puede traducirse en una reducción de costos y tiempos en los proyectos de construcción. Los autores subrayan que la adopción de este enfoque puede ayudar a las empresas constructoras a ser más competitivas al mejorar la precisión en la planificación y ejecución de proyectos.

El artículo de Bilal et al. (2019) explora el rendimiento de la rentabilidad de los proyectos de construcción mediante el uso de big data, aplicando un enfoque de análisis de proyectos. La investigación destaca cómo el análisis de grandes volúmenes de datos puede proporcionar una comprensión más profunda de los factores que influyen en la rentabilidad de los proyectos. Este enfoque permite a las empresas constructoras identificar patrones y tendencias que impactan los costos y tiempos, optimizando así la toma de decisiones y la planificación estratégica. Los autores concluyen que el uso de big data en la gestión de proyectos no solo mejora la precisión en la predicción de rentabilidad, sino que también contribuye a la reducción de costos y tiempos a través de una mejor gestión de los recursos y procesos.

El artículo de Yaseen et al. (2020) explora la predicción de riesgos de retrasos en proyectos de construcción utilizando un modelo híbrido de inteligencia artificial llamado RF-GA. Este modelo combina diferentes técnicas de IA para mejorar la precisión en la identificación y previsión de posibles demoras en la ejecución de proyectos. La capacidad de anticipar retrasos es

crucial para mitigar sus efectos adversos, como el aumento de costos y la extensión de los plazos. Al predecir estos riesgos con mayor precisión, el modelo propuesto permite una mejor gestión del tiempo y los recursos, lo que contribuye a una ejecución más eficiente de los proyectos y a una reducción de los sobrecostos asociados con los retrasos.

El artículo de Huang (2021) explora cómo la integración de Big Data con la Modelación de Información de Construcción (BIM) puede mejorar la gestión de costos en la ingeniería de construcción. Huang destaca que la aplicación de BIM y Big Data permite una evaluación más precisa de los costos al proporcionar análisis detallados y en tiempo real sobre el uso de materiales y recursos. Esta tecnología facilita la detección temprana de desviaciones presupuestarias y optimiza el control de costos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. La capacidad de analizar grandes volúmenes de datos permite una planificación y una toma de decisiones más informadas, lo que conduce a una gestión de costos más eficiente y a la reducción de gastos imprevistos en los proyectos de construcción.

El artículo de Lung y Wang (2023) explora la aplicación de técnicas de aprendizaje profundo y detección de un solo disparo para el reconocimiento de imágenes en sitios de construcción. Los autores destacan cómo estas tecnologías avanzadas pueden mejorar la gestión de proyectos mediante la automatización de la supervisión visual en el sitio. El uso de aprendizaje profundo y detección de un solo disparo permite una identificación precisa y rápida de elementos y condiciones en el sitio de construcción, facilitando un control más efectivo del tiempo al detectar problemas o irregularidades en tiempo real. Además, estas técnicas contribuyen a la gestión de costos al reducir la necesidad de inspecciones manuales y mejorar la

precisión en la documentación de avances y condiciones del proyecto, lo que ayuda a prevenir costos inesperados y optimizar el uso de recursos.

El artículo de Datta et al. (2024) ofrece una revisión detallada de cómo la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (AM) están siendo aplicados a lo largo del ciclo de vida de los proyectos en la industria de la construcción. Estas tecnologías emergentes están transformando la gestión de proyectos al mejorar la planificación y ejecución. En términos de gestión del tiempo, la IA y el AM optimizan la programación al prever retrasos y automatizar tareas, lo que acelera la finalización de proyectos. En cuanto a la gestión de costos, estas tecnologías proporcionan estimaciones más precisas y ayudan a controlar el presupuesto mediante el análisis de datos históricos y la reducción de costos operacionales a través de la optimización de recursos y la mitigación de riesgos financieros. En general, el uso de IA y AM facilita una gestión más eficiente y económica de los proyectos de construcción.

## **2.2 Marco Teórico**

El marco teórico del proyecto se fundamenta en los conceptos clave de inteligencia artificial (IA), Big Data, gestión de proyectos de construcción, optimización de costos y tiempos, y tecnologías emergentes en la construcción. Estos conceptos son esenciales para comprender cómo la implementación de tecnologías avanzadas puede transformar la gestión de proyectos en el sector de la construcción, especialmente en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar en Colombia.

### **Inteligencia Artificial (IA) en la Gestión de Proyectos**

La Inteligencia Artificial (IA) ha emergido como una herramienta transformadora en la gestión de proyectos, particularmente en la industria de la construcción, donde la complejidad y el volumen de datos requieren soluciones avanzadas. La IA facilita la automatización de tareas repetitivas, mejora la precisión en la planificación, y permite la predicción y gestión de riesgos a través del análisis de grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real. Esto se traduce en una optimización en la asignación de recursos, una mayor eficiencia en la ejecución de proyectos y la posibilidad de prever y mitigar problemas antes de que afecten significativamente el progreso del proyecto. Así, la IA contribuye a la reducción de costos y tiempos, aspectos fundamentales en la competitividad y éxito de los proyectos de construcción (Buchanan, 2019).

### **Big Data y su Aplicación en la Construcción**

El concepto de Big Data se refiere a la recopilación, almacenamiento y análisis de grandes volúmenes de datos que pueden proporcionar insights valiosos para la toma de decisiones. En el contexto de la construcción, Big Data se convierte en un aliado estratégico para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos. La recopilación de datos provenientes de diversas fuentes, como sensores instalados en las obras, drones, y sistemas de gestión, permite un monitoreo constante del progreso y la identificación temprana de posibles problemas. El análisis de estos datos facilita la optimización en el uso de materiales, la mejora en la programación de actividades y una gestión más efectiva de los riesgos, contribuyendo así a la reducción de costos operativos y a la mejora de la calidad en los proyectos de construcción (Bilal et al., 2016).

### **Gestión de Proyectos de Construcción**

La gestión de proyectos de construcción es una disciplina que involucra la planificación, coordinación y control de todas las actividades necesarias para llevar a cabo un proyecto desde su concepción hasta su finalización. Este proceso incluye la gestión de los recursos, tiempos, costos, calidad, y riesgos, con el objetivo de cumplir con los objetivos del proyecto dentro de los plazos y presupuestos establecidos. Los gerentes de proyectos deben asegurar que cada fase del proyecto se ejecute de manera eficiente y efectiva, lo que requiere una planificación detallada y una coordinación precisa entre todos los actores involucrados. Una gestión de proyectos efectiva es fundamental para el éxito del proyecto, garantizando la satisfacción del cliente y el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normativas aplicables (Kerzner, 2017).

### **Optimización de Costos en Proyectos de Construcción**

La optimización de costos en los proyectos de construcción es una práctica esencial para garantizar la viabilidad y rentabilidad de un proyecto. Este proceso implica la identificación de oportunidades para reducir los gastos asociados sin comprometer la calidad o el alcance del proyecto. Entre las estrategias más comunes se encuentran la negociación eficiente con proveedores, la reducción de desperdicios y la implementación de tecnologías avanzadas que permiten un mejor control y seguimiento de los costos. El uso de software especializado en gestión de proyectos facilita la identificación de áreas donde es posible realizar ajustes financieros, contribuyendo así a mantener el proyecto dentro del presupuesto estipulado y a maximizar los beneficios económicos (Oberlender, 2014).

### **Optimización de Tiempos en Proyectos de Construcción**

La optimización de tiempos es otro aspecto crítico en la gestión de proyectos de construcción. Involucra la implementación de técnicas y estrategias que permitan acortar la

duración de las actividades del proyecto sin sacrificar la calidad ni incrementar los costos. Entre las estrategias destacadas se encuentran la programación de tareas concurrentes, la mejora de los procesos constructivos y la utilización de tecnologías como el Building Information Modeling (BIM). La optimización de tiempos no solo permite cumplir con los plazos establecidos, sino que también puede generar ahorros significativos en costos y mejorar la satisfacción del cliente, al garantizar que el proyecto se complete de manera oportuna y eficiente (Gido & Clements, 2015).

### **Tecnologías Emergentes en la Construcción**

Las tecnologías emergentes están revolucionando la industria de la construcción, aportando nuevas formas de abordar los desafíos tradicionales y mejorando la eficiencia en cada etapa del proyecto. Entre estas tecnologías se encuentran la impresión 3D, la realidad aumentada (AR), la realidad virtual (VR), la robótica, y el Building Information Modeling (BIM). Estas herramientas permiten una mayor precisión en la ejecución de las obras, reducen los errores y optimizan el uso de recursos. Además, impulsan la sostenibilidad al minimizar el desperdicio de materiales y mejorar la eficiencia energética de los proyectos. La adopción de estas tecnologías es crucial para mantener la competitividad en un mercado cada vez más exigente y orientado hacia la innovación (Eastman et al., 2018).

### **2.3 Marco normativo**

El marco normativo que regula la gestión de proyectos de construcción en Colombia está compuesto por diversas leyes y decretos que buscan garantizar el correcto desarrollo de las obras, promoviendo la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad. En el contexto del uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) y el Big Data, es esencial que las

empresas constructoras cumplan con las normativas vigentes, adaptando sus procesos a los avances tecnológicos.

A nivel nacional, se destacan varias regulaciones:

**Ley 400 de 1997** (Norma Sismo-Resistente) establece los requisitos técnicos que deben cumplir las construcciones para mitigar los riesgos sísmicos (Congreso de Colombia, 1997). Aunque esta ley no menciona explícitamente la IA o el Big Data, estas tecnologías pueden mejorar el diseño y la construcción a través de simulaciones y análisis predictivos, alineándose con su objetivo.

**Ley 1285 de 2009**, que modifica la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación, promueve el desarrollo tecnológico en Colombia. Esta ley fomenta la investigación y adopción de tecnologías como la IA y el Big Data en el sector de la construcción (Congreso de Colombia, 2009).

**Ley 1819 de 2016** (Reforma Tributaria) incluye incentivos fiscales para empresas que invierten en investigación y desarrollo tecnológico (Congreso de Colombia, 2016). Las compañías constructoras que adopten IA y Big Data pueden beneficiarse de estas exenciones, siempre que sus inversiones sean consideradas proyectos de innovación.

**Decreto 1077 de 2015** contiene el Decreto Único Reglamentario del Sector de Vivienda, Ciudad y Territorio y regula la planificación, construcción y uso del suelo (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015). Las herramientas de IA y Big Data pueden mejorar la planificación y gestión de riesgos, contribuyendo al cumplimiento de este decreto.

**Código Colombiano de Construcción Sostenible** promueve la eficiencia energética y la reducción del impacto ambiental. El uso de IA y Big Data optimiza la utilización de materiales y

recursos, permitiendo cumplir con los estándares de sostenibilidad establecidos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

**Norma Técnica Colombiana NTC 6001**, que regula la gestión de proyectos de construcción, establece los requisitos para garantizar una administración eficiente (ICONTEC, 2017). IA y Big Data se alinean con esta norma al mejorar la planificación y ejecución de proyectos.

**Resolución 1409 de 2012**, que establece el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo para la Construcción, ofrece un marco que puede ser complementado con el uso de tecnologías emergentes (Ministerio de Trabajo, 2012). La implementación de IA permite anticipar riesgos mediante el análisis en tiempo real, reduciendo incidentes laborales.

**Ley 1581 de 2012** sobre Protección de Datos Personales es relevante en el uso de Big Data en la construcción, ya que exige el cumplimiento de normativas que protegen los datos sensibles de clientes y empleados (Congreso de Colombia, 2012).

**Ley 1955 de 2019** (Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022) promueve la transformación digital de sectores productivos como la construcción, y la adopción de IA y Big Data se alinea con los objetivos del plan (Congreso de Colombia, 2019).

A nivel internacional, las normas ISO también son de relevancia:

**ISO 19650** trata sobre la gestión de la información en la construcción a través de modelos de información como el Building Information Modeling (BIM), proporcionando directrices para la gestión digital de proyectos (International Organization for Standardization, 2018).

**ISO 55000** sobre gestión de activos es aplicable al uso de IA y Big Data para la optimización de activos físicos y financieros (International Organization for Standardization, 2014).

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Enfoque y alcance de la investigación

Para llevar a cabo esta investigación, se optó por un enfoque cuantitativo, razón por la cual en esta investigación se usarán datos numéricos que permiten analizar y describir la incidencia de la IA en el desarrollo de proyectos de construcción, razón por la cual el proceso metodológico se estructuró en dos fases principales:

**Análisis Bibliométrico:** que tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica utilizando bases de datos como el Scopus, con el fin de encontrar como es aplicada la IA y Big data en proyectos de construcción a nivel mundial.

**Caracterización de empresas de construcción en Colombia:** en esta fase se pretenden revisar empresas del sector construcción cuya sede sea en Colombia y determinar cuántas de ellas están utilizando la IA y el Big Data en sus proyectos, para determinar lo anterior se realizará una encuesta en la busca se busca determinar cómo están utilizando la tecnología en el desarrollo de sus proyectos.

#### 3.2 Población y muestra

##### 3.2.1 Definición de la población

En Colombia, la industria de la construcción se encuentra en constante crecimiento y desarrollo, lo que se refleja en el número significativo de empresas constructoras registradas en diferentes regiones del país. Según datos recientes obtenidos de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), es el principal gremio que agrupa a las empresas del sector

constructor en Colombia. En las regiones de Norte de Santander, Santander y Cesar, el número de empresas afiliadas es considerable. Según los datos más recientes, la regional CAMACOL Santander cuenta con más de 350 empresas afiliadas. De igual manera, CAMACOL Cúcuta y Nororiente, que cubre la región de Norte de Santander, tiene una cantidad similar de afiliados, superando las 700 empresas entre ambas regiones. Sin embargo, no se dispone de una cifra exacta para las empresas afiliadas en el departamento de Cesar (CAMACOL, 2024; CAMACOL Santander, 2024).

Este gremio ofrece a sus afiliados numerosos beneficios, como acceso a informes económicos, participación en eventos y capacitaciones, así como influencia en la creación de políticas públicas para el sector de la construcción. Además, CAMACOL promueve iniciativas que buscan mejorar la sostenibilidad y la responsabilidad social empresarial en la industria (CAMACOL Santander, 2024) Con todos los datos anteriormente mencionados, se evidencian la diversidad y el dinamismo del sector de la construcción en Colombia, con variaciones significativas en la cantidad de empresas por departamento, influenciadas por factores económicos, geográficos y sociales.

La población objeto de este estudio está constituida por las empresas constructoras de los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar en Colombia. Estas empresas representan el sector de la construcción en una región caracterizada por un crecimiento significativo en proyectos de infraestructura, pero que enfrenta desafíos importantes en la gestión eficiente de los mismos. La población del Sector de la Construcción en los departamentos del Norte de Santander, Santander y Cesar incluye a 700 empresas.

### 3.2.2 Cálculo y selección de la muestra

Formula de Calculo

Para realizar el cálculo de la muestra se utilizó una herramienta virtual QuestionPro que proporciona la calculadora la cual determina el tamaño de muestra:

**Formula Utilizada:**

$$\text{Tamaño de Muestra} = Z^2 * (p) * (1-p) / c^2$$

Donde:

**Z** = Nivel de confianza ( 1,96 para 95% o 2,5 para el 99%)

**p** = proporción estimada (0.5)

**c** = Margen de error ( .04 = ±4)

**Figura 1**

*Cálculo de tamaño de muestra*



The image shows the QuestionPro website's sample size calculator. The interface is clean and modern, with a light blue background. At the top, there is a navigation bar with the QuestionPro logo and several menu items: Productos, Soluciones, Recursos, Características, and Precios. A prominent blue button labeled 'CREAR ENCUESTAS GRATIS' is located in the top right corner. Below the navigation bar, a paragraph of text explains the calculator's purpose: 'Con esta calculadora podrás cuantificar de forma rápida y efectiva el tamaño de la muestra de tu siguiente investigación. Sin duda, utilizarla te permitirá ahorrar una gran cantidad de tiempo. Así que sácale el máximo provecho y utilízala cada vez que sea necesario.' The calculator itself is a light blue box with the title 'Calculadora de muestra'. It contains several input fields and buttons. The 'Nivel de confianza' field has two radio buttons for '95%' (selected) and '99%'. The 'Margen de Error' field is a text input with the value '5'. The 'Población' field is a text input with the value '700'. Below these fields are two buttons: 'Limpiar' (orange) and 'Calcular Muestra' (blue). At the bottom of the calculator, the 'Tamaño de Muestra' field is a text input showing the result '249'.

*Fuente: Software para encuestas Questionpro, 2024*

Para este proyecto, el análisis realizado con el software Questionpro determina que el tamaño de la muestra adecuado es de 249 empresas. No obstante, en el contexto del proyecto nodo y con el objetivo específico de este estudio, se llevará a cabo un análisis en 43 empresas del sector de la construcción y áreas afines. Esta selección busca obtener información relevante y representativa para abordar los objetivos planteados en la investigación.

### **3.3 Instrumento(s)**

En esta etapa se lleva a cabo mediante dos procedimientos complementarios: una revisión sistemática de la literatura y una encuesta sobre el nivel de madurez tecnológica relacionada con el tema de investigación.

#### **3.3.1 Revisión Sistemática de la Literatura**

Se fundamenta en el análisis de varios documentos científicos, posteriormente, se elabora una matriz de análisis bibliográfico, en la que se definen campos específicos para clasificar las siguientes categorías:

*Plataforma:* Scopus

*Categorías Analizadas:* Datos Bibliométricos:

*Autores:* nombres de los autores

*Título del artículo:* Título y tipo de artículo consultado.

*Año de publicación:* el año de publicación del artículo.

*Número de citas:* cantidad de veces que se ha utilizado en el artículo.

*Tipo de documento:* (artículo, revisión, artículo de conferencia, entre otros)

*Síntesis del artículo:* resumen o síntesis del artículo consultado.

*Metodología utilizada:* descripción de la metodología utilizada en los casos de estudio.

*Instrumentos aplicados:* herramientas y técnicas utilizadas.

*Tipo de tecnología:* tecnologías emergentes Big Data, Data Science, Inteligencia Artificial, IoT, etc.)

*Resultados principales:* datos claves del artículo que aportan al tema de investigación.

*Aportes relevantes a la temática del proyecto:* se relacionan las contribuciones que estos artículos dan al tema de estudio.

### **3.3.2 Encuesta sobre Nivel de Madurez Tecnológica**

Para llevar a cabo esta investigación, se aplicó una encuesta compuesta por 34 preguntas a 43 empresas del sector de la construcción y afines. La encuesta utiliza una escala Likert con el fin de evaluar el grado de adopción de tecnologías emergentes en dichas empresas. Las preguntas se agrupan en cinco áreas fundamentales, las cuales se en listarán a continuación.

- I. Modelo de negocio
- II. Clientes y proveedores
- III. Procesos a nivel táctico y operativo
- IV. Infraestructura y seguridad
- V. Estrategia y experiencia en la industria 4.0

Además, en el **Anexo 1**, se encontrarán detalladas cada una de las preguntas que se realizarán en las encuestas sobre el nivel de madurez tecnológico utilizadas para este proyecto.

### **3.4 Procesamiento de la información**

Datos Bibliométricos

Para depurar la información se eliminarán los datos publicados, se creará un formato para registrar la información relevante de cada fuente consultada.

Datos de las encuestas: se eliminarán las encuestas que estén incompletas o tengan tachaduras, por otra parte, para la tabulación de la respuesta se utilizara la escala Likert.

### **3.5 Descripción de procedimientos**

En el contexto de esta investigación, se ha diseñado un instrumento de encuesta con el objetivo de identificar los usos y beneficios de las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial (IA) y el Big Data, en la gestión de proyectos de construcción en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar, Colombia. La muestra incluye a 43 empresas del sector de la construcción, seleccionadas estratégicamente para obtener una representación adecuada de la industria y garantizar la relevancia de los hallazgos para la región.

El proceso de recolección de datos sigue los siguientes pasos:

**Contacto inicial:** Se establece contacto con las empresas participantes a través de correos electrónicos y llamadas telefónicas, informando a los responsables de la gestión de proyectos

sobre el propósito y la importancia de la investigación. Además, se les proporciona una breve explicación sobre el uso de tecnologías emergentes en el sector de la construcción.

**Instrucciones y dinámica:** A cada participante se le envía un correo electrónico detallado que incluye una carta de presentación del proyecto, el objetivo de la encuesta y las instrucciones claras sobre cómo responderla. También se aclara que la participación es voluntaria y que la información proporcionada será tratada de manera confidencial y anónima.

**Entrega de la encuesta:** La encuesta se distribuye de manera digital a través de Microsoft Forms para facilitar su acceso. Este método fue elegido por su practicidad y por permitir a los participantes completarla en su propio tiempo y desde cualquier ubicación.

**Recolección de datos:** Los datos se recopilan automáticamente a medida que los participantes completan la encuesta en línea. Se establece un periodo de dos semanas para la recolección, y se realizan recordatorios periódicos a través de correo electrónico para incentivar la participación antes de la fecha límite.

**Análisis de la información:** Una vez recopilados los datos, estos se exportan a una hoja de cálculo en Excel para ser procesados y organizados. Se aplicarán herramientas de análisis descriptivo para identificar tendencias, patrones y correlaciones entre las variables, permitiendo una comprensión más profunda de cómo la inteligencia artificial y el Big Data están siendo implementados en la gestión de costos y tiempos en los proyectos de construcción.

A partir de los resultados obtenidos, se identificarán las estrategias más efectivas para la integración de tecnologías emergentes en el sector. El propósito principal de esta investigación es

optimizar la administración de proyectos, reduciendo costos y tiempos, y facilitando la toma de decisiones basada en datos.

### **3.5.1 Fase 1: Revisión de literatura**

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó la base de datos bibliográfica Scopus para identificar las publicaciones más significativas sobre el tema. Los pasos seguidos en el desarrollo de esta sección  **fueron los siguientes:**

#### ***3.5.1.1 Preguntas de investigación***

El primer paso consistió en definir las preguntas centrales de la investigación.

Preguntas de Investigación:

¿Cómo se ha aplicado la inteligencia artificial en la gestión de proyectos en el ámbito de la construcción?, ¿Cómo han utilizado la inteligencia artificial en la gestión del costo y gestión del tiempo? ¿Cuáles son las metodologías de investigación predominantes en los registros obtenidos?, ¿Qué áreas de conocimiento destacan en la integración de tecnologías emergentes?

#### ***3.5.1.2 Ecuación de Búsqueda Scopus***

Para realizar la revisión, se utilizó el índice bibliográfico Scopus, la estrategia de consulta fue la siguiente:

**Consulta:**( “project management” OR “project administration”) AND (“Artificial Intelligence”) AND (“buildings” OR “civil engine\*” OR architecture OR “facility management”)

**Periodo:** 2015 a 2024

**Tipos de documentos:** artículos científicos, ponencias en conferencias, revisiones de literatura y capítulos de libros.

### ***3.5.1.3 Análisis bibliométrico***

En cuanto al análisis bibliométrico se consideran los siguientes aspectos: Publicaciones por año, publicaciones por país, principales filiaciones institucionales, principales autores de referencia.

## **3.5.2 Medición de nivel de madurez tecnológico**

### ***3.5.2.1 Preguntas de modelo de negocio y producto***

Cuenta con una estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.

Cuenta con indicadores para medir el nivel de transformación digital.

Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.

Algunos de sus productos integran tecnologías emergentes (inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).

Preguntas relacionadas con la inversión de la empresa

Reconoce la importancia que tiene el uso y análisis de la información.

Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juegan un papel importante.

Cuenta con claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica.

Reconoce los conceptos de tecnologías emergentes (inteligencia artificial, big data y data science).

### ***3.5.2.2 Preguntas de inversión pasadas en últimos dos años***

Investigación y desarrollo.

Producción de productos o servicios.

Procesos administrativos internos (Contabilidad, talento humano).

Logística de recepción y distribución.

Comercial y ventas.

Sistemas de información (herramientas software).

### ***3.5.2.3 Preguntas de inversión futura en aspectos tecnológicos***

Investigación y desarrollo.

Producción de productos o servicios.

Procesos administrativos internos (Contabilidad, talento humano).

Logística de recepción y distribución.

Comercial y ventas.

Sistemas de información (herramientas software).

#### ***3.5.2.4 Preguntas clientes y proveedores***

Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.

Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.

Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.

Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.

Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus proveedores.

Cuenta con la planificación y dirección de la cadena de suministros desde los clientes hasta los proveedores.

Digitalización de trabajo con clientes.

Digitalización de trabajo con proveedores.

Intercambio de información digitalmente con socios, proveedores y clientes.

Uso de múltiples canales de venta integrados para comercializar sus productos a sus clientes.

Sistema de precios dinámico y adaptado al cliente.

Analiza los datos de los clientes para aumentar su conocimiento (situación personal, preferencias, ubicación, puntuación crediticia).

Diseña soluciones considerando los datos de los clientes.

### ***3.5.2.5 Preguntas procesos - nivel táctico y operativo***

¿Cuál es la tecnología utiliza en su organización?

Las máquinas y sistemas se pueden controlar a través de tecnologías.

Comunicación entre máquinas / sistemas - M2M.

Capacidad de integrarse y colaborar con otras máquinas / sistemas - interoperabilidad.

Su empresa realiza: (producción de bienes o prestación de servicio)

### ***3.5.2.6 Preguntas para organización es dedicada a la producción de bienes o productos***

Tiene una visión en tiempo real de su producción.

Su producción es lo suficientemente flexible para reaccionar a cambios en la demanda.

Registra datos de máquinas o equipos.

Registra datos de sus procesos de producción.

Aprovecha los datos para tomar decisiones en el proceso de producción.

Integración de tecnologías digitales en el proceso de producción.

Usa herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la producción.

Digitalización de la gestión de inventarios y recursos.

### ***3.5.2.7 Preguntas para organizaciones dedicada a la prestación de servicios***

Nivel de integración de tecnologías digitales en la prestación de nuestros servicios.

Uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la prestación de servicios.

Registran datos o información del proceso de prestación de servicios.

Aprovecha los datos y análisis digitales para tomar decisiones en la prestación de servicios.

Nivel de adopción de tecnologías de automatización en la entrega de servicios.

Digitalización de la gestión de datos y registros en nuestra empresa de servicios.

### ***3.5.2.8 Preguntas sobre infraestructura y seguridad***

Sistemas para comunicarse con otras áreas de la organización, utiliza sistemas de información:

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

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

nivel de cumplimiento de estos criterios en su organización

### **3.5.2.9 Preguntas estrategia y experiencia en industria 4.0**

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

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

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

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

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

¿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?

## **3.6 Recolección de datos**

Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de documentos de investigación utilizando la base de datos Scopus, de la cual se recopilaron 326 artículos publicados entre 2015 y 2024 por diversos autores. En este proceso, se consideraron distintos tipos de documentos, como artículos científicos, revisiones y ponencias de conferencias. Además, se analizaron factores como el año de publicación, los autores, el número de citas, y se elaboró un resumen claro de cada artículo. También se evaluaron las metodologías empleadas en las investigaciones, el tipo de tecnología utilizada, y los resultados obtenidos. Esta revisión constituyó una parte fundamental del análisis bibliográfico del proyecto.

Como parte del estudio, se realizó una encuesta para evaluar el nivel de madurez tecnológica en la gestión de proyectos, en la cual se recopilieron aproximadamente 185 respuestas, de las cuales 43 provienen específicamente del sector de la construcción y a fines. Estas encuestas fueron gestionadas y estructuradas mediante una matriz diseñada en una plataforma digital o en el software Excel, lo que permitió organizar y sistematizar los datos de manera eficiente. Este enfoque facilitó la recopilación precisa de la información requerida, proporcionando una base sólida para llevar a cabo un análisis detallado de los resultados obtenidos. La información recopilada será fundamental para identificar tendencias, niveles de adopción tecnológica y áreas de mejora en la gestión de proyectos, con un enfoque particular en el sector de la construcción.

### 3.7 Codificación de datos

Para el análisis de los datos obtenidos en la encuesta sobre el nivel de madurez tecnológica en la gestión de proyectos, he optado por utilizar la plataforma JASP debido a su accesibilidad y capacidad para gestionar grandes volúmenes de información de manera eficiente. Esta herramienta permite codificar los datos de manera estructurada, facilitando su posterior análisis estadístico.

La codificación de los datos se realizará a través de los siguientes pasos:

**Importación de datos:** Los resultados de la encuesta, organizados previamente en una matriz en Excel, serán importados a JASP. Las variables categóricas, tales como el sector de la construcción o el nivel de adopción tecnológica, serán claramente etiquetadas para facilitar su interpretación.

**Transformación y codificación:** Se asignarán códigos numéricos a las respuestas de la encuesta. Por ejemplo, las opciones textuales como "Bajo", "Medio" y "Alto" en la adopción tecnológica serán codificadas como 1, 2 y 3 respectivamente. De este modo, las respuestas cualitativas podrán ser tratadas como datos cuantitativos para un análisis más detallado.

**Validación de la estructura de los datos:** Una vez codificados los datos, JASP permitirá validar la estructura de las variables y corregir cualquier inconsistencia. Se comprobará que todas las respuestas estén correctamente codificadas para evitar errores en el análisis.

Este enfoque no solo facilitará el proceso de análisis estadístico, sino que también proporcionará una base sólida para identificar las tendencias en la adopción de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos, con un énfasis especial en el sector de la construcción.

### **3.8 Consideraciones éticas**

En el marco de esta investigación centrada en la integración de inteligencia artificial y Big Data en la gestión de proyectos de construcción, es esencial considerar una serie de principios éticos para asegurar un desarrollo responsable e íntegro.

En esta investigación, se respetarán los principios éticos, priorizando la protección de la privacidad de los participantes. Se garantizará la confidencialidad de la información recolectada y se mantendrá el anonimato de los participantes en la presentación de los resultados, en especial en las encuestas aplicadas a las empresas constructoras en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar.

Se asegurará que todos los participantes brinden su consentimiento informado de manera clara y explícita. La investigación garantizará la transparencia y honestidad, informando detalladamente a los participantes sobre el propósito del estudio, así como la forma en que se manejarán los datos suministrados.

Los datos recopilados se emplearán exclusivamente para los fines establecidos en esta investigación, que se enfoca en la adopción de inteligencia artificial y Big Data para mejorar la gestión de proyectos de construcción. La información no será compartida con terceros sin el consentimiento explícito de los participantes que la proporcionaron.

Además, en el **Anexo 2**

Declaración inicial e información sobre Encuesta de nivel de madurez tecnológico se presenta el instrumento utilizado para informar al encuestado, destacando que el propósito de la encuesta es estrictamente académico y de investigación. El instrumento tiene como objetivo evaluar el uso, conocimiento e interés en la adopción de tecnologías emergentes. También incluye una sección en la que el encuestado puede aceptar o rechazar su participación en la encuesta, asegurando su consentimiento informado para continuar con el estudio.

## **4 HIPOTESIS**

La implementación de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Big Data, en la gestión de proyectos de construcción mejorará significativamente la gestión de costos y el control del tiempo. Específicamente, se espera que la adopción de estas tecnologías permita optimizar el uso de recursos financieros y materiales, reduciendo costos, y a su vez, mejore la planificación y ejecución de los proyectos, minimizando retrasos y aumentando la eficiencia en los plazos de entrega.

### **4.1 Las variables**

#### **4.1.1 Variable(s) independiente(s)**

La variable independiente en este estudio es la implementación de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos de construcción, específicamente la inteligencia artificial (IA) y el Big Data. Estas tecnologías representan la innovación aplicada al sector para optimizar diversos procesos.

#### **4.1.2 Variable(s) dependiente(s)**

Las variables dependientes están directamente influenciadas por la implementación de tecnologías emergentes. La hipótesis propone que la adopción de la inteligencia artificial y el Big Data en el sector de la construcción tendrá un impacto positivo en los siguientes aspectos clave:

- **Gestión de costos:** Se refiere a la capacidad de controlar y reducir los costos asociados a los proyectos de construcción mediante el uso de IA y Big Data, que permiten realizar análisis predictivos y optimizar los recursos.
- **Gestión del tiempo:** Involucra la mejora en la planificación y ejecución de proyectos, minimizando retrasos y aumentando la eficiencia en los plazos de entrega, gracias a las tecnologías emergentes que facilitan la anticipación de problemas y la optimización de procesos.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Presentación de resultados

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de 43 empresas del sector de la construcción y áreas afines, con el objetivo de obtener información relevante y representativa. Este análisis busca determinar el estado actual de la incorporación de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos en, así como el interés de las empresas en la adopción de dichas tecnologías dentro del sector.

**Tabla 1**  
MODELO DE NEGOCIO Y PRODUCTO - Nivel estratégico

I. MODELOS DE NEGOCIO						
Preguntas	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En implementación	En acción	Grafico
P1. Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.	30%	28%	23%	5%	14%	
P2. Cuenta con indicadores para medir nivel de transformación digital.	56%	19%	12%	7%	7%	
P3. Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.	14%	47%	16%	9%	14%	
P4. Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).	49%	19%	19%	7%	7%	
P5. Reconoce importancia que tiene el uso y análisis de información.	7%	33%	26%	7%	28%	
P6. Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.	7%	21%	26%	12%	35%	
P7. Cuenta con claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica.	23%	16%	26%	19%	16%	
P8. Reconoce los conceptos de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, Big-Data y Data Science).	21%	23%	30%	14%	12%	

**Fuente:** Elaboración propia (2024). Basada en preguntas Encuesta nivel de madurez tecnológica (apropiación) en la gestión de proyectos

El análisis de las respuestas sobre el "Modelo de Negocio y Producto - Nivel Estratégico" revela que las empresas del sector de la construcción y áreas afines están en su mayoría en fases iniciales de transformación digital. Un 30% de las empresas no cuenta con una estrategia digital clara definida por la alta dirección, mientras que solo un 14% ya ha implementado dicha estrategia de forma activa. Esto muestra que, aunque existe un reconocimiento de la necesidad de transformación, la implementación concreta aún es limitada.

Asimismo, el 56% de las empresas no utiliza indicadores para medir su nivel de avance en la adopción de tecnologías digitales, lo que sugiere una falta de mecanismos para evaluar y mejorar este proceso. Solo un pequeño porcentaje, el 7%, ha desarrollado métricas claras, lo que pone en evidencia la falta de seguimiento y control de la transformación digital.

En cuanto a la capacitación en habilidades digitales, el 47% de las empresas ha expresado interés en formar a su personal, pero solo un 9% ha implementado programas específicos de formación, lo que refleja que las empresas reconocen la importancia de contar con personal capacitado, aunque la acción en esta área es lenta.

Por otro lado, la incorporación de tecnologías emergentes en los productos es baja, ya que el 49% de las empresas no ha integrado herramientas como inteligencia artificial, big data o ciencia de datos en sus productos. Esta falta de adopción limita la capacidad de las empresas para innovar y mejorar su competitividad en el mercado.

Aunque el 33% de las empresas reconoce la importancia del uso de datos para la toma de decisiones estratégicas, muy pocas han avanzado en su implementación práctica. A pesar de que un 35% ya identifica la innovación tecnológica como un factor clave para su desarrollo, la integración efectiva de estas tecnologías sigue siendo incipiente.

**Tabla 2**  
Clientes y Proveedores

II. CLIENTES Y PROVEEDORES					
Preguntas	No se realiza	En algunos casos	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente	Grafico
P9. Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.	14%	<b>56%</b>	21%	9%	
P10. Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.	14%	<b>60%</b>	16%	9%	
P11. Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.	14%	35%	<b>37%</b>	14%	
P12. Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.	7%	<b>40%</b>	30%	23%	
P13. Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus proveedores.	12%	<b>44%</b>	30%	14%	
P14. Cuenta con la planificación y dirección de la cadena de suministros desde los clientes hasta los proveedores.	12%	<b>35%</b>	33%	21%	

**Fuente:** Elaboración propia (2024). Basada en preguntas Encuesta nivel de madurez tecnológica (apropiación) en la gestión de proyectos




las tecnologías digitales en la gestión de las relaciones empresariales. En cuanto a la implementación de sistemas de información para la gestión de proveedores, el 56% de las empresas utiliza herramientas de software en algunos casos, pero solo un 9% lo hace de manera permanente, lo que indica un uso moderado, sin una integración plena. De manera similar, en la gestión de clientes, el 60% de las empresas emplea software ocasionalmente, y solo un 9% de forma continua. Esto refleja que, aunque hay avances, la adopción sostenida de estas tecnologías sigue siendo baja.

En el análisis de información de los clientes para mejorar productos o servicios, el 37% de las empresas lo realiza en la mayoría de los casos, y un 14% lo hace de manera constante, lo que evidencia que existe mayor enfoque en este aspecto, pero aún no es un proceso totalmente consolidado. Respecto a la integración de múltiples canales de comunicación con los clientes, el 40% lo hace de manera parcial y un 23% de forma permanente, lo que sugiere una tendencia positiva hacia la multicanalidad, que puede mejorar las relaciones y la satisfacción del cliente.

En cuanto a los proveedores, el 44% de las empresas integra varios canales de comunicación en algunos casos, pero solo el 14% lo hace de forma continua, lo que indica que la comunicación multicanal con los proveedores es menos frecuente que con los clientes, aunque es una práctica significativa. Finalmente, en la planificación y dirección de la cadena de suministro, un 35% la gestiona en algunos casos y un 21% lo hace de manera permanente, lo que refleja una integración aceptable, pero no completa.

Las empresas han comenzado a adoptar tecnologías digitales y mejores prácticas para la gestión de las relaciones con clientes y proveedores, la mayoría lo hace de forma parcial o en situaciones específicas. La adopción continua y permanente de estas tecnologías sigue siendo limitada, lo que presenta una oportunidad para mejorar la eficiencia operativa y competitividad mediante una mayor digitalización de estos procesos clave.

**Tabla 3**  
PROCESOS - Nivel táctico y operativo





III. PROCESOS - Nivel táctico y operativo				
Preguntas	Nulo	Parcialmente	Implementado	Grafico
P15. Las máquinas y sistemas se pueden controlar a través de tecnologías.	37%	<b>49%</b>	14%	
P16. Comunicación entre maquinas / sistemas - M2M	<b>67%</b>	26%	7%	
P17. Capacidad de integrarse y colaborar con otras maquinas / sistemas - INTEROPERABILIDAD	<b>60%</b>	30%	9%	

**Fuente:** Elaboración propia (2024). Basada en preguntas Encuesta nivel de madurez tecnológica (apropiación) en la gestión de proyectos

El análisis de la tabla sobre Procesos - Nivel Táctico y Operativo revela un bajo nivel de apropiación de tecnologías en las empresas evaluadas. En cuanto al control de máquinas y sistemas a través de tecnologías, el 37% de las empresas no ha adoptado estas tecnologías, mientras que el 49% lo ha hecho parcialmente y solo el 14% las ha implementado por completo. La comunicación entre máquinas y sistemas (M2M) presenta un desafío aún mayor, con un 67% que no la utiliza, y solo un 7% que la ha implementado. En términos de interoperabilidad, el 60% de las empresas no tiene capacidad para integrar y colaborar con otras máquinas o sistemas, mientras que el 30% lo hace de forma parcial y un 9% ha logrado implementarlo por completo.

Los resultados muestran que la mayoría de las empresas se encuentran en fases iniciales o intermedias de adopción de tecnologías en sus procesos operativos, con un margen considerable para avanzar en la implementación de tecnologías habilitadoras como la interoperabilidad y la comunicación M2M.

**Tabla 4**  
Infraestructura y Seguridad

IV. INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD						
Preguntas	Totalmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en	Parcialmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Gráfico
P18. La información de su organización se encuentra segura en el contexto de la transformación digital.	5%	26%	35%	26%	9%	
P19. Realiza evaluaciones y auditorías de seguridad de la información en su organización como parte de la estrategia de transformación	21%	19%	30%	19%	12%	
P20. Promueve la conciencia y la capacitación en seguridad de la información entre los empleados de acuerdo a la transformación digital.	14%	12%	30%	30%	14%	
P21. Las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la información en su organización son efectivas	19%	21%	33%	19%	9%	

**Fuente:** Elaboración propia (2024). Basada en preguntas Encuesta nivel de madurez tecnológica (apropiación) en la gestión de proyectos

El análisis de la encuesta sobre Infraestructura y Seguridad se observa que las empresas evaluadas presentan un nivel mixto de apropiación de tecnologías relacionadas con la seguridad de la información en el contexto de la transformación digital. En cuanto a la seguridad de la información, el 35% de las empresas no tiene una postura definida, mientras que solo el 9% está totalmente de acuerdo en que la información está segura, lo que sugiere incertidumbre en la protección de los datos.

Respecto a las evaluaciones y auditorías de seguridad, el 21% de las empresas no las realiza, y solo el 12% lo hace completamente, lo que evidencia una falta de procesos robustos para asegurar la información. En cuanto a la capacitación y conciencia sobre seguridad, el 30% de las empresas se encuentra parcialmente de acuerdo con su promoción, pero solo un 14% la impulsa de manera plena.

En cuanto a la efectividad de las medidas de respuesta ante incidentes, el 33% no tiene una posición clara, y solo el 9% confía plenamente en sus medidas, lo que muestra que la mayoría de las empresas aún no han desarrollado sistemas efectivos de respuesta ante posibles vulnerabilidades.

Las empresas muestran avances limitados en la gestión de la seguridad de la información dentro del proceso de transformación digital, con áreas significativas para mejorar, especialmente en la implementación de auditorías y capacitación.

**Tabla 5**  
Estrategia Y Experiencia En Industria 4.0

V. PROCESOS - Nivel táctico y operativo					
Preguntas	No registra información de los	Todos los procesos se registran en	Algunos procesos se registran en	Todos los procesos están	Gráfico
P22. ¿Cómo realiza la organización el registro de la información generada por los procesos (producción, comercial, calidad,	14%	7%	56%	23%	

V. PROCESOS - Nivel táctico y operativo					
Preguntas	No dispone de roles especializado	Se dispone de un rol especializado.	Se dispone de varios roles especializado	Se dispone de una gran especializació	Gráfico
P23. ¿Dispone de alguna persona en la organización responsable de la transformación digital?	51%	40%	9%	0%	

V. PROCESOS - Nivel táctico y operativo						
Preguntas Niveles de importancia de Tecnología como Solucionador	Sin importancia	Importancia baja	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta	Gráfico
P24. Inteligencia artificial.	14%	28%	26%	23%	9%	
P25. Fabricación aditiva.	30%	23%	33%	14%	0%	
P26. Internet de las cosas.	12%	23%	26%	28%	12%	
P27. Big data y análisis de datos.	14%	19%	28%	23%	16%	
P28. Realidad virtual y aumentada.	26%	33%	19%	19%	5%	
P29. Plataformas y comunicaciones.	9%	14%	33%	35%	9%	
P30. Tecnologías en la nube (Cloud).	7%	19%	21%	30%	23%	
P31. Ciberseguridad.	14%	23%	19%	26%	19%	
P32. Marketing digital.	14%	23%	28%	14%	21%	
P33. Formación y personas.	12%	14%	23%	28%	23%	
P34. Robótica y automatización.	30%	19%	19%	23%	9%	

**Fuente:** Elaboración propia (2024). Basada en preguntas Encuesta nivel de madurez tecnológica (apropiación) en la gestión de proyectos

El análisis de las tablas relacionadas con Estrategia y Experiencia en Industria 4.0 revela diversos niveles de avance en la adopción de tecnologías habilitadoras. En cuanto al registro de la información de los procesos, el 56% de las empresas combina procesos en papel con procesos

digitalizados, mientras que solo el 23% ha logrado digitalizar completamente sus operaciones, lo que indica que la mayoría de las empresas aún está en transición hacia la digitalización total.

En términos de roles especializados en transformación digital, el 51% de las organizaciones no cuenta con personal dedicado a esta tarea, y solo el 9% dispone de varios roles especializados, lo que sugiere una baja especialización en el manejo de tecnologías clave para la Industria 4.0.

Respecto a la percepción de la importancia de las tecnologías, la inteligencia artificial es vista como altamente importante por un 23%, mientras que el 9% la considera muy importante. En cuanto a la fabricación aditiva, es menos valorada, con un 30% que no le da importancia. El Internet de las Cosas (IoT) se percibe con mayor relevancia, con un 28% que lo considera de alta importancia, similar al Big Data, que es considerado importante o muy importante por un 39%.

Otras tecnologías como realidad virtual y aumentada son percibidas con menor importancia, con un 33% que le otorga baja importancia. Por otro lado, tecnologías como plataformas de comunicación y tecnologías en la nube son vistas como de alta relevancia, con un 35% y 30%, respectivamente, que las consideran de alta importancia. La ciberseguridad es considerada crucial por un 26%, y el marketing digital también obtiene una valoración considerable.

Los datos revelan que las empresas están avanzando en la digitalización y adopción de tecnologías de la Industria 4.0, pero persisten brechas significativas en la especialización de roles y la percepción de la importancia de algunas tecnologías clave, como la fabricación aditiva y la realidad virtual. La digitalización de procesos y la adopción de tecnologías en la nube y

plataformas de comunicación parecen ser áreas de mayor interés y adopción en comparación con otras.

## **5.2 Propuesta al sector**

A la luz de los hallazgos obtenidos en la investigación y considerando los antecedentes de estudios sobre el impacto de las tecnologías emergentes en la gestión de proyectos, se proponen las siguientes estrategias para mejorar la adopción y aprovechamiento de estas herramientas en el sector de la construcción:

### **5.2.1 Desarrollo de una Estrategia Digital Integral**

Las empresas del sector deben definir una estrategia digital alineada con sus objetivos de negocio. Esta estrategia debe considerar la integración de tecnologías emergentes como Big Data, inteligencia artificial y herramientas de automatización para mejorar la planificación y control de proyectos. Estudios como los de Bilal et al. (2016) muestran que el uso del Big Data permite una mejor gestión del tiempo y los costos, lo cual es clave para la rentabilidad de los proyectos. Herramientas como Tableau para visualización de datos y Microsoft Power BI para análisis de datos pueden facilitar esta integración, permitiendo a las empresas tomar decisiones informadas basadas en datos.

### **5.2.2 Implementación de Métricas de Seguimiento**

El uso de indicadores para medir el avance en la adopción de tecnologías es esencial para identificar áreas de oportunidad. Las empresas deben desarrollar sistemas de control que les permitan evaluar el impacto de las nuevas tecnologías en la reducción de tiempos y costos en

proyectos de construcción. Según Yaseen et al. (2020), la implementación de métricas adecuadas puede servir como un catalizador para la mejora continua. Herramientas como Trello o Asana pueden ser utilizadas para establecer y rastrear indicadores de rendimiento, facilitando la gestión de proyectos y la colaboración entre equipos.

### **5.2.3 Capacitación en Habilidades Digitales**

La falta de personal capacitado es un obstáculo significativo para la transformación digital en el sector de la construcción. Se recomienda la creación de programas de formación en tecnologías como la inteligencia artificial, el análisis de datos y la interoperabilidad de sistemas. Esto se alinea con el enfoque propuesto por You y Wu (2019). Plataformas como Coursera o edX pueden ofrecer cursos específicos en estas áreas, ayudando a las empresas a desarrollar las competencias necesarias para implementar tecnologías emergentes en sus operaciones.

### **5.2.4 Optimización de la Gestión de Costos mediante Big Data y Modelado de Información de Construcción (BIM)**

Para mejorar la precisión en la estimación y control de costos en proyectos de construcción, se recomienda la integración de Big Data y BIM (Building Information Modeling). La combinación de estas tecnologías permite una visión más detallada y precisa de los costos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Según el estudio de Huang (2021), la aplicación de BIM y Big Data proporciona análisis en tiempo real sobre el uso de materiales y recursos, permitiendo detectar desviaciones presupuestarias de manera temprana y ajustar las proyecciones de costos en consecuencia.

Herramientas como Autodesk BIM 360 o Synchro pueden ser utilizadas para integrar la planificación en 3D con los costos y cronogramas de los proyectos, proporcionando simulaciones detalladas que ayudan a prever posibles sobrecostos y optimizar el uso de recursos. Esta integración tecnológica mejora la precisión en la gestión de costos, reduciendo los gastos imprevistos y maximizando la rentabilidad del proyecto.

### **5.3 Discusión**

Los resultados de esta investigación permiten identificar una realidad que, aunque alineada en parte con las expectativas teóricas sobre el uso de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos de construcción, también revela importantes desafíos y brechas en su adopción práctica. Al contrastar estos hallazgos con los antecedentes revisados, queda claro que la integración de herramientas como la inteligencia artificial (IA) y el Big Data está lejos de ser generalizada en las empresas de los departamentos de Norte de Santander, Santander y Cesar.

Diversos estudios, como los de Chen et al. (2015) y Bilal et al. (2016), destacan el potencial transformador de tecnologías como el Big Data y el modelado de información de construcción (BIM) en la gestión de proyectos, señalando beneficios clave en la optimización de recursos, la reducción de costos y la mejora en la toma de decisiones. Sin embargo, los resultados de esta investigación revelan que, en la práctica, la adopción de estas tecnologías sigue siendo limitada en muchas empresas del sector construcción. Si bien existe un reconocimiento generalizado de la importancia de estas herramientas, su implementación efectiva se encuentra en fases iniciales, o bien es intermitente, lo cual limita el impacto esperado en la eficiencia y rentabilidad de los proyectos.

El uso de la inteligencia artificial para la planificación y gestión de proyectos, como lo sugieren autores como Wauters y Vanhoucke (2016), podría mejorar significativamente la precisión en la estimación de tiempos y costos. No obstante, los resultados muestran que pocas empresas han comenzado a explorar estas capacidades, lo que refleja un bajo nivel de madurez tecnológica en el sector. Esto sugiere que aún no se ha consolidado una cultura tecnológica lo suficientemente robusta como para integrar IA en los procesos cotidianos de gestión, lo cual representa una oportunidad desaprovechada en términos de competitividad.

Asimismo, los estudios revisados indican que el Big Data puede proporcionar una ventaja estratégica en la toma de decisiones informadas, permitiendo ajustar los proyectos en tiempo real según las condiciones del mercado y los recursos disponibles (Bilal et al., 2019). Sin embargo, los datos de esta investigación evidencian que la mayoría de las empresas aún no ha implementado soluciones de Big Data de manera sistemática. En muchos casos, los proyectos continúan gestionándose con metodologías tradicionales, lo que puede explicar la persistencia de problemas como los retrasos y los sobrecostos.

Si bien los antecedentes sugieren un amplio potencial para mejorar la gestión de proyectos con tecnologías emergentes, los resultados obtenidos en esta investigación indican que la realidad del sector construcción en los departamentos evaluados no refleja plenamente estas tendencias. Las empresas enfrentan barreras significativas, como la falta de capacitación adecuada, la inversión insuficiente en tecnologías, y la resistencia al cambio, que ralentizan la adopción efectiva de IA y Big Data en la gestión de proyectos. Esto subraya la necesidad de formular estrategias más concretas para fomentar la transformación digital en el sector, con un

enfoque en la capacitación, la infraestructura tecnológica, y el acompañamiento para la transición hacia modelos de gestión basados en datos.

## 6 CONCLUSIÓN

En primer lugar, se ha diagnosticado el estado actual de la implementación de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos mediante una revisión exhaustiva de la literatura. Este análisis ha revelado que, aunque existe un reconocimiento generalizado de la importancia de la transformación digital, la mayoría de las empresas todavía se encuentran en etapas iniciales de adopción. La carencia de estrategias digitales claras y la limitada integración de herramientas como la inteligencia artificial y Big Data restringen significativamente el potencial innovador del sector.

Por otro lado, se ha establecido el estado de la incorporación de tecnologías emergentes y el interés por su apropiación en la gestión de proyectos. Los hallazgos indican que, aunque la conciencia sobre la necesidad de adoptar estas tecnologías está en aumento, la implementación efectiva sigue siendo un desafío. La capacitación del personal y la creación de una cultura organizacional que fomente la digitalización son aspectos críticos que requieren atención para avanzar hacia una transformación efectiva.

Finalmente, se han desarrollado estrategias y recomendaciones concretas para la implementación de inteligencia artificial y Big Data, enfocadas en la optimización de la gestión de costos y tiempos. Estas estrategias buscan no solo mejorar la eficiencia operativa de las empresas, sino también posicionar a la región como un referente de innovación en el sector de la construcción. La integración de estas tecnologías emergentes es esencial para enfrentar los desafíos actuales, permitiendo a las empresas mejorar su competitividad y adaptarse a las exigencias del mercado.

### Referencias

Al-Humaidi, H., & Hadid, M. (2017). Causes of delay in construction projects in the Gulf Cooperation Council countries. *International Journal of Project Management*, 35(5), 372-385.

Alkass, S., Mazerolle, M., Tribelsky, E., & Moshref, A. (2020). Big Data and AI in Construction Project Management. *Journal of Construction Management*, 28(3), 45-61.

Alkass, S., Moulton, J., & Abdelhamid, T. (2020). Challenges in construction project management: A focus on cost overruns and schedule delays. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(6), 1-11.

Azhar, N., Farooqui, R. U., & Ahmed, S. M. (2017). Cost overrun factors in the construction industry of Pakistan. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(12), 05017010.

Banco Mundial. (2021). Informe sobre la infraestructura en Colombia: Retos y oportunidades.

Bilal, M., Oyedele, L. O., Kusimo, H. O., Owolabi, H. A., Akanbi, L. A., Ajayi, A. O., Akinade, O. O., & Davila Delgado, J. M. (2019). Investigating profitability performance of construction projects using big data: A project analytics approach. *Journal of Building Engineering*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100850>

Bilal, M., Oyedele, L. O., Qadir, J., Munir, K., Ajayi, S. O., Akinade, O. O., ... & Pasha, M. (2016). Big data in the construction industry: A review of present status, opportunities, and future trends. *Advanced Engineering Informatics*, 30(3), 500-521. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.01.017>

Buchanan, B. G. (2019). Artificial intelligence in project management. *Journal of Management Science*, 56(8), 2153-2167.

Bryde, D. J., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971-980. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>

CAMACOL. (2024). Afiliados y servicios. Cámara Colombiana de la Construcción. Recuperado de <https://camacol.co>

CAMACOL Santander. (2024). Afiliación y beneficios. Cámara Colombiana de la Construcción, Regional Santander. Recuperado de <https://camacolsantander.org.co>

Castro, R., & Méndez, P. (2021). Integrating Artificial Intelligence in Construction Project Management: Opportunities and Challenges. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(10), 04021084. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002094](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002094)

Chen, K., Lu, W., Peng, Y., Rowlinson, S., & Huang, G. Q. (2015). Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework. *International Journal of Project Management*, 33(6), 1405-1416. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.03.006>

Congreso de Colombia. (1997). Ley 400 de 1997 - Por la cual se adopta la norma sismo resistente. *Diario Oficial No. 43.091*. <https://www.funcionpublica.gov.co>

Congreso de Colombia. (2009). Ley 1285 de 2009 - Por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, sobre fomento de la investigación y el desarrollo científico y tecnológico. *Diario Oficial No. 47.243*. <https://www.funcionpublica.gov.co>

Congreso de Colombia. (2012). Ley 1581 de 2012 - Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. *Diario Oficial No. 48.587*. <https://www.sic.gov.co>

Congreso de Colombia. (2016). Ley 1819 de 2016 - Reforma tributaria estructural. *Diario Oficial No. 50.101*. <https://www.dian.gov.co>

Congreso de Colombia. (2019). Ley 1955 de 2019 - Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. *Diario Oficial No. 51.009*. <https://www.dnp.gov.co>

Datta, S. D., Islam, M., Sobuz, M. H. R., Ahmed, S., & Kar, M. (2024). Artificial intelligence and machine learning applications in the project lifecycle of the construction industry: A comprehensive review. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26888>

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* (3<sup>a</sup> ed.). John Wiley & Sons.

Flyvbjerg, B., Holm, M. K., & Buhl, S. (2018). Cost underestimation in large-scale projects: Causes, consequences, and cures. *Journal of the American Planning Association*, 68(3), 279-295.

Gido, J., & Clements, J. P. (2015). *Successful project management* (6<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning.

Huang, X. (2021). Application of BIM big data in construction engineering cost. *Journal of Physics: Conference Series*, 1865(3), 032016. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1865/3/032016>

ICONTEC. (2017). *NTC 6001: Gestión de proyectos de construcción*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. <https://www.icontec.org.co>

International Organization for Standardization. (2014). *ISO 55000: Asset management – Overview, principles and terminology*. <https://www.iso.org>

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling*. <https://www.iso.org>

Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12<sup>a</sup> ed.). John Wiley & Sons.

Li, H., Yang, X., Wang, F., Rose, T., Chan, G., & Dong, S. (2016). Stochastic state sequence model to predict construction site safety states through Real-Time Location Systems. *Safety Science*, 84, 78-87. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.11.025>

Love, P. E. D., Edwards, D. J., & Han, S. (2019). Predictive Analytics in Construction Projects: Cost and Schedule Performance. *Automation in Construction*, 107, 102909.

Love, P. E., Edwards, D. J., & Irani, Z. (2019). Forensic project management: An exploratory examination of the causal behaviors leading to cost overrun in construction projects. *Journal of Business Research*, 95, 479-490.

Lung, L.-W., & Wang, Y.-R. (2023). Applying deep learning and single shot detection in construction site image recognition. *Buildings*, 13(4), 1074.  
<https://doi.org/10.3390/buildings13041074>

McKinsey & Company. (2017). Reinventing construction: A route to higher productivity. McKinsey Global Institute.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Código Colombiano de Construcción Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co>

Ministerio de Trabajo. (2012). Resolución 1409 de 2012 - Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo para la Construcción. <https://www.mintrabajo.gov.co>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Decreto 1077 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector de Vivienda, Ciudad y Territorio.  
<https://www.minvivienda.gov.co>

Oberlender, G. D. (2014). Project management for engineering and construction (3<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education.

Olawale, Y. A., & Sun, M. (2018). Cost and time control of construction projects: Inhibiting factors and mitigating measures in practice. *Construction Management and Economics*, 28(5), 509-526.

Robles-Joya, S., & Melendez, S. (2021). Impact of Big Data on construction project management. *Journal of Construction Management*, 31(1), 1-12.

Rodin, R. J., & Klee, M. R. (2021). Integration of BIM and Big Data in construction project management: A framework. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(6), 04021080. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002025](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002025)

SAP. (2021). Building the intelligent enterprise: How AI, machine learning, and big data are shaping the future of construction. Recuperado de <https://www.sap.com>

Sitt, C., & Wazir, A. (2020). Predicting project performance using data analytics: The case of construction. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(1), 35-54.

Tatum, C. B., & Thomas, H. R. (2018). The role of data analytics in improving construction project performance. *International Journal of Project Management*, 36(8), 1090-1100.

Toor, S.-U.-R., & Ogunlana, S. O. (2008). Beyond the “Iron Triangle”: Stakeholders' perceptions of key performance indicators for large construction projects. *International Journal of Project Management*, 26(4), 113-128. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.07.007>

Wang, J., Shen, Q., & Yu, A. (2014). Smart construction management system using mobile technology. *Automation in Construction*, 45, 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.016>

Wang, Y., Yu, C., & Wang, Z. (2020). The impact of Artificial Intelligence on the construction industry: A systematic review and future directions. *Construction Innovation*, 20(1), 67-87.

Wibowo, A., & Kuntjoro, A. R. (2021). Evaluation of the effectiveness of project management practices in Indonesian construction industry. *International Journal of Project Management*, 39(1), 39-51.

Whelton, M., & Catania, S. (2023). A framework for integrating Artificial Intelligence and data analytics in construction project management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(3), 04022067. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002295](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002295)

Zhang, Y., & Wu, Y. (2020). Integrating machine learning and traditional project management practices in construction project performance: A review and future directions. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(2), 381-397.

Zhang, Y., Zhao, D., & Wu, W. (2021). Research on construction project management based on big data and AI. *International Journal of Project Management*, 39(6), 621-634.

**Anexos**

**Anexo 1**

**Encuesta de identificación de la tecnología emergente en la gestión de proyectos en el sector de la construcción en Colombia**

**Parte 1 de 5: MODELO DE NEGOCIO Y PRODUCTO - Nivel estratégico**

Mediante las siguientes preguntas se identificará el nivel de transformación digital de su modelo de negocio y la implementación de la misma en sus productos.

Nota: Al hablar de producto se hace referencia a tangibles o intangibles y al hablar de producción es el proceso de creación de cada uno de ellos.

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"/>

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"/>

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"/>

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

	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.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realiza evaluaciones y auditorías de seguridad de la información en su organización como parte de la estrategia de transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Promueve la conciencia y la capacitación en seguridad de la información entre los empleados de acuerdo a la transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la información en su organización son efectivas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

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.

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?

	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"/>

## Anexo 2

### Declaración inicial e información sobre Encuesta de nivel de madurez tecnológico

#### 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, flexibilidad y personalización.

Gracias por su interés de participación.

\* 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