Direccionamiento de Proyectos de Construcción mediante Inteligencia Artificial y Big Data para Mejorar la Eficacia y la Toma de Decisiones

Erika Daniela Perdomo Moreno

Ricardo Andrés Cuello Orozco

Carlos Enrique Jaramillo García

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Marzo de 2026

Direccionamiento de Proyectos de Construcción mediante Inteligencia Artificial y Big Data para Mejorar la Eficacia y la Toma de Decisiones

Erika Daniela Perdomo Moreno

Ricardo Andrés Cuello Orozco

Carlos Enrique Jaramillo García

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

Profesor

Sergio Andrés Zabala Vargas

Doctor en Tecnología Educativa

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Marzo de 2026

Contenido

Lista de tablas 10

Lista de figuras 12

Lista de anexos 15

RESUMEN 16

ABSTRACT 18

INTRODUCCIÓN 20

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 23

1.1 Descripción del problema 23

1.2 La pregunta de investigación 25

1.3 Objetivos de investigación 26

1.3.1 Objetivo general 26

1.3.2 Objetivos específicos 26

1.4 Justificación de la investigación 26

2 MARCO DE REFERENCIA 29

2.1 Marco de antecedentes 29

2.1.1 Oesterreich & Teuteberg (2016) 29

2.1.2 Bilal et al. (2016) 30

2.1.3 Famakin & Abisuga (2016) 30

2.1.4 Aga, Noorderhaven[ED4.1] & Vallejo (2016) 31

2.1.5 Rodríguez & Ramírez (2019) 31

2.1.6 Allal-Chérif, Simón-Moya & Ballester (2021) 31

2.1.7 Koc, Ekmekcioğlu & Gurgun (2022) 32

2.1.8 Darko et al. (2023) 32

2.1.9 Barcaui & Monat (2023) 33

2.1.10 Rehan, Thorpe & Heravi (2024) 33

2.1.11 Datta et al. (2024) 33

2.2 Marco Teórico 34

2.2.1 Dirección de Proyectos en el Sector Construcción 34

2.2.2 Función Directiva en Entornos Digitales 34

2.2.3 Liderazgo y Compromiso Organizacional 35

2.2.4 Motivación y Productividad en Entornos Digitalizados 35

2.2.5 Productividad en el Sector Construcción 36

2.2.6 Inteligencia Artificial y Big Data en la Gestión de Proyectos 36

2.3 Marco Normativo 37

2.3.1 Constitución Política de Colombia 37

2.3.2 Normatividad en Contratación Pública 37

2.3.3 Gestión Pública y Dirección de Proyectos 38

2.3.4 Legislación Laboral y Seguridad en el Trabajo 39

2.3.5 Marco Internacional 39

3 METODOLOGÍA 40

3.1 Enfoque y alcance de la investigación 40

3.1.1 Alcance de la investigación 42

3.1.1.1 Alcance temporal 42

3.1.1.2 Alcance espacial 42

3.1.1.3 Alcance temático 42

3.1.1.4 Relevancia 43

3.2 Población y muestra 43

3.2.1 Definición de la población 43

3.2.2 Cálculo y selección de la muestra 43

3.2.2.1 Delimitación geográfica de la muestra 43

3.2.2.2 Tipo y tamaño de la muestra 43

3.2.2.3 Distribución de los encuestados según perfil profesional 44

3.2.2.4 Criterios de inclusión 44

3.2.2.5 Criterios de exclusión 44

3.2.2.6 Revisión Documental 44

3.3 Instrumentos 45

3.4 Descripción de procedimientos 53

3.4.1 Diseño del instrumento 53

3.4.2 Validación del instrumento 54

3.4.3 Selección y contacto de los participantes 54

3.4.4 Aplicación del instrumento 55

3.4.5 Recolección y sistematización de la información 55

3.4.6 Revisión documental 55

3.4.6.1 Búsqueda y gestión de documentos 56

3.4.6.2 Proceso de revisión y análisis del contenido 57

3.4.6.3 Extracción y sistematización de información 57

3.5 Análisis de información 58

3.5.1 Dimensión: Madurez tecnológica y deficiencias en la gestión de proyectos 59

3.5.2 Dimensión: Conocimiento y uso de herramientas de Inteligencia Artificial 59

3.5.3 Dimensión: Potencial impacto de la IA en la dirección de proyectos 59

3.5.4 Dimensión: Obstáculos para la implementación de IA 60

3.5.5 Dimensión: Postura frente a la adopción de IA 60

3.5.6 Análisis de la revisión documental 60

3.5.6.1 Categorización temática 61

3.5.6.2 Análisis de contenido 61

3.5.6.3 Integración con el análisis cuantitativo 61

3.6 Análisis de consideraciones éticas 62

3.6.1 Consentimiento informado 62

3.6.2 Uso ético de la Inteligencia Artificial 64

3.6.3 Principios éticos aplicados 64

3.6.4 Aval académico 64

4 HIPÓTESIS 65

4.1 Hipótesis general 65

4.1.1 Hipótesis nula (H0) 65

4.1.2 Hipótesis específicas 65

4.2 Desarrollo y articulación de las variables del estudio 65

4.2.1 Variable independiente 1: Uso de tecnología en la dirección del proyecto 66

4.2.2 Articulación con hipótesis 66

4.2.3 Variable independiente 2: Conocimiento y percepción sobre herramientas de IA 66

4.2.4 Articulación con hipótesis 67

4.2.5 Variable independiente 3: Prácticas directivas 67

4.2.6 Articulación con hipótesis 68

4.2.7 Variable dependiente: Desempeño percibido del proyecto 68

4.2.8 Variable adicional: Compromiso organizacional 68

4.2.9 Definición operacional 69

4.2.10 Articulación con hipótesis 69

4.3 Variable adicional de análisis 69

5 RESULTADOS 70

5.1 Presentación de resultados 70

Liderazgo como determinante estructural del desempeño 108

Madurez digital y brecha tecnológica en construcción 109

Inteligencia Artificial como herramienta predictiva 109

Modelo híbrido humano–IA 109

Productividad y desempeño en infraestructura 110

5.2 Propuestas al sector 110

5.2.1 Implementación de sistemas de apoyo a la toma de decisiones basados en datos ... 111

5.2.2 Uso de IA para el seguimiento predictivo de cronogramas y costos 112

5.2.3 Gestión predictiva del riesgo en proyectos de construcción 113

5.2.4 Desarrollo de capacidades gerenciales para el uso de datos e inteligencia artificial 114

5.2.5 Gestión del cambio organizacional para la adopción de IA 114

5.2.6 Modelo de implementación progresiva para empresas constructoras pymes 115

5.2.7 Viabilidad de la propuesta 115

5.3 Discusión 116

6 Conclusiones 119

7 Referencias 121

8 Anexos 125

Lista de tablas

Tabla 1 *Cargo de los encuestados*.....70

Tabla 2 Años de experiencia en el sector de la construcción.....72

Tabla 3 *Tipo de proyectos en los que tiene mayor experiencia*.....73

Tabla 4 *Frecuencia reportada por JASP para el cargo que ocupan los encuestados y los años de experiencia.* 76

Tabla 5 Frecuencias para años de experiencia en el sector de la construcción.....77

Tabla 6 *Análisis del resultado "Retrasos en los cronogramas por falta de seguimiento en tiempo real"*.....78

Tabla 7 *Análisis del resultado "Desviaciones presupuestarias por estimaciones o control deficiente"* 80

Tabla 8 *Análisis del resultado "Sobrecostos por imprevistos no identificados a tiempo"* 82

Tabla 9 *Análisis del resultado "Deficiente gestión de riesgos (anticipación y respuesta)"* 84

Tabla 10 *Análisis del resultado "Toma de decisiones basada en datos incompletos o desactualizados"*.....85

Tabla 11 *Análisis del resultado "Dificultad para optimizar recursos (mano de obra, equipos, materiales)"* 87

Tabla 12 ***Análisis del resultado "¿Conoce o ha escuchado sobre herramientas de Inteligencia Artificial aplicadas a la gestión de proyectos de construcción?"***.....89

Tabla 13 *Análisis del resultado "¿En qué medida cree que las herramientas de IA podrían mitigar las deficiencias listadas anteriormente?"*.....91

Tabla 14 *Análisis del resultado "¿en qué medida considera que la implementación de IA podría ayudar a mitigar estas deficiencias específicas?"* 93

Tabla 15 *Análisis del resultado "Gestión predictiva de costos: Análisis de datos históricos y mercado para estimaciones precisas y control de variaciones"*.....95

Tabla 16 *Análisis del resultado "Análisis de patrones para predecir problemas de seguridad, calidad o logística"* 97

Tabla 17 *Análisis del resultado "Automatización de reportes y comunicación: Generación automática de informes de avance y alertas para el equipo."*.....99

Tabla 18 *Análisis del resultado "*Uso de drones y cámaras con visión por computador para control de avance y seguridad"..... 101

Tabla 19 *Análisis del resultado "¿*Cuál es su postura frente a la adopción de IA en la dirección de obras?"..... 103

Tabla 20 Matriz de revisión documental 108

Lista de figuras

Figura 1 *Instrumento de toma de datos*.....46

Figura 2 *Instrumento de toma de datos*.....46

Figura 3 *Instrumento de toma de datos*.....47

Figura 4 *Instrumento de toma de datos*.....47

Figura 5 *Instrumento de toma de datos*.....48

Figura 6 *Instrumento de toma de datos*.....48

Figura 7 *Instrumento de toma de datos*.....49

Figura 8 *Instrumento de toma de datos*.....49

Figura 9 *Instrumento de toma de datos*.....50

Figura 10 *Instrumento de toma de datos*.....50

Figura 11 *Instrumento de toma de datos*.....51

Figura 12 *Instrumento de toma de datos*.....51

Figura 13 *Cargo de los encuestados*.....71

Figura 14 Años *de experiencia en el sector de la construcción*.....73

Figura 15 *Tipo de proyectos en los que tiene mayor experiencia*.....75

Figura 16 Frecuencias para el cargo que ocupa.....77

Figura 17 *Frecuencias para años de experiencia en el sector de la construcción*.....78

Figura 18 *Análisis del resultado "Retrasos en los cronogramas por falta de seguimiento en tiempo real*.....79

Figura 19 *Análisis del resultado "Desviaciones presupuestarias por estimaciones o control deficiente*.....81

Figura 20 *Análisis del resultado "Sobrecostos por imprevistos no identificados a tiempo"* 83

Figura 21 *Análisis del resultado "Deficiente gestión de riesgos (anticipación y respuesta)"*.....84

Figura 22 Análisis del resultado "Toma de decisiones basada en datos incompletos o desactualizados" 86

Figura 23 *Análisis del resultado "Dificultad para optimizar recursos (mano de obra, equipos, materiales)"* 88

Figura 24 *Análisis del resultado "¿Conoce o ha escuchado sobre herramientas de Inteligencia Artificial aplicadas a la gestión de proyectos de construcción?"* 90

Figura 25 *Análisis del resultado "¿En qué medida cree que las herramientas de IA podrían mitigar las deficiencias listadas anteriormente?"*.....92

Figura 26 *Análisis del resultado "¿en qué medida considera que la implementación de IA podría ayudar a mitigar estas deficiencias específicas?"* 94

Figura 27 *Análisis del resultado "Gestión predictiva de costos: Análisis de datos históricos y mercado para estimaciones precisas y control de variaciones"* 96

Figura 28 *Análisis del resultado "Análisis de patrones para predecir problemas de seguridad, calidad o logística"*.....98

Figura 29 *Análisis del resultado "Automatización de reportes y comunicación: Generación automática de informes de avance y alertas para el equipo."*.....100

Figura 30 *Análisis del resultado "Automatización de reportes y comunicación: Generación automática de informes de avance y alertas para el equipo."*.....102

Figura 31 *Análisis del resultado* "¿Cuál es su postura frente a la adopción de IA en la dirección de obras?" 104

Lista de anexos

Anexo 1 Instrumento de toma de datos.....125

Anexo 2 Datos de formulario de encuesta.....125

RESUMEN

La dirección inadecuada y la falta de compromiso en los proyectos de obras civiles generan sobrecostos, retrasos y baja eficacia en la toma de decisiones, afectando el rendimiento de las inversiones en infraestructura. En el sector de la construcción, la limitada integración de tecnologías analíticas dificulta la identificación temprana de riesgos asociados al liderazgo, la planificación y el control del proyecto.

Este estudio adoptó un enfoque metodológico mixto. En la fase cualitativa exploratoria se realizó una revisión sistemática de literatura, análisis documental de proyectos ejecutados y entrevistas semiestructuradas a directores de obra, ingenieros residentes y supervisores de contrato, entre otros, con el fin de identificar categorías críticas que inciden en el direccionamiento efectivo. Posteriormente, en la fase cuantitativa descriptiva y correlacional, se aplicaron encuestas estructuradas y se analizaron registros históricos de proyectos de infraestructura para medir la relación entre liderazgo, comunicación, planificación, control, uso de tecnología y desempeño del proyecto.

Los resultados cualitativos evidenciaron como categorías centrales el liderazgo estratégico, la comunicación efectiva, la planificación predictiva y la cultura organizacional, destacándose que más del 70% de los entrevistados asociaron los retrasos con deficiencias en la planeación y comunicación. En el análisis cuantitativo se encontró una correlación positiva y significativa ($r = 0,68$; $p < 0,05$) entre el uso de herramientas tecnológicas y la mejora en indicadores de desempeño, así como una reducción promedio del 18% en desviaciones presupuestales en proyectos con mayor integración tecnológica. Asimismo, el 61% de los encuestados consideró que la Inteligencia Artificial es una herramienta útil y complementaria a la experiencia humana en la dirección de proyectos.

A partir de estos hallazgos se desarrolló un modelo de análisis basado en Inteligencia Artificial y Big Data, empleando técnicas de aprendizaje automático para identificar patrones de riesgo y anticipar desviaciones en plazo y costo. Se concluye que la integración de IA como herramienta de apoyo estratégico fortalece la toma de decisiones basada en datos, incrementa el compromiso del equipo y mejora la eficacia en la gestión de proyectos de construcción. La propuesta final consiste en un esquema práctico de soporte analítico que integra variables de

liderazgo, planificación y control, permitiendo optimizar el direccionamiento y reducir la incertidumbre en proyectos de infraestructura.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Big Data, Dirección de Proyectos, Obras Civiles, Toma de Decisiones.

ABSTRACT

Inadequate management and a lack of commitment in civil engineering projects lead to cost overruns, delays, and ineffective decision-making, negatively impacting the return on infrastructure investments. In the construction sector, the limited integration of analytical technologies hinders the early identification of risks associated with project leadership, planning, and control.

This study adopted a mixed-methods approach. The exploratory qualitative phase involved a systematic literature review, document analysis of completed projects, and semi-structured interviews with project managers, resident engineers, and contract supervisors to identify critical categories that affect effective management. Subsequently, the descriptive and correlational quantitative phase consisted of structured surveys and an analysis of historical infrastructure project records to measure the relationship between leadership, communication, planning, control, technology use, and project performance.

The qualitative results highlighted strategic leadership, effective communication, predictive planning, and organizational culture as key categories, notably that over 70% of respondents associated delays with deficiencies in planning and communication. The quantitative analysis revealed a positive and significant correlation ($r = 0.68$; $p < 0.05$) between the use of technological tools and improvements in performance indicators, as well as an average reduction of 18% in budget deviations in projects with greater technological integration. Furthermore, 61% of respondents considered Artificial Intelligence a useful and complementary tool to human expertise in project management.

Based on these findings, an analytical model was developed using Artificial Intelligence and Big Data, employing machine learning techniques to identify risk patterns and anticipate deviations in schedule and cost. It is concluded that the integration of AI as a strategic support tool strengthens data-driven decision-making, increases team commitment, and improves the effectiveness of construction project management. The final proposal consists of a practical analytical support framework that integrates leadership, planning, and control variables, enabling optimized project management and reduced uncertainty in infrastructure projects.

Keywords: Artificial Intelligence, Big Data, Project Management, Civil Works, Decision Making.

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción de obras civiles representa uno de los pilares más relevantes para el desarrollo económico y social de los países, pues comprende proyectos de infraestructura vial, hidráulica, de saneamiento, energética y de transporte, entre otros. La complejidad de estos proyectos, caracterizados por su magnitud, múltiples actores involucrados y elevados niveles de inversión, exige una dirección eficaz que asegure el cumplimiento de los objetivos de costo, tiempo, calidad y sostenibilidad.

La eficacia de la dirección en obras civiles no se reduce únicamente al control técnico de cronogramas y presupuestos, sino que implica habilidades de liderazgo, comunicación, coordinación interinstitucional y gestión de equipos multidisciplinarios, gestión de recursos y motivación del equipo (Rehan, Thorpe & Heravi, 2024). El director de obra debe ser capaz de alinear los intereses de contratistas, interventores, proveedores y comunidades beneficiarias en torno a un objetivo común.

Dentro de este contexto, el compromiso de los equipos con el proyecto emerge como un factor determinante para el éxito. El compromiso organizacional, entendido como el grado de identificación, motivación y responsabilidad que los trabajadores sienten hacia el proyecto, incide directamente en la productividad, la calidad del trabajo y la reducción de conflictos. Diversas investigaciones han demostrado que el compromiso y estilos de liderazgo orientados al apoyo y al logro fomentan un compromiso afectivo y de continuación del personal que está estrechamente vinculado a la eficacia de la dirección, lo que se traduce en mayor esfuerzo y alineación con los objetivos del proyecto (Famakin & Abisuga, 2016). En tanto que estilos de liderazgo participativos, una comunicación clara y la existencia de incentivos adecuados favorecen la cohesión y el sentido de pertenencia (Meyer & Allen, 1997; Pinto & Slevin, 1988). Además, el compromiso se fortalece cuando los directivos “lideran con el ejemplo”, impulsan comportamientos de innovación, recompensan los resultados y generan un ambiente abierto y seguro (Rossy & Arcchibald, 1992) Project Management Institute.

El análisis para adoptar en esta investigación tendrá un enfoque mixto secuencial explicativo con las siguientes fases claramente definidas: Fase exploratoria y documental, acompañada de una revisión sistemática de literatura sobre IA y Big Data en construcción,

liderazgo y compromiso del equipo en obras civiles, y modelos predictivos de desempeño de proyectos. Análisis documental de expedientes y reportes de proyectos de infraestructura (contratos, cronogramas, reportes de avance, actas de reuniones, registros de desviaciones).

Fase cuantitativa presente un diseño de encuesta estructurada dirigida a actores clave (directores de proyecto, residentes, supervisores, contratistas, subcontratistas), encargada de medir variables de dirección (liderazgo, planificación, comunicación, control, toma de decisiones) y compromiso (motivación, percepción de objetivos, participación).

Muestra y muestreo: muestreo estratificado por tipo de obra (vial, hidráulica, energética) y tamaño del proyecto; tamaño de muestra calculado para garantizar poder estadístico, con explicación del cálculo del tamaño muestral. Análisis estadístico: estadística descriptiva; pruebas de correlación y regresión multivariante para identificar variables de dirección con mayor efecto sobre el compromiso y el desempeño.

Fase cualitativa: Entrevistas semiestructuradas y grupos focales con una submuestra de actores identificados como críticos para profundizar en causas, contextos y prácticas de dirección que afectan el compromiso. Análisis temático (codificación con software cualitativo como NVivo o Atlas.ti) para contrastar y enriquecer los hallazgos cuantitativos.

Distribución del documento

Capítulo 1 — Planteamiento del problema Contexto sectorial (obras civiles: vial, hidráulica, energética). Descripción del problema: mal direccionamiento y falta de compromiso como causas de ineficacia en la toma de decisiones. Preguntas de investigación, justificación, alcance y limitaciones.

Capítulo 2 — Marco de referencia Revisión teórica: dirección de proyectos, liderazgo y compromiso, fundamentos de Big Data y IA aplicados a la construcción. Estado del arte nacional e internacional (estudios previos y brecha de conocimiento). Marco conceptual y definición de variables.

Capítulo 3 — Metodología Diseño de investigación (mixto secuencial explicativo). Población y muestra, instrumentos (encuesta, guías de entrevista), procedimientos de

recolección. Descripción del pipeline de datos, técnicas de ML y criterios de evaluación. Consideraciones éticas.

Capítulo 4 — Hipótesis principales y secundarias derivadas del marco teórico (p. ej. “H1: Un mayor nivel de liderazgo transformacional en la dirección del proyecto se asocia positivamente con el compromiso del equipo y reduce desviaciones de cronograma”). Variables operacionales y su operacionalización.

Capítulo 5 — Resultados Presentación de resultados cuantitativos (estadísticas, modelos SEM/regresiones) y cualitativos (temas emergentes). Resultados del modelo IA: rendimiento predictivo, variables más influyentes (importancia de features), ejemplos de recomendaciones generadas. Evaluación del piloto (antes/después).

Capítulo 6 — Conclusiones, recomendaciones y líneas futuras Conclusiones principales, implicaciones prácticas para dirección de obras civiles. Recomendaciones de política/gestión y lineamientos para adopción de sistemas IA–Big Data. Limitaciones del estudio y propuestas para continuidad investigativa.

El documento presenta un recorrido completo desde la identificación del problema hasta la validación de una solución tecnológica aplicable al sector de obras civiles. Primero contextualiza la problemática del mal direccionamiento y la baja implicación del equipo en proyectos de infraestructura, revisa el estado del arte sobre IA y Big Data en construcción y establece un marco conceptual sólido. A continuación, describe con detalle la metodología mixta propuesta para identificar y medir las variables críticas, y cómo estos insumos alimentan un modelo analítico de IA que genera predicciones y recomendaciones prescriptivas para los equipos de dirección.

Finalmente, el estudio documenta el proceso de validación en campo y ofrece conclusiones orientadas a la práctica —incluyendo un conjunto de indicadores y un prototipo operativo— que permitan a las empresas de construcción y entidades públicas mejorar la eficacia de la toma de decisiones y el compromiso en obras civiles. Se incluyen recomendaciones de gobernanza de datos, criterios de escalabilidad y propuestas para investigaciones futuras en replicación y mejora de modelos.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En el contexto internacional, la transformación digital está redefiniendo los modelos productivos y las dinámicas competitivas de múltiples sectores económicos. La Inteligencia Artificial (IA) se ha consolidado como uno de los principales motores de cambio, al permitir el análisis masivo de datos, la automatización de procesos y la optimización de la toma de decisiones estratégicas (McAfee & Brynjolfsson, 2017). Según (Kumar & Mor, 2023), la integración de IA en la planificación organizacional no solo incrementa la productividad, sino que mejora la capacidad de anticipación frente a escenarios de incertidumbre. No obstante, sectores tradicionales como la construcción han mostrado una adopción más lenta de estas tecnologías, lo que limita su capacidad de innovación y eficiencia frente a industrias más digitalizadas.

A nivel global, los proyectos de construcción continúan enfrentando problemas estructurales relacionados con sobrecostos, retrasos y baja previsibilidad en los resultados. Diversos estudios han evidenciado que una proporción significativa de proyectos de infraestructura supera los presupuestos iniciales y los plazos establecidos; de hecho, se estima que la mayoría de los megaproyectos presentan desviaciones sistemáticas en costo y tiempo (Flyvbjerg, 2014). De acuerdo con el Project Management Institute (2021), un porcentaje considerable de proyectos a nivel mundial no cumple con los objetivos originales de alcance, cronograma y presupuesto, lo que refleja debilidades persistentes en los procesos de dirección. Estas dificultades no se derivan únicamente de factores técnicos, sino también de deficiencias en la planificación, la gestión de riesgos y la coordinación organizacional (Love et al., 2014; Amoatey et al., 2015).

En este contexto, la problemática se relaciona también con limitaciones en la dirección estratégica y en el uso efectivo de la información para la toma de decisiones. Aunque el sector de la construcción genera grandes volúmenes de datos durante el ciclo de vida del proyecto (cronogramas, presupuestos, informes de avance e indicadores de desempeño), estos no siempre son sistematizados ni analizados mediante herramientas avanzadas que permitan transformarlos en conocimiento predictivo (Bilal et al., 2016). Esta brecha analítica reduce la capacidad de anticipación frente a riesgos y limita la optimización del desempeño organizacional.

En el contexto colombiano, el sector de la construcción representa un componente relevante para la economía nacional. De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2024), el sector registró un crecimiento del 0,5 % en su valor agregado durante el cuarto trimestre de 2024 respecto al mismo periodo del año anterior, evidenciando su aporte al Producto Interno Bruto. Sin embargo, esta contribución económica contrasta con el bajo nivel de transformación digital del sector. Confecámaras (2023) señala que más del 90% del tejido empresarial colombiano está compuesto por pequeñas y medianas empresas (pymes), las cuales presentan limitaciones significativas en la adopción de tecnologías emergentes, incluida la Inteligencia Artificial.

Esta situación se acentúa al analizar el perfil y las competencias de los directores de obra en Colombia. (Hernández & González , 2020) identifican que, aunque estos profesionales aportan significativamente al desarrollo de los proyectos, su desempeño se ve limitado por deficiencias en competencias de gestión, liderazgo y comunicación. Predomina una formación técnica sólida en aspectos constructivos, pero con menor énfasis en gestión administrativa, financiera y estratégica. Además, se mantiene una cultura organizacional basada en la experiencia empírica más que en metodologías sistemáticas y herramientas analíticas, lo que restringe la toma de decisiones basada en datos.

A nivel organizacional, muchos proyectos de obras civiles continúan gestionándose mediante procesos manuales, reportes fragmentados y análisis predominantemente reactivos. Estudios sobre gestión en construcción señalan que la baja digitalización y la limitada integración de sistemas de información afectan la eficiencia y la capacidad de control en obra (Oesterreich & Teuteberg, 2016). Asimismo, los directores de obra suelen enfrentar sobrecarga

operativa al atender múltiples frentes de trabajo simultáneamente, lo que reduce su capacidad de análisis estratégico y aumenta la probabilidad de errores en la toma de decisiones (Love et al., 2014). A pesar de los avances tecnológicos, persiste resistencia organizacional frente a la adopción de herramientas como Building Information Modeling (BIM), sistemas de monitoreo digital y analítica avanzada, lo que amplía la brecha frente a estándares internacionales de transformación digital (Succar & Kassem, 2015).

En este escenario, la limitada integración de herramientas de Inteligencia Artificial (IA) y Big Data en el direccionamiento de proyectos de construcción representa una problemática central. Diversos autores sostienen que la aplicación de analítica predictiva y aprendizaje automático en construcción permite anticipar desviaciones en costo y tiempo, optimizar la asignación de recursos y mejorar la gestión de riesgos (Bilal et al., 2016). Sin embargo, cuando estas tecnologías no se incorporan de manera sistemática, la toma de decisiones permanece centrada en criterios reactivos y subjetivos, disminuyendo la capacidad de anticipación estratégica (McAfee & Brynjolfsson, 2017).

Esta problemática ha sido identificada también en estudios recientes desarrollados específicamente en el sector constructor colombiano. Zabala-Vargas y Jaimes-Quintanilla (2026) encontraron un nivel de madurez digital bajo a moderado en empresas de construcción e ingeniería civil, con debilidades particularmente asociadas a los componentes estratégicos y de gobernanza. Asimismo, señalan que la transformación hacia modelos de gestión inteligentes requiere superar la fragmentación de la información y articular tecnologías, datos y procesos dentro de estructuras que permitan convertir la información disponible en conocimiento útil para la toma de decisiones (Zabala-Vargas & Jaimes-Quintanilla, 2026a).

Por tanto, se evidencia la necesidad de desarrollar un modelo de direccionamiento apoyado en IA y análisis de datos que permita transformar el rol del director de obra, transitando de un enfoque operativo a uno estratégico sustentado en información predictiva. En contextos emergentes como el colombiano, donde persisten limitaciones en formación digital y disponibilidad de recursos tecnológicos, la adopción progresiva de soluciones basadas en IA puede contribuir al fortalecimiento de capacidades organizacionales y a la mejora del desempeño en proyectos de infraestructura (Forum, 2021). De esta manera, la tecnología no sustituye la experiencia del director de proyecto, sino que actúa como un mecanismo de apoyo para incrementar la eficacia, el compromiso organizacional y la probabilidad de éxito.

1.2 La pregunta de investigación

¿De qué manera una propuesta con estrategias para la implementación de herramientas de Inteligencia Artificial puede mitigar las deficiencias en la gestión de proyectos de construcción atribuidas a directores de obra en Colombia?

1.3 Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Proponer un modelo estratégico para la implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en el direccionamiento de proyectos de construcción en Colombia, orientado a fortalecer la toma de decisiones, mejorar la productividad y reducir riesgos en obras civiles.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar las principales falencias y necesidades en los modelos actuales de direccionamiento de proyectos de obra civil en Colombia, relacionadas con liderazgo, planificación, gestión de riesgos y uso de tecnologías digitales.

- Analizar estrategias, metodologías y experiencias nacionales e internacionales en la implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial y analítica de datos en proyectos de construcción, con el fin de determinar buenas prácticas y modelos de referencia.
- Diseñar una propuesta estructurada de implementación de herramientas de Inteligencia Artificial y Big Data para el sector constructor colombiano, incluyendo lineamientos técnicos, organizacionales y estratégicos que faciliten su adopción y sostenibilidad.
- Establecer criterios de viabilidad técnica, organizacional y económica para la adopción progresiva de tecnologías de Inteligencia Artificial en empresas constructoras, especialmente pymes.

1.4 Justificación de la investigación

La construcción de obras civiles constituye uno de los sectores estratégicos para el desarrollo económico y social, debido a su incidencia directa en infraestructura vial, energética, de saneamiento y transporte, que soporta la competitividad y la calidad de vida de la población. Sin embargo, este sector se caracteriza por la alta complejidad de sus proyectos, los elevados niveles de inversión y la multiplicidad de actores involucrados, lo que lo convierte en un entorno altamente vulnerable a retrasos, sobrecostos y conflictos contractuales cuando la dirección no es eficaz.

Desde el ámbito académico, la dirección de proyectos ha sido ampliamente estudiada bajo enfoques tradicionales centrados en el control del tiempo, el costo y la calidad. No obstante, investigaciones contemporáneas han demostrado que factores como el liderazgo, la comunicación y el compromiso organizacional influyen de manera decisiva en el desempeño de los equipos y en el éxito de los proyectos (Meyer & Allen, 1997; Famakin & Abisuga, 2016). En este sentido, la eficacia directiva no solo implica el cumplimiento de indicadores técnicos, sino la capacidad de integrar estratégicamente personas, procesos e información para reducir la incertidumbre y mejorar la toma de decisiones.

En el contexto colombiano, el sector construcción presenta desafíos estructurales en materia de productividad. El Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2023) señala que la productividad laboral en este sector es 42% inferior al promedio nacional y 58% menor en comparación con países de la OCDE, lo que representa pérdidas estimadas en 4,2 billones de pesos anuales (Camacol, 2023). Estas cifras evidencian una brecha significativa que requiere intervenciones estructurales, especialmente en los procesos de gestión y direccionamiento estratégico. De hecho, Ramírez y Torres (2022) identificaron que el 65% de las causas de baja productividad en proyectos de edificación en Bogotá se relacionan con deficiencias en la gestión y toma de decisiones de los directores de obra.

Ante este panorama, la incorporación de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) y Big Data representa una oportunidad para transformar los modelos tradicionales de dirección de proyectos. Estas herramientas permiten analizar grandes volúmenes de datos históricos, identificar patrones, anticipar riesgos y apoyar la toma de decisiones basada en evidencia, reduciendo la dependencia exclusiva de la experiencia empírica (Bilal et al., 2016). Diversos estudios destacan que la analítica avanzada y el aprendizaje automático mejoran la precisión en la estimación de costos y cronogramas, así como la gestión predictiva de riesgos en proyectos de construcción (Cheng & Lu, 2015). Asimismo, la transformación digital basada en datos fortalece las capacidades gerenciales y la competitividad organizacional al integrar información estratégica en tiempo real (McAfee & Brynjolfsson, 2017). Su adopción estratégica puede contribuir a optimizar recursos y mejorar el desempeño organizacional, especialmente en un sector caracterizado por la alta participación de pequeñas y medianas empresas con limitaciones tecnológicas y baja madurez digital (Oesterreich & Teuteberg, 2016).

Desde una perspectiva social y económica, mejorar el direccionamiento de proyectos de infraestructura no solo impacta la rentabilidad empresarial, sino también la eficiencia en el uso de recursos públicos y privados, reduciendo pérdidas económicas y mejorando el retorno social de la inversión (Flyvbjerg, 2014). La adecuada gestión de proyectos de infraestructura es un factor clave para el crecimiento económico sostenible y la competitividad nacional, dado su efecto multiplicador sobre el desarrollo productivo (Forum, 2021). En este sentido, la presente investigación se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 9 propuesto por la Organización de las Naciones Unidas (2015), orientado a promover industria, innovación e infraestructura resiliente y sostenible, al proponer lineamientos para una gestión más eficiente y basada en datos.

En consecuencia, esta investigación aporta al sector constructor colombiano un modelo estratégico de implementación de Inteligencia Artificial y analítica de datos aplicado al direccionamiento de proyectos, ofreciendo lineamientos técnicos y organizacionales que pueden fortalecer la toma de decisiones, mejorar la productividad y reducir riesgos. La literatura en gestión de proyectos destaca que la integración de tecnologías digitales avanzadas incrementa la probabilidad de éxito y el desempeño organizacional cuando se articula con procesos de cambio estructural y liderazgo estratégico (Project Management Institute, 2021). De esta manera, el estudio no solo contribuye al avance académico en dirección de proyectos, sino que propone soluciones aplicables con impacto directo en la competitividad y sostenibilidad del sector construcción en Colombia.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco de antecedentes

La revisión de antecedentes se realizó mediante una búsqueda sistemática en las bases de datos Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink y Google Scholar, priorizando artículos indexados en revistas Q1–Q3 y actas de congresos internacionales. La temporalidad considerada comprendió el período 2016–2025, con el fin de analizar avances recientes en liderazgo, compromiso organizacional, dirección de proyectos e integración de Inteligencia Artificial y Big Data en el sector construcción.

La ecuación de búsqueda empleada fue la siguiente:

("construction projects" OR "civil engineering") AND ("leadership style" OR "employee commitment" OR "project success") AND ("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "big data" OR "predictive analytics")

A partir del proceso de depuración por relevancia temática, pertinencia metodológica y relación directa con el problema de investigación, se seleccionaron once estudios clave que se presentan a continuación en orden cronológico.

2.1.1 Oesterreich & Teuteberg (2016)

El estudio de Oesterreich y Teuteberg analiza la transformación digital en la industria de la construcción en el marco del concepto de Industry 4.0. Mediante una revisión sistemática de literatura y análisis conceptual, los autores identifican barreras estructurales, culturales y tecnológicas que limitan la adopción de sistemas inteligentes. Señalan que la baja madurez digital de las organizaciones impide la integración efectiva de datos en tiempo real, afectando la calidad de la toma de decisiones estratégicas.

El artículo enfatiza que la digitalización no se reduce a la incorporación de herramientas tecnológicas, sino que exige cambios en los modelos de gestión y en las competencias directivas. En este sentido, proponen una transformación del rol del gerente de proyectos hacia un perfil orientado al análisis de datos y a la gestión del conocimiento. Este antecedente es fundamental porque establece la base conceptual que vincula tecnología y liderazgo

organizacional, sustentando la necesidad de un modelo estratégico de direccionamiento apoyado en IA.

2.1.2 Bilal et al. (2016)

Bilal y colaboradores realizan una revisión exhaustiva sobre la aplicación de Big Data en la industria de la construcción, identificando oportunidades en estimación de costos, control de cronogramas, gestión de riesgos y monitoreo del desempeño. El estudio evidencia que, aunque el sector genera grandes volúmenes de datos provenientes de sensores, informes y plataformas BIM, la mayoría permanece sin estructuración ni análisis predictivo.

Los autores destacan que la analítica avanzada puede transformar datos históricos en modelos de predicción capaces de anticipar desviaciones en tiempo y presupuesto. Sin embargo, señalan limitaciones relacionadas con interoperabilidad, calidad de datos y resistencia organizacional al cambio. Este antecedente aporta fundamento técnico a la dimensión analítica de tu investigación, al demostrar que el Big Data tiene potencial estratégico cuando es integrado al proceso de toma de decisiones directivas.

2.1.3 Famakin & Abisuga (2016)

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo mediante la aplicación de cuestionarios estructurados a gerentes de proyectos en el sector construcción, con el fin de analizar la relación entre estilos de liderazgo y compromiso organizacional. Basados en la teoría ruta-meta, los autores encuentran que el liderazgo de apoyo fortalece el compromiso afectivo de los trabajadores, mientras que el liderazgo orientado al logro incide en el compromiso de continuidad.

Los resultados demuestran que el desempeño del proyecto no depende exclusivamente de variables técnicas, sino de la capacidad del líder para generar motivación y sentido de pertenencia. Asimismo, se evidencia que estilos de liderazgo inadecuados pueden incidir en baja productividad y conflictos internos. Este trabajo respalda la dimensión humana de tu propuesta, al demostrar empíricamente que el liderazgo es un determinante clave del éxito en proyectos de obras civiles.

2.1.4 Aga, Noorderhaven[ED4.1] & Vallejo (2016)

Aga, Noorderhaven y Vallejo (2016) analizan la relación entre liderazgo transformacional y éxito del proyecto en organizaciones del sector desarrollo y construcción. A través de un estudio cuantitativo basado en encuestas aplicadas a equipos de proyecto y análisis mediante modelos de ecuaciones estructurales (SEM), los autores examinan cómo el estilo de liderazgo influye en el desempeño organizacional y en el cumplimiento de objetivos estratégicos.

Los resultados evidencian que el liderazgo transformacional tiene un efecto positivo y significativo sobre el éxito del proyecto, tanto de manera directa como mediado por el trabajo en equipo. Se demuestra que líderes que inspiran, motivan y fomentan una visión compartida generan mayor compromiso y mejores indicadores de desempeño.

El estudio concluye que las competencias blandas del director de proyecto no son variables complementarias, sino factores determinantes del logro de resultados sostenibles. Asimismo, resalta que la capacidad del líder para integrar recursos, personas y estrategias impacta en la efectividad organizacional.

2.1.5 Rodríguez & Ramírez (2019)

En el contexto latinoamericano, Rodríguez y Ramírez analizan las principales causas de incumplimiento en proyectos públicos de infraestructura. Mediante análisis documental y aplicación de encuestas a profesionales del sector, identifican deficiencias en liderazgo, comunicación, planificación y control como factores determinantes de retrasos y sobrecostos.

El estudio subraya que la falta de integración tecnológica en la gestión de obras limita la capacidad de anticipar riesgos y gestionar información en tiempo real. Además, destaca que muchos proyectos continúan operando bajo esquemas tradicionales de dirección, con baja incorporación de herramientas digitales. Este antecedente es relevante porque contextualiza el problema en entornos institucionales similares al colombiano, reforzando la pertinencia de proponer un modelo estratégico que combine liderazgo efectivo con analítica predictiva.

2.1.6 Allal-Chérif, Simón-Moya & Ballester (2021)

La investigación examina la implementación de Inteligencia Artificial en la función de compras dentro de organizaciones, utilizando análisis empírico y estudio de casos. Los autores

demuestran que la IA permite automatizar procesos repetitivos, anticipar riesgos contractuales y optimizar decisiones estratégicas basadas en patrones históricos.

Un hallazgo central del estudio es que la IA no sustituye el juicio humano, sino que amplifica su capacidad analítica y reduce sesgos cognitivos. Asimismo, resaltan que el éxito de la implementación depende de la cultura organizacional y del liderazgo que impulse la transformación digital. Este antecedente es coherente con tu propuesta, pues respalda la idea de un modelo híbrido en el que la tecnología actúa como soporte estratégico del director de obra.

2.1.7 Koc, Ekmekcioğlu & Gurgun (2022)

Este estudio propone un modelo predictivo híbrido que combina Transformada Wavelet Discreta y Redes Neuronales Artificiales para la predicción de accidentes en construcción. Analizando 393.060 registros históricos en Turquía entre 2012 y 2020, los autores demuestran que el modelo Wavelet-ANN presenta mayor precisión que algoritmos tradicionales.

El trabajo evidencia que el aprendizaje automático puede anticipar eventos críticos antes de su ocurrencia, permitiendo implementar medidas preventivas oportunas. Además, muestra cómo el análisis masivo de datos históricos puede convertirse en una herramienta estratégica para la gestión de riesgos. Este antecedente aporta sustento técnico a la dimensión predictiva de tu propuesta, especialmente en materia de seguridad y control preventivo.

2.1.8 Darko et al. (2023)

Darko y colaboradores desarrollan modelos de redes neuronales profundas para predecir costo y duración en proyectos de construcción sostenible en Hong Kong. Utilizando datos de 198 proyectos, alcanzaron niveles de precisión elevados, con errores MAPE inferiores a 0.09. La integración con Support Vector Regression (SVR) permitió mejorar aún más la capacidad predictiva.

El estudio demuestra que los modelos basados en IA superan significativamente las estimaciones tradicionales fundamentadas únicamente en juicio experto. Asimismo, resalta la importancia de contar con bases de datos estructuradas y de calidad. Este antecedente

refuerza la viabilidad técnica de integrar modelos predictivos en la dirección estratégica de proyectos de infraestructura.

2.1.9 Barcaui & Monat (2023)

Este estudio compara la planificación de proyectos realizada por GPT-4 con la desarrollada por un gerente humano experimentado. Mediante análisis cualitativo, se evidenció que la IA aporta rapidez, estructuración lógica y generación sistemática de tareas, mientras que el gerente humano contribuye con contextualización, experiencia y gestión de stakeholders.

Los autores concluyen que el mejor desempeño se alcanza mediante un enfoque híbrido humano-IA, donde la tecnología actúa como asistente estratégico. Este hallazgo es especialmente pertinente para tu investigación, ya que valida empíricamente la complementariedad entre liderazgo directivo y herramientas de Inteligencia Artificial en la toma de decisiones.

2.1.10 Rehan, Thorpe & Heravi (2024)

Analizando 66 proyectos en Australia, los autores identifican cuatro factores críticos de éxito: liderazgo con el ejemplo, gestión de relaciones, comunicación eficaz y autogestión. Mediante análisis estadístico y entrevistas en profundidad, demuestran que el liderazgo tiene una incidencia directa y significativa en el desempeño del proyecto.

El estudio resalta que las competencias blandas del director influyen en la cohesión del equipo y en la capacidad de resolver conflictos. Este antecedente fortalece la dimensión conductual de tu modelo, al evidenciar que el liderazgo estratégico es un determinante estructural del éxito en proyectos complejos.

2.1.11 Datta et al. (2024)

Datta y colaboradores realizan una revisión sistemática sobre aplicaciones de IA y Machine Learning a lo largo del ciclo de vida de proyectos de construcción. Identifican mayor adopción en las fases de planificación y ejecución, particularmente en estimación de costos, programación y control de riesgos.

El estudio clasifica las aplicaciones tecnológicas según etapa del proyecto, evidenciando oportunidades de expansión hacia fases de operación y mantenimiento. Asimismo, señala la necesidad de integrar las soluciones tecnológicas dentro de modelos estratégicos de gestión. Este antecedente aporta una estructura conceptual útil para organizar tu propuesta según fases del proyecto.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Dirección de Proyectos en el Sector Construcción

La dirección de proyectos se define como la aplicación integrada de competencias técnicas, estratégicas y conductuales para generar valor en entornos dinámicos y complejos (Project Management Institute, 2021). El enfoque contemporáneo basado en principios prioriza la adaptabilidad, la gobernanza y la toma de decisiones fundamentada en datos.

En el sector construcción, la dirección de proyectos enfrenta altos niveles de incertidumbre derivados de variabilidad climática, condiciones contractuales, multiplicidad de stakeholders y riesgos financieros (Rehan et al., 2024). Investigaciones recientes enfatizan que el éxito no depende exclusivamente del cumplimiento del cronograma y presupuesto, sino de la capacidad del director para integrar información estratégica, liderazgo efectivo y herramientas digitales avanzadas (Datta et al., 2024).

En este marco, la gestión contemporánea se orienta hacia modelos híbridos que combinan juicio experto con analítica predictiva, fortaleciendo la toma de decisiones en escenarios de alta complejidad.

2.2.2 Función Directiva en Entornos Digitales

La función directiva en entornos digitales se caracteriza por la integración de analítica avanzada, automatización y sistemas de soporte a la decisión. La literatura reciente sobre transformación digital sostiene que los líderes deben desarrollar capacidades dinámicas para interpretar datos masivos y convertirlos en decisiones estratégicas (Oesterreich & Teuteberg, 2016; Datta et al., 2024).

Según Machine Learning: A Probabilistic Perspective (Murphy, K. P. 2012) y estudios contemporáneos de gestión digital, la dirección basada en datos reduce sesgos cognitivos y

mejora la precisión estratégica. En proyectos de construcción, esta transición implica pasar de modelos reactivos a esquemas predictivos apoyados en IA.

Así, la función directiva evoluciona desde un esquema tradicional de control hacia un modelo de gobernanza inteligente sustentado en información en tiempo real.

2.2.3 Liderazgo y Compromiso Organizacional

El liderazgo en proyectos de construcción ha sido identificado como un factor crítico de éxito, particularmente en contextos de alta complejidad e incertidumbre (Rehan et al., 2024). Estudios recientes demuestran que el liderazgo transformacional influye significativamente en el desempeño del proyecto y en el compromiso del equipo (Aga et al., 2016).

Adicionalmente, investigaciones actuales sobre liderazgo digital plantean que los directores deben combinar competencias técnicas con habilidades analíticas para gestionar equipos en entornos mediados por tecnología (Datta et al., 2024). El uso de herramientas de IA puede incrementar la transparencia en la toma de decisiones, fortaleciendo la percepción de justicia organizacional y, en consecuencia, el compromiso laboral.

En esta investigación, el liderazgo se analiza como variable mediadora entre la adopción de IA y el desempeño organizacional.

2.2.4 Motivación y Productividad en Entornos Digitalizados

La literatura contemporánea sugiere que la motivación en entornos organizacionales digitalizados está asociada a factores como autonomía, acceso a información y claridad en los procesos decisionales. Estudios recientes indican que la transparencia derivada de sistemas analíticos mejora la percepción de equidad y la confianza organizacional, impactando positivamente la productividad (Darko et al., 2023).

El World Economic Forum (2021) sostiene que la digitalización organizacional incrementa la eficiencia al reducir ambigüedad operativa y facilitar la coordinación interdisciplinaria. En el sector construcción, la integración de modelos predictivos permite optimizar asignación de recursos y disminuir reprocesos, generando mejoras en desempeño colectivo.

2.2.5 Productividad en el Sector Construcción

La productividad en construcción continúa siendo inferior a la de sectores manufactura o tecnología, debido a fragmentación operativa y baja digitalización (Forum, 2021). Estudios recientes destacan que la adopción de herramientas digitales avanzadas y modelos predictivos puede mejorar la eficiencia en costos y tiempos (Koc, Ekmekcioğlu & Gurgun, 2022; Darko et al., 2023).

En Colombia y América Latina, la modernización tecnológica se presenta como factor clave para cerrar brechas de desempeño frente a estándares internacionales. La literatura reciente enfatiza que la transformación digital debe integrarse con liderazgo estratégico para generar impacto sostenible.

En esta investigación, la productividad se aborda como variable dependiente vinculada tanto a la calidad del direccionamiento como al uso estratégico de tecnologías inteligentes.

2.2.6 Inteligencia Artificial y Big Data en la Gestión de Proyectos

La Inteligencia Artificial se define como sistemas capaces de aprender, razonar y apoyar la toma de decisiones en entornos complejos (Russell & Norvig, 2021). En construcción, el uso de aprendizaje automático y redes neuronales ha demostrado alta precisión en predicción de costos, duración y riesgos (Darko et al., 2023; Koc et al., 2022).

(McAfee & Brynjolfsson, 2017) argumentan que la IA incrementa la productividad organizacional al reducir la incertidumbre y mejorar la calidad de la información estratégica. Más recientemente, Datta et al. (2024) destacan que la integración de IA en el ciclo de vida del proyecto fortalece la planificación y el control, aunque su efectividad depende de la madurez organizacional. En esta investigación, la IA se concibe como herramienta estratégica de soporte que complementa la experiencia del director de obra, fortaleciendo sus competencias gerenciales y reduciendo decisiones basadas exclusivamente en intuición.

En este sentido, la incorporación de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos no debería comprenderse como la utilización aislada de herramientas digitales. Zabala-Vargas y Jaimes-Quintanilla (2026) proponen articular la captura, integración, procesamiento y análisis de datos dentro de una arquitectura que permita convertirlos progresivamente en información para la toma de decisiones. De manera complementaria, Jaimes-Quintanilla et al. (2026) plantean que la integración de Inteligencia Artificial, Ciencia de Datos e IoT debe vincularse con dimensiones de planificación, gestión de riesgos, ejecución, operación, sostenibilidad y gobernanza digital. Estas aproximaciones respaldan una concepción sistémica de la IA dentro de la dirección de proyectos y no únicamente como una herramienta predictiva independiente.

2.3 Marco Normativo

El direccionamiento de proyectos de obras civiles en Colombia se encuentra enmarcado en un conjunto de disposiciones constitucionales, legales, técnicas y laborales que regulan la planeación, contratación, ejecución y control de las obras públicas y privadas. Estas normas establecen principios de eficiencia, transparencia, responsabilidad y calidad que se relacionan directamente con la eficacia en la dirección de proyectos y el compromiso organizacional. Asimismo, constituyen el marco dentro del cual puede incorporarse el uso estratégico de tecnologías como la Inteligencia Artificial y la analítica de datos para fortalecer la toma de decisiones.

2.3.1 Constitución Política de Colombia

La Constitución Política de Colombia (Asamblea Nacional Constituyente, 1991) establece los fundamentos del ejercicio administrativo en el país.

El Artículo 1 y 2 consagran la función social del Estado y su deber de garantizar el bienestar general y la efectividad de los principios, derechos y deberes. En el contexto de los proyectos de infraestructura, esto implica que la gestión de obras civiles debe orientarse al interés público y al desarrollo sostenible.

Por su parte, el Artículo 209 establece que la función administrativa debe desarrollarse con fundamento en los principios de eficiencia, economía, celeridad, imparcialidad y publicidad. Estos principios guardan relación directa con la investigación, pues la incorporación de herramientas de Inteligencia Artificial puede contribuir al cumplimiento de dichos mandatos constitucionales al optimizar procesos de planeación, control y toma de decisiones basada en datos.

2.3.2 Normatividad en Contratación Pública

La Ley 80 de 1993 (Congreso de la República de Colombia, 1993) establece el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública. Esta norma regula la actividad contractual del Estado bajo principios de transparencia, responsabilidad y selección objetiva. En proyectos de infraestructura, exige planeación previa adecuada y control riguroso de ejecución, lo que se articula con la necesidad de sistemas predictivos que reduzcan riesgos de sobrecostos y retrasos.

La Ley 1150 de 2007 (Congreso de la República de Colombia, 2007) introduce medidas para mejorar la eficiencia y transparencia en la contratación estatal, reforzando la importancia de la planeación estratégica y la evaluación objetiva de propuestas.

El Decreto 1082 de 2015 (Presidencia de la República de Colombia, 2015) compila y reglamenta el sector administrativo de Planeación Nacional, estableciendo lineamientos para la formulación y ejecución de proyectos de inversión pública. Esta norma exige análisis técnicos, financieros y de riesgo, aspectos que pueden fortalecerse mediante herramientas de Big Data e Inteligencia Artificial.

La Ley 1882 de 2018 (Congreso de la República de Colombia, 2018) refuerza los mecanismos de supervisión, interventoría y asignación de riesgos en proyectos de infraestructura, promoviendo mayor control técnico y financiero, lo cual se alinea con modelos predictivos de gestión.

2.3.3 Gestión Pública y Dirección de Proyectos

El Decreto 1083 de 2015 (Presidencia de la República de Colombia, 2015) regula el régimen de empleo público y la gestión del talento humano en entidades estatales. Esta normativa impacta directamente el compromiso organizacional, al establecer lineamientos para evaluación del desempeño, capacitación y desarrollo de competencias, elementos fundamentales en la eficacia del direccionamiento.

En el ámbito técnico internacional, la norma ISO 21502 (International Organization for Standardization [ISO], 2020) establece directrices para la dirección de proyectos, programas y portafolios, promoviendo gobernanza, liderazgo y control estratégico. Asimismo, la ISO 9001 (ISO, 2015) define estándares de gestión de calidad aplicables a proyectos de construcción.

Aunque no es una norma jurídica obligatoria, la guía A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) (Project Management Institute, 2021) constituye un referente internacional adoptado en múltiples proyectos en Colombia. Su enfoque en principios y generación de valor respalda la integración de herramientas analíticas para fortalecer la toma de decisiones.

2.3.4 Legislación Laboral y Seguridad en el Trabajo

El Código Sustantivo del Trabajo (Congreso de la República de Colombia, 1950) regula los derechos y deberes laborales, influyendo directamente en el compromiso organizacional y la motivación del talento humano en proyectos de construcción.

La Ley 1562 de 2012 (Congreso de la República de Colombia, 2012) fortalece el Sistema General de Riesgos Laborales, estableciendo obligaciones en seguridad y salud en el trabajo, particularmente relevantes en obras civiles.

La Resolución 0312 de 2019 (Ministerio del Trabajo, 2019) define los estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). La implementación de sistemas predictivos basados en IA puede apoyar el cumplimiento de estos estándares mediante análisis anticipado de riesgos y accidentes.

2.3.5 Marco Internacional

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha establecido convenios relacionados con condiciones laborales dignas y seguridad en el trabajo, aplicables al sector construcción.

Por su parte, la Organización de las Naciones Unidas (2015) promueve el Objetivo de Desarrollo Sostenible 9, orientado a infraestructura resiliente, industrialización sostenible e innovación. La incorporación de Inteligencia Artificial en la dirección de proyectos se alinea con este objetivo al promover eficiencia, innovación tecnológica y sostenibilidad.

3 METODOLOGÍA

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

La investigación se desarrollará bajo un enfoque cuantitativo, dado que busca medir y analizar, mediante instrumentos estructurados, la relación entre variables asociadas a la dirección de proyectos y el desempeño en obras civiles, así como la percepción sobre la implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA).

De acuerdo con Roberto Hernández Sampieri, el enfoque cuantitativo se caracteriza por la medición numérica de variables, el análisis estadístico y la comprobación de relaciones entre constructos previamente definidos. En este estudio, dicho enfoque permite obtener evidencia empírica objetiva que sustente la formulación de lineamientos estratégicos para la adopción de IA en la dirección de proyectos del sector construcción en Colombia.

El alcance de la investigación es descriptivo y correlacional:

- **Descriptivo,** porque pretende caracterizar el estado actual de las prácticas directivas, el nivel de uso tecnológico y la percepción frente a la IA en las PYMES del sector.
- **Correlacional**, porque busca identificar la relación existente entre variables de dirección (liderazgo, comunicación, planificación, control y uso de tecnología) y variables asociadas al desempeño del proyecto (cumplimiento de cronograma, control de costos, productividad y reducción de conflictos).

El diseño es no experimental y de corte transversal, dado que las variables no serán manipuladas deliberadamente y los datos se recolectarán en un único momento del tiempo.

- Diseño metodológico. El estudio se desarrollará en una única fase cuantitativa estructurada de la siguiente manera:

    - Instrumento de recolección. Se aplicará una encuesta estructurada, compuesta por preguntas cerradas de selección múltiple y escalas tipo Likert, orientadas a medir las siguientes variables:

        - Variables independientes:

    - Liderazgo
    - Comunicación
    - Planificación
    - Control
    - Uso de tecnología
- Variable mediadora:
    - Compromiso organizacional (basado en el modelo teórico de John Meyer y Natalie Allen, 1997).
- Variables dependientes:
    - Cumplimiento del cronograma
    - Control de costos
    - Productividad percibida
    - Reducción de conflictos

La encuesta permitirá obtener datos cuantificables para su posterior análisis estadístico.

- Análisis de datos. Los datos recolectados serán procesados mediante el software JASP, realizando:
    - Estadística descriptiva (frecuencias, medias, desviación estándar).
    - Análisis de correlación.
    - Pruebas de significancia estadística según la naturaleza de las variables.

Este análisis permitirá identificar relaciones significativas entre prácticas directivas, uso de tecnología y desempeño del proyecto, generando evidencia empírica que sustente la propuesta estratégica de integración de Inteligencia Artificial.

- Formulación de lineamientos estratégicos. Con base en los resultados estadísticos obtenidos, se estructurará una propuesta conceptual de implementación de IA, orientada a:

- Identificar procesos de dirección susceptibles de ser optimizados mediante herramientas inteligentes.

- Determinar variables críticas que pueden ser monitoreadas mediante análisis predictivo.

- Formular recomendaciones técnicas y organizacionales para la adopción progresiva de IA en PYMES del sector construcción en Colombia.

Esta fase no contempla el desarrollo de un prototipo funcional, sino la construcción de un modelo conceptual estratégico fundamentado en evidencia cuantitativa.

3.1.1 Alcance de la investigación

La presente investigación tiene como propósito analizar los factores críticos de la dirección de proyectos de obras civiles en Colombia y formular una propuesta estratégica para la implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en la fase de ejecución.

3.1.1.1 Alcance temporal

El estudio se desarrollará durante el período de julio de 2025 a marzo de 2026. Para el análisis empírico se considerarán proyectos ejecutados entre los años 2020 y 2025, con el fin de examinar dinámicas recientes de gestión y adopción tecnológica en el sector constructor.

3.1.1.2 Alcance espacial

La investigación se circunscribe al territorio colombiano, con énfasis en proyectos de obras civiles desarrollados en entornos urbanos. No se incluyen análisis comparativos internacionales ni proyectos ejecutados fuera del país.

3.1.1.3 Alcance temático

El estudio se centra exclusivamente en la dirección de proyectos en fase de ejecución, abordando variables como liderazgo, planificación, control, comunicación, gestión de recursos y

uso de herramientas tecnológicas, y su relación con indicadores de desempeño (cumplimiento de cronograma, costos y productividad).

3.1.1.4 Relevancia

La investigación es relevante porque aporta un análisis aplicado sobre cómo la incorporación estratégica de IA puede fortalecer la toma de decisiones directivas en el sector constructor colombiano, contribuyendo a mejorar eficiencia, control y desempeño organizacional.

No se abordará el diseño técnico de las obras, la formulación de políticas públicas sectoriales ni el desarrollo de prototipos tecnológicos.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Definición de la población

La población objeto de estudio está conformada por 31 profesionales vinculados a la dirección y gestión de proyectos de obras civiles en Colombia, específicamente en la fase de ejecución, quienes participan de manera directa en la toma de decisiones técnicas, operativas y administrativas.

3.2.2 Cálculo y selección de la muestra

3.2.2.1 Delimitación geográfica de la muestra

La muestra se circunscribe a profesionales que laboran en proyectos de obras civiles desarrollados en las ciudades de Bogotá D.C. y Valledupar, seleccionadas por su representatividad en la actividad constructiva y por la accesibilidad a los participantes. No se incluyen proyectos ubicados en otras regiones del país.

3.2.2.2 Tipo y tamaño de la muestra

La investigación utiliza una muestra censal, dado que se encuestó a la totalidad de la población identificada (31 profesionales). La técnica de recolección de información fue exclusivamente la encuesta.

3.2.2.3 Distribución de los encuestados según perfil profesional

- Directores de obra / Gerentes de proyecto
- Ingenieros residentes / jefes de obra
- Planificadores / Control de costos
- Supervisores / Coordinadores
- Inspectores y especialistas técnicos

3.2.2.4 Criterios de inclusión

- Profesionales con formación en ingeniería civil o áreas afines.
- Experiencia mínima de dos años en proyectos de obras civiles.
- Participación activa en la fase de ejecución de proyectos.
- Vinculación a empresas constructoras pequeñas o medianas (pymes).
- Desempeño laboral en proyectos ubicados en Bogotá D.C. o Valledupar.

3.2.2.5 Criterios de exclusión

- Profesionales dedicados exclusivamente a la fase de diseño o formulación.
- Personal administrativo sin funciones directivas o de control en obra.
- Proyectos ejecutados fuera del ámbito geográfico definido.

3.2.2.6 Revisión Documental

Adicionalmente, se realizó una revisión documental de apoyo, cuyos documentos debían cumplir los siguientes criterios:

- Informes técnicos, cronogramas, presupuestos y reportes de avance de proyectos.
- Documentación correspondiente a proyectos ejecutados entre 2020 y 2025.
- Documentos provenientes de empresas constructoras pymes o de entidades relacionadas con la gestión de proyectos.

Esta combinación de encuestas y revisión documental permitió contrastar la percepción de los actores con evidencias técnicas reales, fortaleciendo la validez de los resultados obtenidos.

3.3 Instrumentos

La recolección de datos se realizó mediante un cuestionario estructurado tipo encuesta, diseñado específicamente para la presente investigación. El instrumento fue elaborado con base en la revisión teórica y los antecedentes identificados en la literatura reciente sobre liderazgo, dirección de proyectos e integración de Inteligencia Artificial en el sector construcción.

El cuestionario está compuesto por preguntas cerradas de selección múltiple y escalas tipo Likert de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo; 5 = totalmente de acuerdo), orientadas a medir percepciones, nivel de adopción tecnológica y disposición frente a la implementación de herramientas basadas en IA en la gestión de proyectos de obras civiles en PYMES del sector construcción en Colombia.

El instrumento fue estructurado en cuatro secciones temáticas:

Sección 1. Caracterización del encuestado
Incluye preguntas relacionadas con cargo desempeñado, años de experiencia, tamaño de la empresa y tipo de proyectos ejecutados.

Sección 2. Nivel de integración tecnológica actual
Evalúa el grado de uso de herramientas digitales, software de gestión, analítica de datos y automatización en procesos de planeación y control.

Sección 3. Percepción sobre Inteligencia Artificial en la gestión de proyectos
Mide la percepción de beneficios, riesgos, utilidad estratégica y confiabilidad de la IA como herramienta de apoyo en la toma de decisiones.

Sección 4. Disposición para la implementación de IA
Explora la intención de adopción, apertura al cambio, barreras organizacionales percibidas y viabilidad de implementación en las PYMES.

Las variables fueron operacionalizadas a partir de los constructos teóricos definidos en el marco conceptual, permitiendo su posterior análisis estadístico.

Figura 1

Instrumento de toma de datos

Figura 2

Instrumento de toma de datos



Figura 3

Instrumento de toma de datos

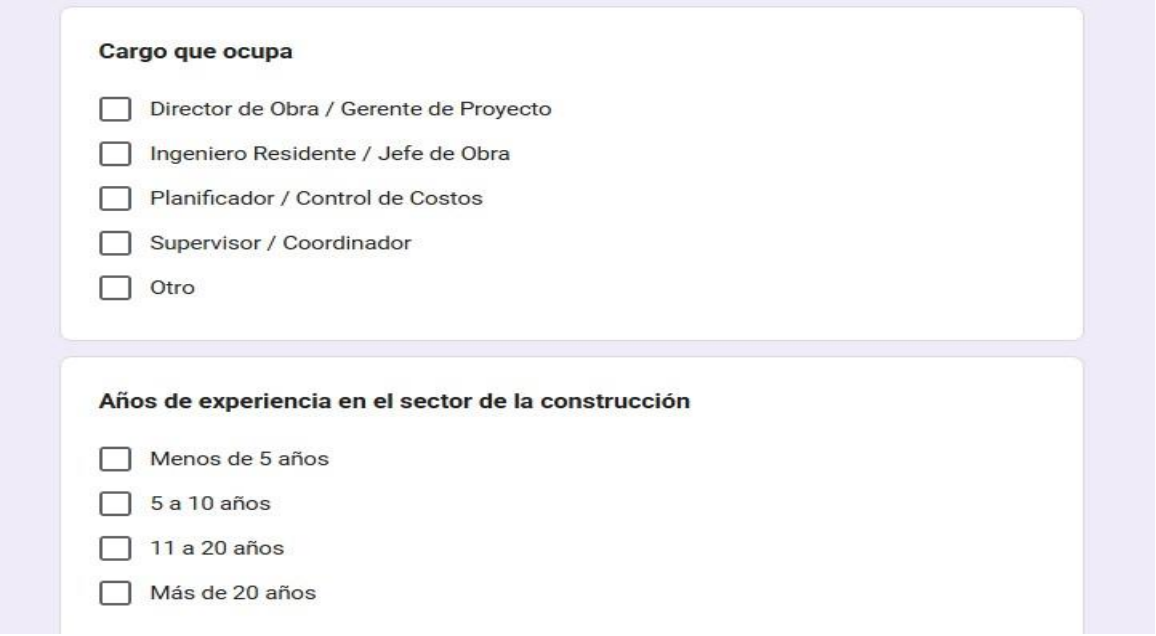


Figura 4

Instrumento de toma de datos

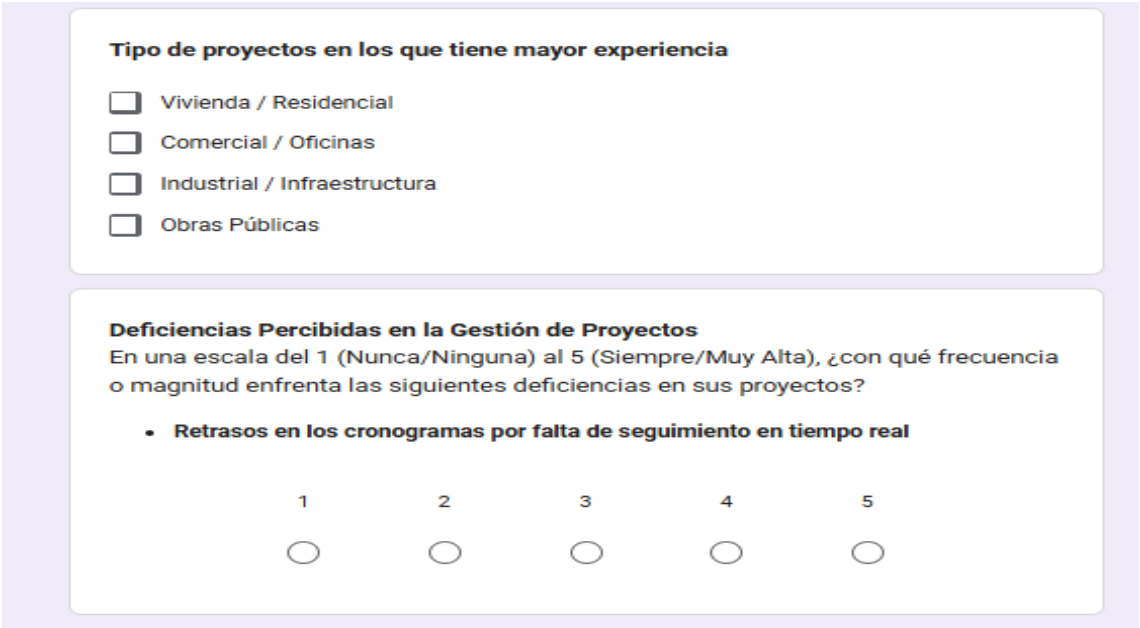


Figura 5

Instrumento de toma de datos

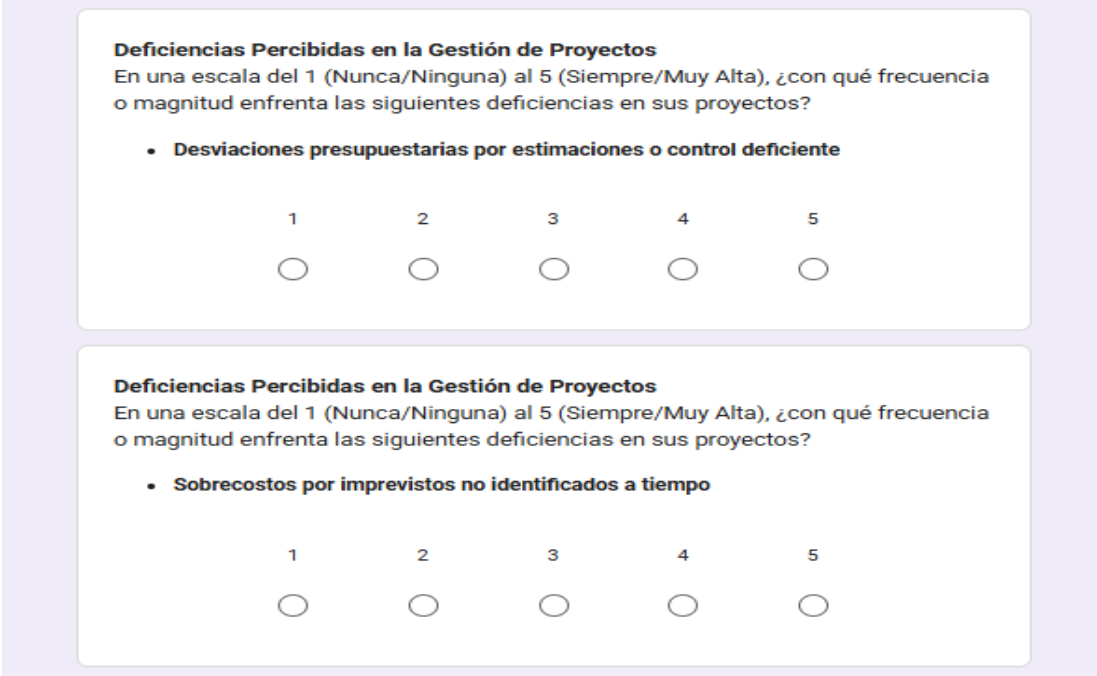


Figura 6

Instrumento de toma de datos

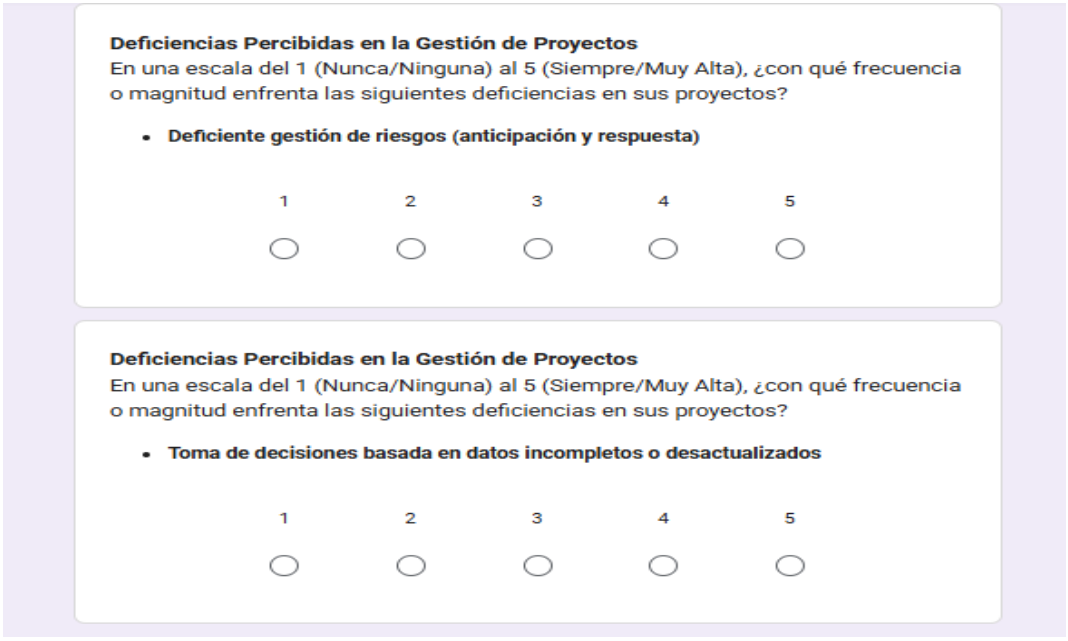


Figura 7

Instrumento de toma de datos

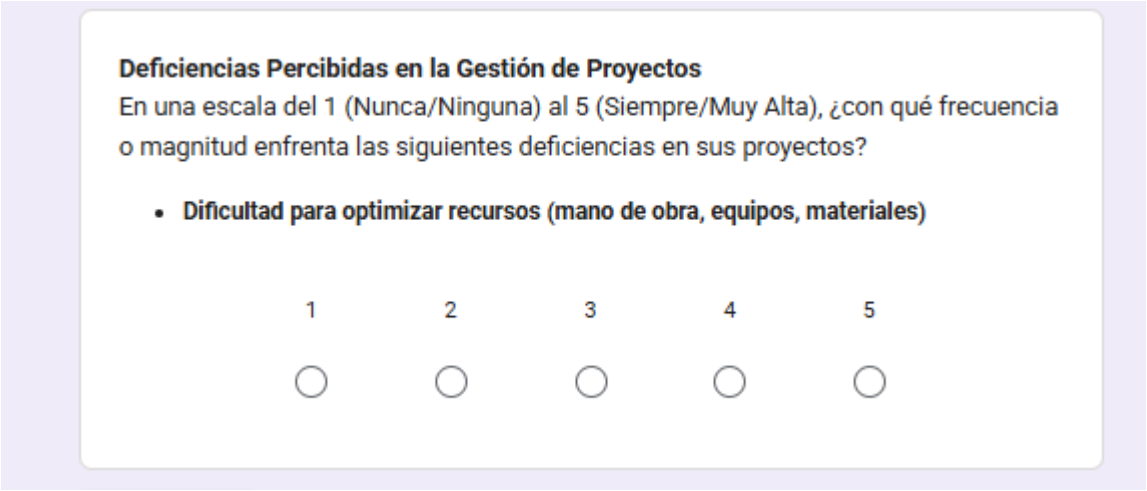


Figura 8

Instrumento de toma de datos

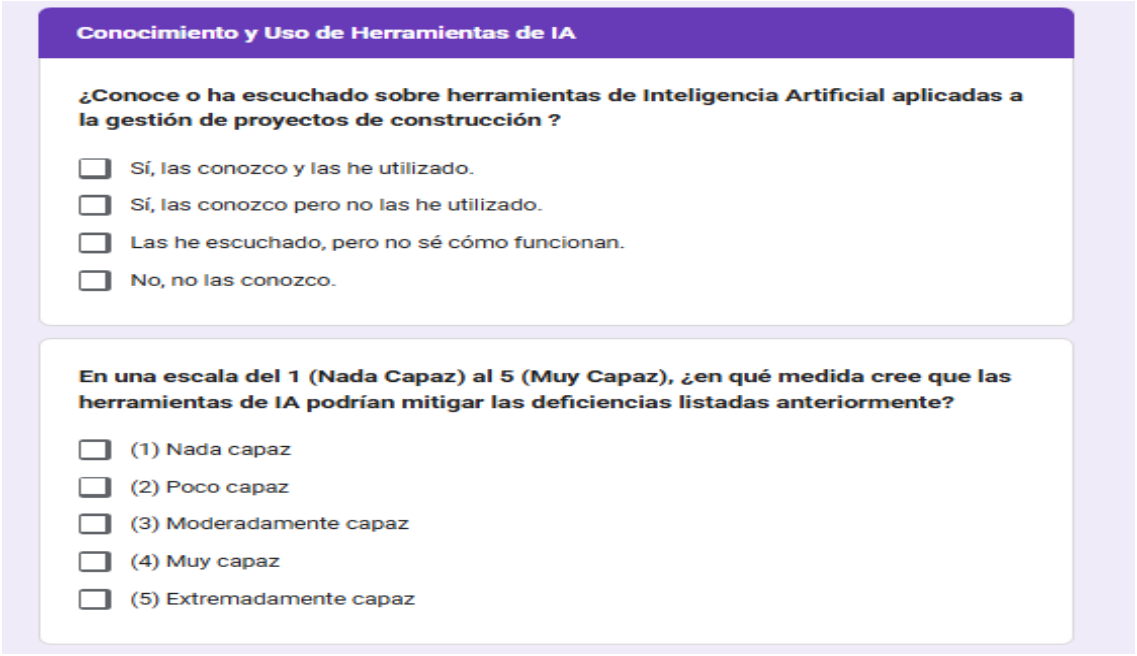


Figura 9

Instrumento de toma de datos

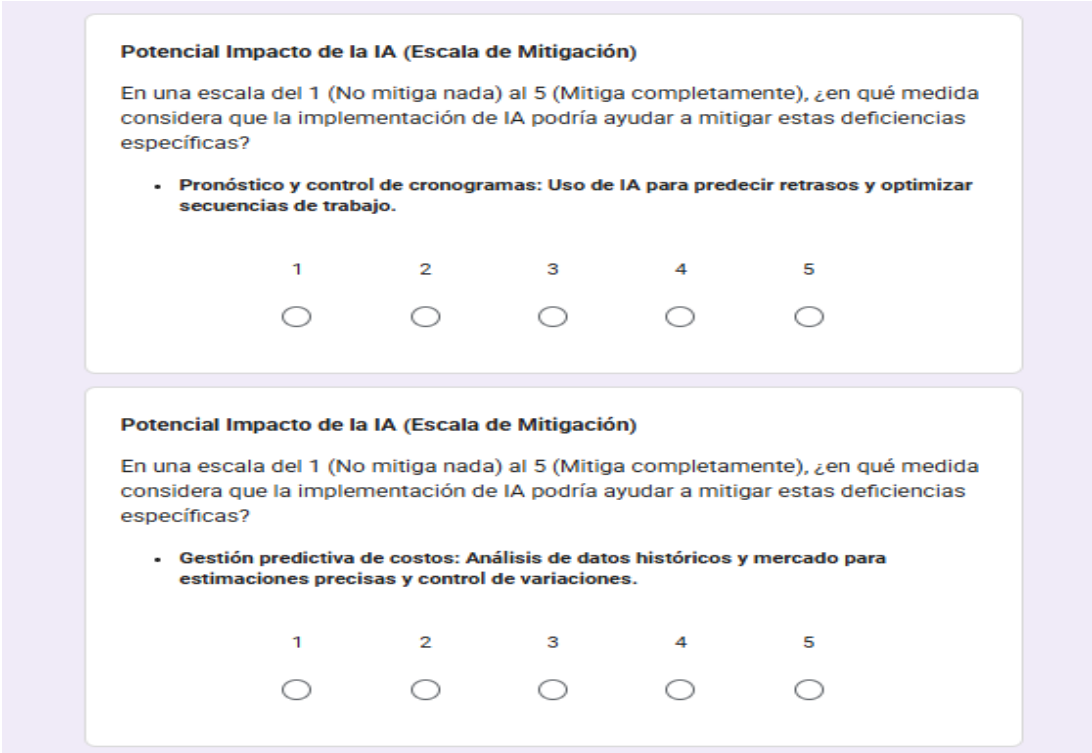


Figura 10

Instrumento de toma de datos

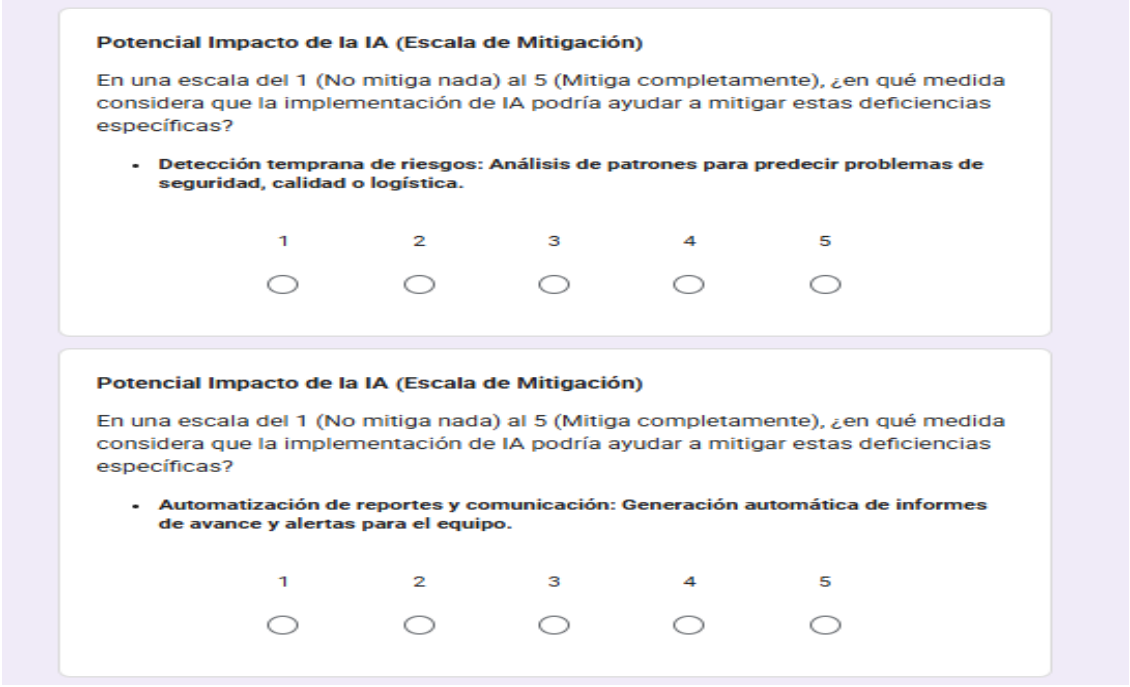


Figura 11

Instrumento de toma de datos

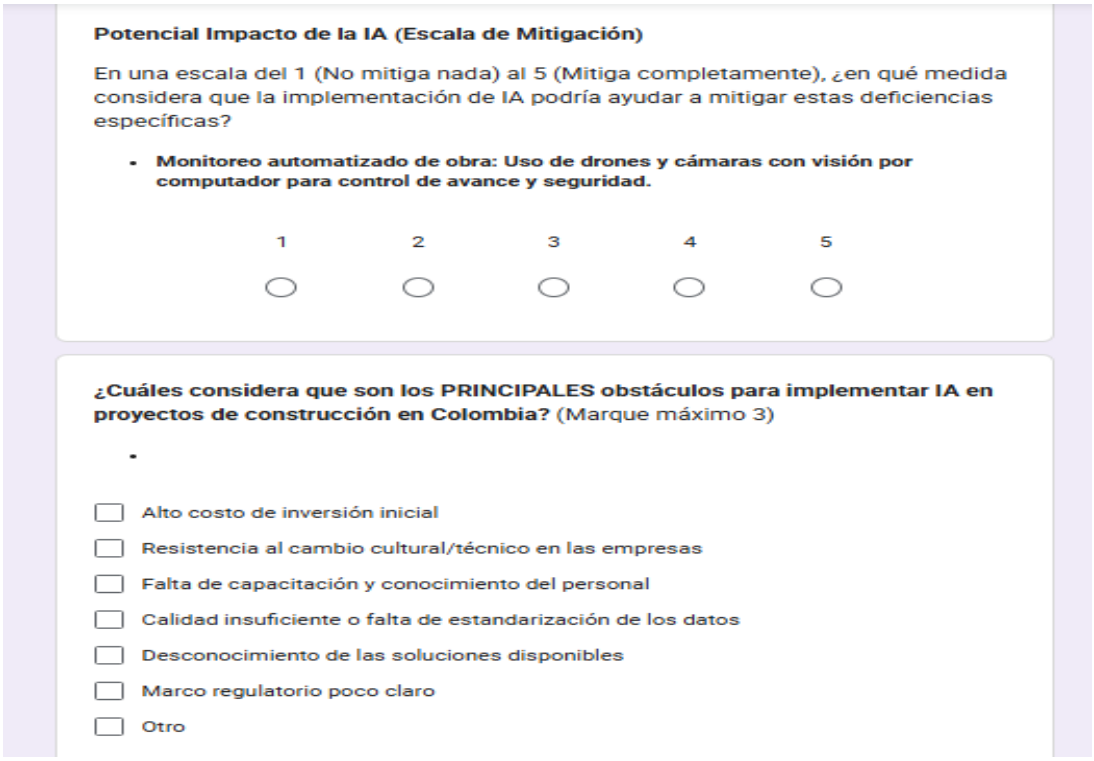
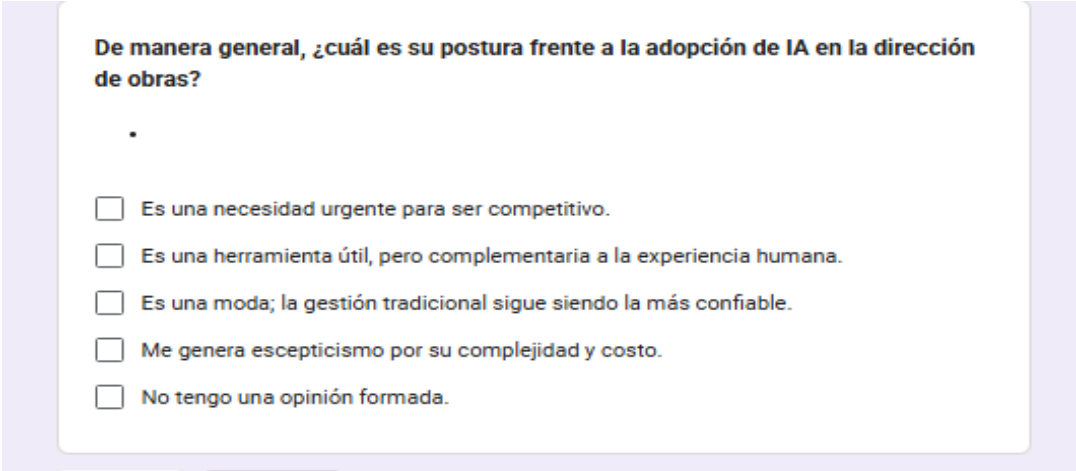


Figura 12

Instrumento de toma de datos



Ahora bien, el análisis documental incluyó la revisión de diferentes tipos de documentos técnicos relacionados con proyectos de obras civiles ejecutados entre los años 2020 y 2025 por empresas constructoras pymes. Entre los documentos consultados se encuentran informes técnicos de obra, cronogramas de ejecución, presupuestos de proyecto, reportes de avance, actas de seguimiento, registros de riesgos e informes de cierre de proyectos.

En general, estos documentos permitieron identificar aspectos clave del proceso de dirección y control de proyectos, tales como la planificación del cronograma, la gestión de costos, el seguimiento técnico de actividades, el control de calidad y la administración de riesgos. El análisis evidenció problemáticas recurrentes como retrasos en la ejecución por falta de seguimiento en tiempo real, desviaciones presupuestarias asociadas a estimaciones iniciales imprecisas, dificultades en la optimización de recursos y limitaciones en la gestión preventiva de riesgos.

Asimismo, la revisión permitió evidenciar que gran parte de la información generada durante la ejecución de los proyectos se registra en diferentes documentos técnicos, pero no siempre es utilizada de manera sistemática para apoyar la toma de decisiones estratégicas. Estos hallazgos refuerzan la importancia de integrar herramientas tecnológicas basadas en análisis de datos e Inteligencia Artificial que permitan aprovechar la información disponible y mejorar la eficiencia en la dirección de proyectos de construcción.

Adicionalmente, para la sistematización de la información obtenida en la revisión documental, se diseñó una matriz de análisis documental en formato tabular, la cual permitió organizar y comparar de manera estructurada los hallazgos identificados en cada uno de los documentos revisados. Esta matriz incluyó categorías de análisis previamente definidas en coherencia con los objetivos de la investigación y los constructos teóricos del marco conceptual.

La matriz estuvo compuesta por las siguientes variables: tipo de documento (informes técnicos, cronogramas, presupuestos, entre otros), año de elaboración, tipo de proyecto, fase del proyecto (planeación, ejecución, seguimiento o cierre), área de gestión analizada (tiempo, costos, calidad, riesgos), herramientas utilizadas, problemáticas identificadas, oportunidades de mejora y potencial de aplicación de herramientas basadas en Inteligencia Artificial.

Esta estructura permitió identificar patrones recurrentes en la gestión de proyectos de obras civiles en PYMES del sector construcción, así como establecer relaciones entre las dificultades evidenciadas y las posibles soluciones tecnológicas, facilitando el análisis comparativo y la triangulación de la información con los resultados obtenidos a partir del instrumento de encuesta.

3.4 Descripción de procedimientos

Para el desarrollo de la fase cuantitativa, el procedimiento se estructuró en cinco etapas secuenciales: diseño del instrumento, validación de contenido, selección de participantes, aplicación de la encuesta y sistematización de la información.

3.4.1 Diseño del instrumento

La encuesta fue elaborada a partir de la revisión teórica de literatura especializada sobre dirección de proyectos, compromiso organizacional y adopción tecnológica en el sector construcción.

Se definieron previamente las variables del estudio y sus dimensiones, estableciendo correspondencia entre los objetivos específicos y los ítems formulados.

El cuestionario quedó estructurado en tres secciones:

- Caracterización del participante:

  Experiencia profesional, rol desempeñado, tipo de empresa y nivel de participación en proyectos de obras civiles.

- Variables de dirección y gestión:

  Ítems tipo Likert (escala de 1 a 5) para medir liderazgo, comunicación, planificación, control del proyecto y uso de tecnología.

- Desempeño y compromiso organizacional:

Ítems orientados a medir percepción de productividad, cumplimiento de cronograma, control de costos y nivel de compromiso del equipo, este último basado en el modelo teórico de John Meyer y Natalie Allen (1997).

Se procuró que los ítems fueran claros, de redacción sencilla, sin ambigüedades y directamente relacionados con cada variable operacionalizada.

3.4.2 Validación del instrumento

Previo a su aplicación definitiva, el instrumento fue revisado para verificar:

- Claridad y comprensión de las preguntas.
- Coherencia entre variables e ítems.
- Pertinencia frente a los objetivos del estudio.

Se realizaron ajustes de redacción y orden de preguntas para mejorar su consistencia y facilitar el diligenciamiento digital.

3.4.3 Selección y contacto de los participantes

La muestra estuvo conformada por 31 profesionales del sector construcción en Colombia, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, dada la accesibilidad y disposición de los participantes.

Los criterios de inclusión fueron:

- Experiencia mínima de un (1) año en proyectos de obras civiles.
- Participación activa en procesos de dirección, supervisión o gestión de obra.
- Vinculación actual o reciente con proyectos de infraestructura en Colombia.

El contacto inicial se realizó a través de redes profesionales y contactos directos del investigador. Posteriormente, se envió un mensaje explicativo mediante la aplicación WhatsApp, donde se describía el propósito académico de la investigación, el carácter voluntario de la participación y el enlace al formulario digital.

3.4.4 Aplicación del instrumento

La encuesta fue diseñada y alojada en la plataforma Microsoft Forms, lo que permitió:

- Garantizar acceso digital desde dispositivos móviles y computadores.
- Evitar la recopilación de datos personales sensibles.
- Automatizar el almacenamiento de respuestas en una base de datos estructurada.

El enlace fue distribuido de manera individual a cada participante mediante WhatsApp.

El diligenciamiento se realizó de forma autónoma por parte de los encuestados, en un único momento del tiempo (diseño transversal). Las respuestas fueron registradas automáticamente en la base de datos generada por la plataforma.

3.4.5 Recolección y sistematización de la información

Una vez finalizado el periodo de aplicación, las respuestas fueron descargadas en formato compatible con hoja de cálculo y posteriormente depuradas para:

- Verificar integridad de datos.
- Identificar posibles respuestas incompletas.
- Codificar las variables según su naturaleza (ordinal, nominal o de intervalo).

La base final fue preparada para su análisis estadístico descriptivo y correlacional mediante el software JASP, utilizando medidas de tendencia central y análisis de asociación entre variables.

3.4.6 Revisión documental

Con el propósito de complementar la información obtenida mediante la encuesta y fortalecer el marco analítico de la investigación, se realizó una revisión documental de literatura científica, informes técnicos y documentos institucionales relacionados con dirección de proyectos, liderazgo organizacional y adopción de Inteligencia Artificial en el sector construcción, y con el fin de sistematizar la información obtenida durante la revisión documental, se diseñó una matriz de análisis documental que permitió registrar de manera

estructurada los principales hallazgos identificados en los documentos técnicos analizados. Esta matriz facilitó la organización, comparación e interpretación de la información proveniente de los diferentes proyectos revisados.

La matriz incluyó variables relacionadas con los aspectos fundamentales de la gestión de proyectos de construcción, tales como: tipo de documento, año del proyecto, tipo de proyecto, componente de gestión analizado (planificación del cronograma, gestión de costos, control de calidad, seguimiento de actividades y gestión de riesgos), problemáticas identificadas y hallazgos relevantes asociados al proceso de dirección y control del proyecto.

Esta matriz permitió identificar patrones y problemáticas recurrentes en la gestión de proyectos ejecutados por empresas constructoras pymes, lo cual sirvió como insumo para el análisis comparativo con los resultados obtenidos a partir de las encuestas aplicadas a los actores del sector.

3.4.6.1 Búsqueda y gestión de documentos

La identificación de fuentes se realizó mediante consulta en bases de datos académicas y repositorios especializados.

Se emplearon combinaciones de palabras clave en español e inglés, tales como:

“inteligencia artificial en construcción”, “project management and artificial intelligence”, “liderazgo digital”, “organizational commitment in construction”, “digital transformation in SMEs”.

Los criterios de inclusión fueron:

- Publicaciones entre 2016 y 2024.
- Artículos científicos arbitrados, libros académicos e informes de organismos internacionales.
- Estudios relacionados con sector construcción, gestión de proyectos o transformación digital organizacional.

Se excluyeron documentos sin respaldo académico, blogs no científicos y publicaciones sin revisión editorial.

3.4.6.2 Proceso de revisión y análisis del contenido

Una vez seleccionados los documentos, se realizó una lectura analítica en dos fases:

- Lectura exploratoria, orientada a identificar pertinencia temática y correspondencia con las variables del estudio.
- Lectura profunda y analítica, enfocada en:

    - ✓ Identificación de conceptos clave.
    - ✓ Variables y dimensiones utilizadas por otros autores.
    - ✓ Resultados empíricos relacionados con desempeño, liderazgo y adopción tecnológica.
    - ✓ Modelos teóricos aplicables al contexto de PYMES del sector construcción.

3.4.6.3 Extracción y sistematización de información

La información relevante fue organizada en una matriz de revisión documental elaborada en hoja de cálculo, donde se registró:

- Autor y año.
- Objetivo del estudio.
- Metodología empleada.
- Variables analizadas.
- Principales hallazgos.
- Aportes al presente estudio.

Esta sistematización permitió:

- Fundamentar la construcción del instrumento.
- Sustentar la definición de variables.
- Establecer relaciones teóricas entre IA, liderazgo y desempeño organizacional.
- Identificar vacíos investigativos en el contexto colombiano.

3.5 Análisis de información

El tratamiento y análisis de la información se realizó exclusivamente a partir de los datos cuantitativos recolectados mediante la aplicación de la encuesta estructurada dirigida a 31 profesionales del sector de la construcción en Colombia.

Una vez finalizado el proceso de recolección, las respuestas fueron exportadas desde la plataforma digital a una hoja de cálculo, donde se efectuó una fase de depuración inicial. Esta etapa incluyó la revisión de encuestas incompletas, la verificación de consistencia en las respuestas, la eliminación de registros duplicados y el control de posibles valores atípicos o respuestas incoherentes. Este procedimiento permitió garantizar la calidad y confiabilidad de la base de datos antes de proceder al análisis estadístico.

Posteriormente, la información fue organizada en una matriz estructurada, clasificando cada ítem según las dimensiones previamente definidas en el marco teórico y en la operacionalización de variables. Dado que el instrumento empleó escalas tipo Likert, las respuestas fueron codificadas numéricamente en un rango de 1 a 5, donde 1 correspondió a “Nunca/Ninguna” y 5 a “Siempre/Muy Alta”. Esta codificación permitió transformar percepciones cualitativas en datos cuantificables susceptibles de análisis estadístico.

Con el fin de simplificar la interpretación y fortalecer la coherencia analítica, los ítems correspondientes a cada dimensión fueron agrupados para construir variables compuestas, calculando promedios por dimensión. Esta estrategia permitió evaluar tendencias generales y comparar el comportamiento relativo entre variables.

El análisis estadístico se realizó mediante el software JASP, empleando principalmente estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes, medias y desviación estándar). Asimismo, se efectuaron análisis de correlación entre variables con el propósito de identificar posibles asociaciones entre prácticas directivas, nivel de madurez tecnológica y percepción del impacto de la Inteligencia Artificial en el desempeño de los proyectos.

Dado el tamaño de la muestra (n = 31), los resultados se interpretan bajo un enfoque exploratorio, sin pretensión de generalización estadística a toda la población del sector construcción en Colombia. En consecuencia, los hallazgos permiten identificar tendencias y

patrones dentro del grupo analizado, sirviendo como base empírica para la formulación de lineamientos estratégicos.

Los resultados se presentan mediante tablas de frecuencias, estadísticos descriptivos, matrices de correlación y gráficos que facilitan la visualización comparativa entre dimensiones.

3.5.1 *Dimensión: Madurez tecnológica y deficiencias en la gestión de proyectos*

Esta dimensión tuvo como propósito identificar las principales falencias percibidas en la gestión de proyectos de obras civiles y establecer el nivel de madurez tecnológica en las organizaciones participantes.

Los ítems asociados evaluaron la frecuencia con la que se presentan situaciones como retrasos en cronogramas por falta de seguimiento en tiempo real, desviaciones presupuestarias derivadas de estimaciones imprecisas, sobrecostos por imprevistos no identificados oportunamente, deficiencias en la gestión de riesgos, toma de decisiones basada en información incompleta y dificultades en la optimización de recursos (mano de obra, equipos y materiales).

El análisis de esta dimensión permitió establecer una línea base sobre las debilidades estructurales que podrían ser mitigadas mediante herramientas tecnológicas avanzadas.

3.5.2 Dimensión: Conocimiento y uso de herramientas de Inteligencia Artificial

Esta dimensión estuvo orientada a evaluar el nivel de familiaridad de los profesionales con herramientas de IA aplicadas a la gestión de proyectos, así como su percepción sobre la capacidad de estas tecnologías para mitigar las deficiencias previamente identificadas.

Se analizaron tanto el grado de conocimiento declarado como la percepción del potencial correctivo de la IA frente a problemáticas específicas del sector.

3.5.3 Dimensión: Potencial impacto de la IA en la dirección de proyectos

En esta dimensión se evaluó la percepción del impacto potencial de la IA en procesos clave de la gestión de proyectos, tales como:

- Pronóstico y control de cronogramas mediante modelos predictivos.
- Gestión predictiva de costos basada en análisis de datos históricos.
- Detección temprana de riesgos operativos y de seguridad.
- Automatización de reportes y mejora en la comunicación.
- Monitoreo automatizado de obra mediante tecnologías emergentes.

El propósito fue determinar en qué áreas los profesionales identifican mayor valor agregado en la implementación de estas herramientas.

3.5.4 Dimensión: Obstáculos para la implementación de IA

Se analizaron las principales barreras percibidas para la adopción de IA en proyectos de construcción en Colombia, entre ellas el alto costo de inversión inicial, la resistencia al cambio organizacional, la falta de capacitación, la calidad insuficiente de los datos y la percepción de un marco regulatorio poco claro.

Esta dimensión permitió comprender las limitaciones estructurales que podrían afectar la viabilidad de una estrategia de integración tecnológica.

3.5.5 Dimensión: Postura frente a la adopción de IA

Finalmente, se evaluó la postura general de los participantes frente a la adopción de IA en la dirección de obras civiles, identificando si esta es percibida como una necesidad estratégica, una herramienta complementaria, una tendencia pasajera o una tecnología que genera escepticismo.

Esta variable resulta clave para interpretar la disposición cultural del sector frente a procesos de transformación digital.

3.5.6 Análisis de la revisión documental

El análisis de la información derivada de la revisión documental se realizó mediante un enfoque cualitativo de carácter analítico–comparativo, orientado a identificar categorías conceptuales, tendencias investigativas y hallazgos empíricos relevantes para el objeto de estudio.

Una vez sistematizados los documentos en la matriz de revisión documental, se desarrollaron las siguientes fases de análisis:

3.5.6.1 Categorización temática

Los documentos fueron organizados en función de las variables centrales del estudio:

- Dirección y liderazgo en proyectos de construcción.
- Transformación digital y madurez tecnológica.
- Aplicaciones de Inteligencia Artificial en gestión de proyectos.
- Desempeño organizacional y compromiso laboral.
- Barreras para la adopción tecnológica en PYMES.

Esta categorización permitió identificar convergencias teóricas y vacíos investigativos, especialmente en el contexto latinoamericano.

3.5.6.2 Análisis de contenido

Se realizó un análisis de contenido orientado a:

- Identificar definiciones conceptuales predominantes.
- Reconocer modelos teóricos utilizados en estudios previos.
- Determinar relaciones recurrentes entre variables
- Extraer evidencia empírica que sustentara la hipótesis de la investigación.

El análisis no se limitó a una descripción narrativa, sino que permitió establecer patrones de asociación reportados en la literatura, los cuales posteriormente fueron contrastados con los resultados obtenidos en la fase cuantitativa.

3.5.6.3 Integración con el análisis cuantitativo

Los hallazgos documentales cumplieron tres funciones dentro del análisis general:

- Fundamentar la interpretación de los resultados estadísticos.
- Contrastar los hallazgos empíricos con evidencia internacional.

- Sustentar la formulación de lineamientos estratégicos propuestos en la investigación.

De esta manera, el análisis final no se limitó a la descripción de frecuencias y correlaciones, sino que integró evidencia empírica primaria (encuesta) con evidencia secundaria (revisión documental), fortaleciendo la validez teórica del estudio.

3.6 Análisis de consideraciones éticas

La presente investigación se desarrolló en cumplimiento de los principios éticos que rigen la investigación académica en Colombia, garantizando el respeto por los derechos, la dignidad y el bienestar de los participantes, así como el uso responsable de la información recolectada.

Dado que el estudio emplea análisis de datos y propone lineamientos estratégicos relacionados con Inteligencia Artificial aplicada a la dirección de proyectos, se adoptaron medidas adicionales orientadas a la transparencia, la protección de la información y la supervisión humana en la interpretación de resultados.

3.6.1 Consentimiento informado

En cumplimiento de lo establecido en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social, la investigación se clasifica como sin riesgo, dado que no interviene sobre variables biológicas, psicológicas o sociales de los participantes, sino que recolecta percepciones profesionales mediante encuesta.

Antes de iniciar el diligenciamiento del instrumento, los participantes visualizaron un apartado obligatorio de consentimiento informado en la plataforma Microsoft Forms. La encuesta no podía iniciarse sin marcar la opción de aceptación.

El texto incluido fue el siguiente:

- Declaración de consentimiento informado

Usted está siendo invitado(a) a participar en una investigación académica desarrollada en el marco de la Especialización en Gerencia de Proyectos de la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO.

El objetivo del estudio es analizar prácticas de dirección de proyectos de obras civiles y explorar lineamientos estratégicos para la implementación de herramientas de Inteligencia Artificial en el sector construcción en Colombia.

Su participación es completamente voluntaria. No recibirá compensación económica ni material por participar. Puede abstenerse de responder cualquier pregunta o retirarse en cualquier momento sin consecuencia alguna.

La encuesta es anónima; no se solicitarán datos personales, nombres, empresas ni información que permita su identificación. La información será utilizada exclusivamente con fines académicos y será analizada de manera agregada.

Al seleccionar la opción “Acepto participar”, usted manifiesta haber leído la información anterior y autoriza el uso de sus respuestas para fines investigativos.

- Confidencialidad y protección de datos

En concordancia con la Ley 1581 de 2012, no se recolectaron datos personales ni direcciones IP. Las respuestas fueron almacenadas en una base de datos digital protegida, utilizada exclusivamente para fines académicos.

Los datos fueron analizados de forma agregada, evitando cualquier posibilidad de identificación individual o empresarial.

Ver figura 2. Instrumento de toma de datos

3.6.2 Uso ético de la Inteligencia Artificial

Desde la perspectiva tecnológica, la investigación concibe la Inteligencia Artificial como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, no como sustituto del criterio profesional. Los lineamientos propuestos priorizan la supervisión humana, la interpretación contextual y la prevención de sesgos algorítmicos, evitando decisiones automatizadas que puedan afectar negativamente a los actores del proyecto**.**

3.6.3 Principios éticos aplicados

La investigación se fundamenta en los principios de:

- Autonomía, al respetar la decisión libre e informada de los participantes.
- Beneficencia, al orientar el estudio hacia la mejora de la gestión en proyectos de obras civiles.
- No maleficencia, evitando cualquier riesgo laboral, reputacional o profesional.
- Justicia, garantizando trato equitativo y no discriminatorio.

3.6.4 Aval académico

El estudio se desarrolla como trabajo de grado adscrito a la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO), en el marco de la Especialización en Gerencia de Proyectos, bajo la orientación académica correspondiente y en cumplimiento de los lineamientos institucionales de investigación.

4 HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis general

H1: Existe una relación positiva entre el nivel de uso de herramientas tecnológicas, incluyendo aplicaciones basadas en Inteligencia Artificial, en la dirección de proyectos de obras civiles y el desempeño percibido del proyecto en términos de cumplimiento de cronograma, control de costos y productividad.

4.1.1 Hipótesis nula (H0)

No existe relación significativa entre el uso de herramientas tecnológicas en la dirección de proyectos y el desempeño percibido del proyecto.

4.1.2 Hipótesis específicas

H1a: Existe relación positiva entre el uso de tecnología en la planificación del proyecto y el cumplimiento del cronograma.

H1b: Existe relación positiva entre el uso de tecnología en el control del proyecto y la percepción de control de costos.

H1c: Existe relación significativa entre el conocimiento de herramientas de Inteligencia Artificial y la disposición favorable hacia su adopción en la dirección de obras civiles.

H1d: Existe relación positiva entre el nivel de compromiso organizacional del equipo y el desempeño percibido del proyecto.

4.2 Desarrollo y articulación de las variables del estudio

Las variables del estudio fueron definidas a partir del marco teórico y operacionalizadas mediante los ítems incluidos en el cuestionario estructurado. A continuación, se presenta su descripción conceptual y su relación con las hipótesis planteadas.

4.2.1 Variable independiente 1: Uso de tecnología en la dirección del proyecto

Definición conceptual

Hace referencia al nivel de integración de herramientas digitales en los procesos de planificación, seguimiento, control y toma de decisiones dentro de proyectos de obras civiles. Incluye software de gestión, sistemas de seguimiento en tiempo real y herramientas analíticas.

Definición operacional

Se midió mediante ítems tipo Likert (1–5) que evaluaron:

- Uso de herramientas digitales para planificación.
- Seguimiento de cronograma en tiempo real.
- Control presupuestal apoyado en sistemas tecnológicos.
- Uso de datos históricos para toma de decisiones.

4.2.2 Articulación con hipótesis

Esta variable se relaciona directamente con:

- **H1** (hipótesis general).
- **H1a** (uso en planificación – cumplimiento de cronograma).
- **H1b** (uso en control – percepción de control de costos).

Se espera que un mayor nivel de uso tecnológico se asocie con mejor desempeño percibido.

4.2.3 Variable independiente 2: Conocimiento y percepción sobre herramientas de IA

- Definición conceptual

Corresponde al grado de familiaridad, comprensión y valoración que tienen los profesionales sobre aplicaciones de Inteligencia Artificial en la gestión de proyectos (modelos predictivos, análisis de datos, automatización, monitoreo inteligente).

- Definición operacional

Se evaluó mediante:

- Nivel declarado de conocimiento.
- Percepción del potencial de la IA para mitigar retrasos, sobrecostos y riesgos.
- Valoración de su impacto en productividad.

4.2.4 Articulación con hipótesis

Se vincula principalmente con:

- H1 (relación general tecnología–desempeño).
- H1c (conocimiento de IA – disposición favorable a adopción).

La hipótesis plantea que mayor conocimiento se asocia con mayor apertura hacia su implementación.

4.2.5 Variable independiente 3: Prácticas directivas

Definición conceptual

Conjunto de acciones relacionadas con liderazgo, planificación estratégica, comunicación y control, que influyen en la ejecución del proyecto y en el desempeño del equipo.

Definición operacional

Medida mediante ítems Likert asociados a:

- Claridad en la planificación.
- Seguimiento sistemático.
- Comunicación efectiva.
- Liderazgo orientado a resultados.

4.2.6 Articulación con hipótesis

Se relaciona indirectamente con:

- H1 (desempeño global).
- H1d (prácticas directivas y compromiso organizacional).

Se plantea que mejores prácticas directivas fortalecen el compromiso y, por tanto, el desempeño.

4.2.7 Variable dependiente: Desempeño percibido del proyecto

Definición conceptual

Se entiende como el grado en que el proyecto cumple con sus objetivos en términos de tiempo, costo, productividad y reducción de conflictos.

Definición operacional

Fue medida a través de:

- Cumplimiento del cronograma.
- Control de costos.
- Nivel de productividad.
- Reducción de conflictos operativos.

Estas dimensiones fueron promediadas para construir una variable compuesta de desempeño general.

4.2.8 Variable adicional: Compromiso organizacional

Definición conceptual

Basado en el modelo tridimensional de John Meyer y Natalie Allen (1997), el compromiso organizacional se compone de:

- Compromiso afectivo
- Compromiso de continuidad
- Compromiso normativo

En esta investigación se aborda principalmente desde la percepción general de vinculación y responsabilidad del equipo frente al proyecto.

4.2.9 Definición operacional

Medido mediante ítems Likert relacionados con:

- Identificación con los objetivos del proyecto.
- Disposición a esfuerzo adicional.
- Sentido de pertenencia.

4.2.10 Articulación con hipótesis

Se relaciona directamente con:

- H1d (compromiso – desempeño percibido).

Se plantea que mayores niveles de compromiso se asocian con mejores resultados del proyecto.

4.3 Variable adicional de análisis

- Compromiso organizacional (basado en el modelo de John Meyer y Natalie Allen)

5 RESULTADOS

5.1 Presentación de resultados

Los resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada se presentan de manera ordenada y sistemática, con el propósito de facilitar su comprensión e interpretación en relación con los objetivos de la investigación. La información recolectada se organiza atendiendo a las categorías de análisis previamente definidas, las cuales se relacionan con el rol, las funciones y el impacto de la dirección de obra en la ejecución de proyectos de construcción.

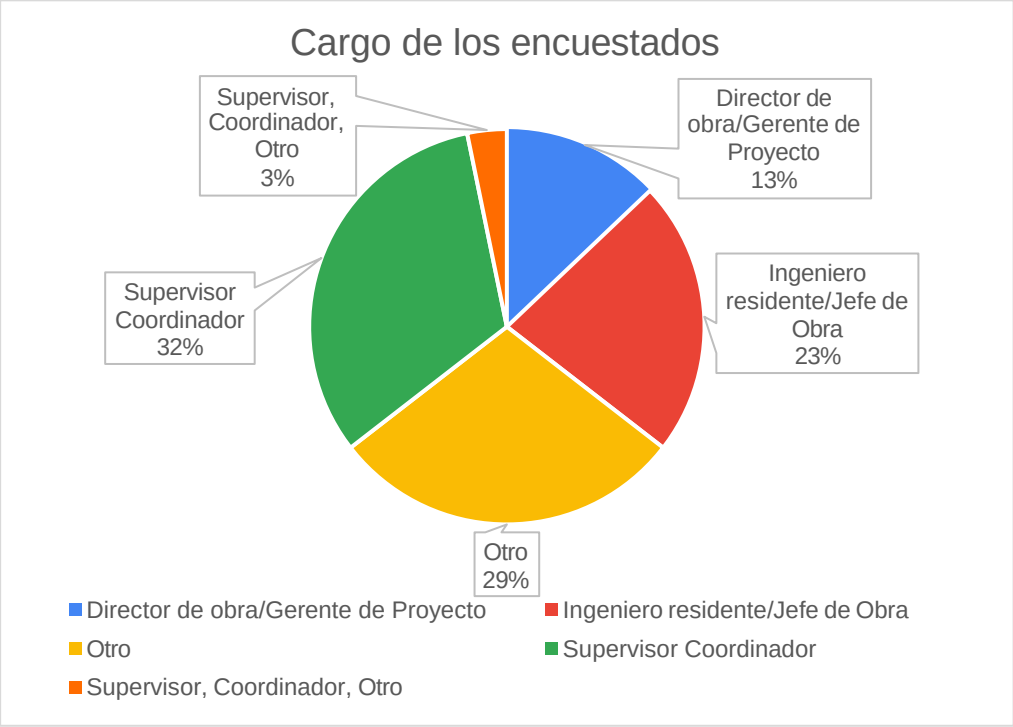
Inicialmente, se realiza una caracterización general de los participantes, considerando variables como el perfil profesional, la experiencia en el sector y el tipo de proyectos en los que han participado. Esta información permite contextualizar los resultados y comprender desde qué perspectivas se emiten las respuestas.

Tabla 1 *Cargo de los encuestados*

Cargo de los Encuestados		
Director de obra/Gerente de Proyecto	4	13%
Ingeniero residente/Jefe de Obra	7	23%
Otro	9	29%
Supervisor Coordinador	10	32%
Supervisor, Coordinador, Otro	1	3%
TOTAL	31	100%

Figura 13

Cargo de los encuestados



La Figura 13 presenta la distribución de los cargos desempeñados por los profesionales que participaron en la encuesta aplicada en el marco de esta investigación. Los resultados evidencian que la mayor proporción de los encuestados corresponde a supervisores o coordinadores, quienes representan el 32 % de la muestra, seguidos por la categoría “Otros” con un 29 %, la cual incluye perfiles técnicos y profesionales relacionados con la gestión y ejecución de proyectos de obra civil.

Asimismo, se observa que el 23 % de los participantes se desempeñan como ingenieros residentes o jefes de obra, mientras que el 13 % corresponde a directores de obra o gerentes

de proyecto. Finalmente, un 3 % se ubica en otras funciones de supervisión o coordinación de menor representación.

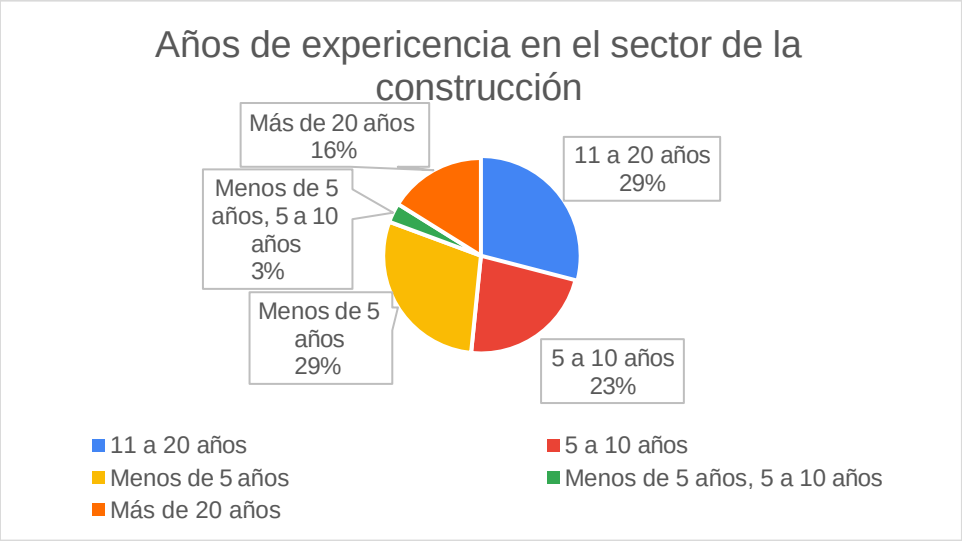
Esta distribución evidencia que la muestra incluye profesionales con distintos niveles de responsabilidad dentro de los proyectos de construcción, lo que resulta pertinente para los objetivos del estudio, dado que permite recoger percepciones desde roles estratégicos, tácticos y operativos. En consecuencia, los resultados obtenidos reflejan una visión integral del direccionamiento de proyectos de obras civiles y del potencial uso de tecnologías de inteligencia artificial en la toma de decisiones, la gestión de riesgos y la productividad del sector.

Tabla 2 Años de experiencia en el sector de la construcción

Años de experiencia en el sector de la construcción		
11 a 20 años	9	29%
5 a 10 años	7	23%
Menos de 5 años	9	29%
Menos de 5 años, 5 a 10 años	1	3%
Más de 20 años	5	16%
TOTAL	31	100%

Figura 14

Años *de experiencia en el sector de la construcción*



La figura 14 nos muestra que de los profesionales encuestados comparten el mayor número aquellos que tienen entre 11 a 20 años de experiencia y los que tienen menos de 5 años de experiencia con un 29% de la muestra. Luego están los profesionales que tienen experiencia de 5 a 10 años con un 23%, le siguen aquellos que tienen mas de 20 años de experiencia con un 16%. Dentro de las respuestas encontramos un dato ambiguo que no se toma en cuenta dentro de la muestra ya que no nos permite enmarcarlo dentro de los rangos establecidos en la muestra y que corresponde al 3%.

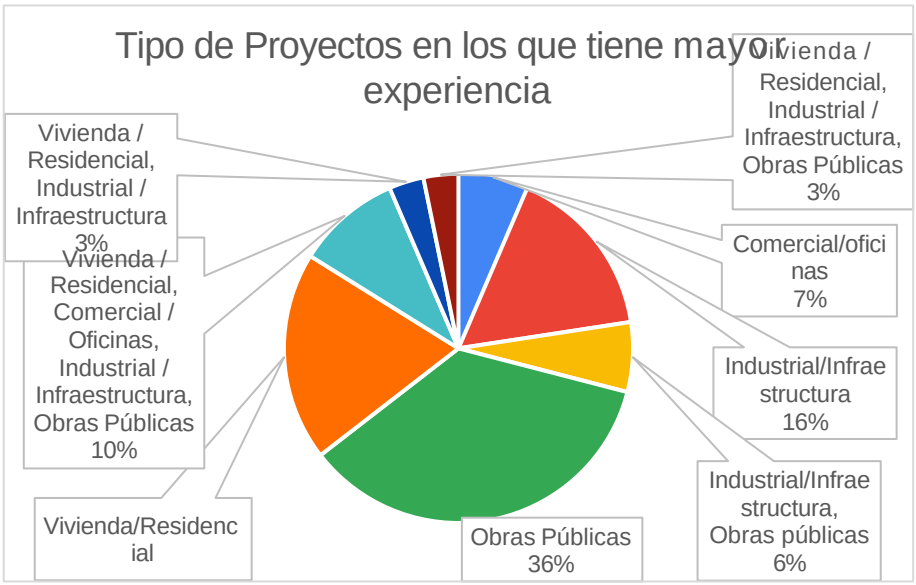
Los resultados evidencian que el sector cuenta con una base profesional diversa en términos de experiencia, con predominio de profesionales en etapas tempranas y medias, pero con una participación significativa de personal altamente experimentado. Esto sugiere una estructura laboral balanceada que combina renovación generacional con conocimiento técnico acumulado, lo cual puede impactar positivamente en la calidad, innovación y sostenibilidad de los proyectos de construcción.

Tabla 3 *Tipo de proyectos en los que tiene mayor experiencia*

Tipo de proyectos en los que tiene mayor experiencia		
Comercial/oficinas	2	6%
Industrial/Infraestructura	5	16%
Industrial/Infraestructura, Obras públicas	2	6%
Obras Públicas	11	35%
Vivienda/Residencial	6	19%
Vivienda / Residencial, Comercial / Oficinas, Industrial / Infraestructura, Obras Públicas	3	10%
Vivienda / Residencial, Industrial / Infraestructura	1	3%
Vivienda / Residencial, Industrial / Infraestructura, Obras Públicas	1	3%
TOTAL	31	100%

Figura 15

Tipo de proyectos en los que tiene mayor experiencia



La figura 15 muestra que el porcentaje más alto de los profesionales han participado en obras públicas, es decir, el 36%; luego se encuentran aquellos profesionales que han ejecutado obras de vivienda en un 19% seguido de aquellos que han desarrollado proyectos industriales o infraestructura en un 16%. Encontramos tres porcentajes que corresponden a aquellos profesionales que han laborado en diferentes tipos de construcciones que al sumarlos corresponden al 19%. Finalmente se muestra a aquellos que han ejecutado proyectos de tipo comercial/oficinas con un 7%.

Los resultados evidencian que la experiencia predominante de los encuestados se concentra en Obras Públicas e Infraestructura, seguida por el sector Residencial. Más de la mitad de la muestra tiene experiencia directa o combinada en proyectos públicos, lo que sugiere un perfil profesional fuertemente orientado a la contratación estatal y proyectos de impacto colectivo. Asimismo, se observa una proporción significativa de profesionales con experiencia en múltiples tipologías de proyecto, lo que fortalece la capacidad técnica y estratégica del grupo analizado.

Tabla 4 *Frecuencia reportada por JASP para el cargo que ocupan los encuestados y los años de experiencia.*

Frecuencias para cargo que ocupa		
Cargo que Ocupa	**Frecuencia**	**Porcentaje**
Director de Obra/Gerente de Proyecto	4	13%
Ingeniero Residente/Jefe de Obra	7	23%
Otro	9	29%
Supervisor /Coordinador	10	32%
Supervisor/Coordinador, Otro	1	3%
Ausente	0	0%
Total	31	100%

Figura 16

Frecuencias para el cargo que ocupa

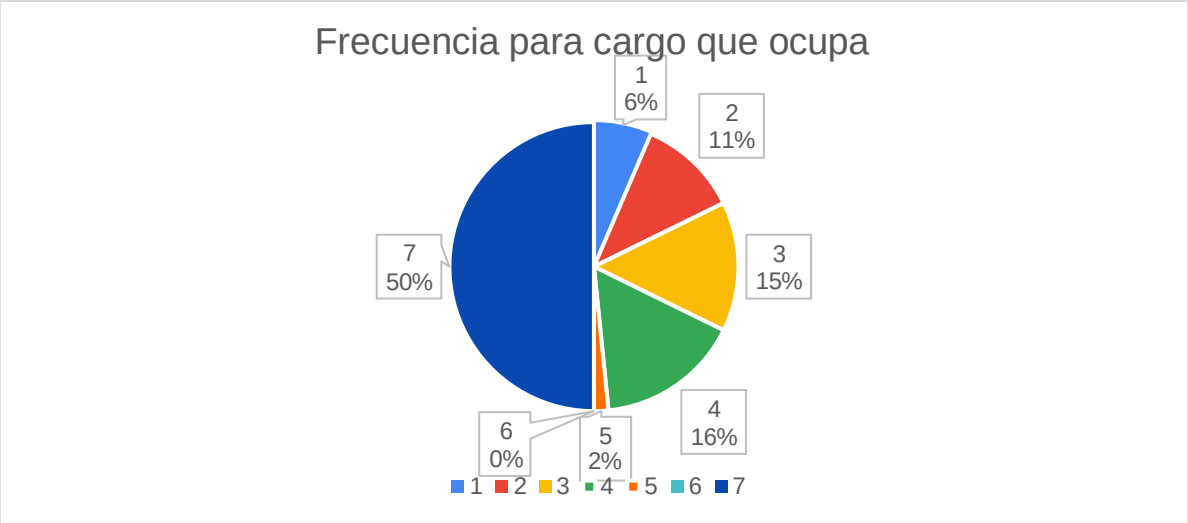
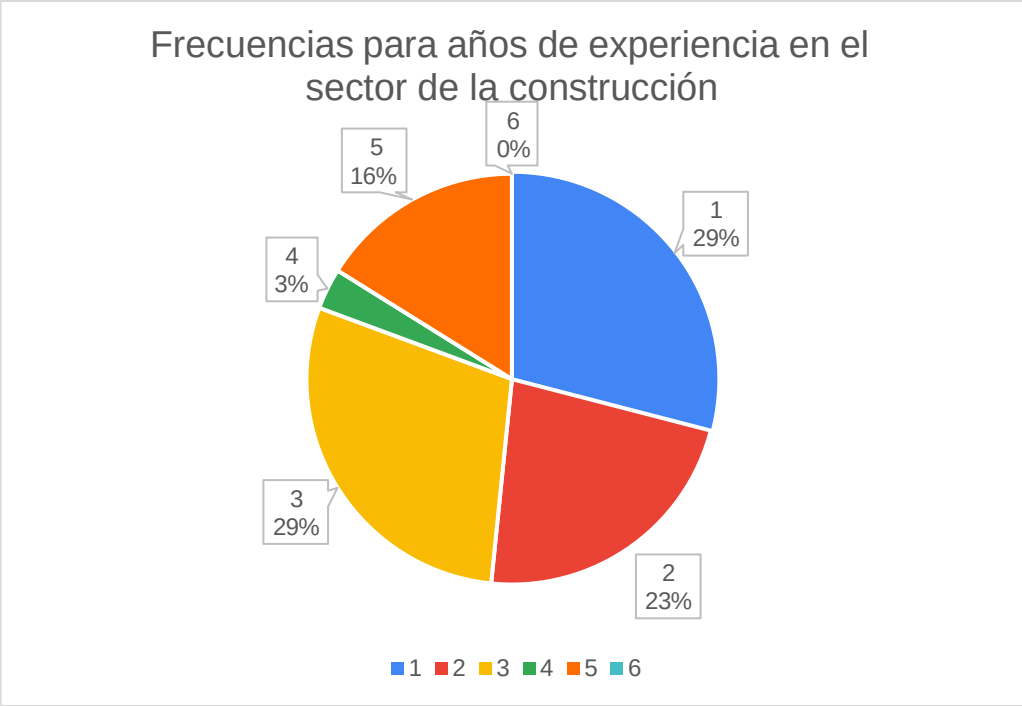


Tabla 5 Frecuencias para años de experiencia en el sector de la construcción

Frecuencias para años de experiencia en el sector de la construcción		
Años de experiencia en el sector de la construcción	**Frecuencia**	**Porcentaje**
11 a 20 años	9	29%
5 a 10 años	7	23%
Menos de 5 años	9	29%
Menos de 5 años, 5 a 10 años	1	3%
Más de 20 años	5	16%
Ausente	0	0%
Total	31	100%

Figura 17

Frecuencias para años de experiencia en el sector de la construcción



Posteriormente, los resultados se presentan mediante un análisis descriptivo, utilizando frecuencias, porcentajes y, cuando es pertinente, medidas de tendencia central. Las respuestas cerradas del formulario se sintetizan en tablas y/o gráficos que evidencian las tendencias predominantes, mientras que las respuestas abiertas se analizan a través de una categorización temática, identificando patrones, coincidencias y divergencias relevantes.

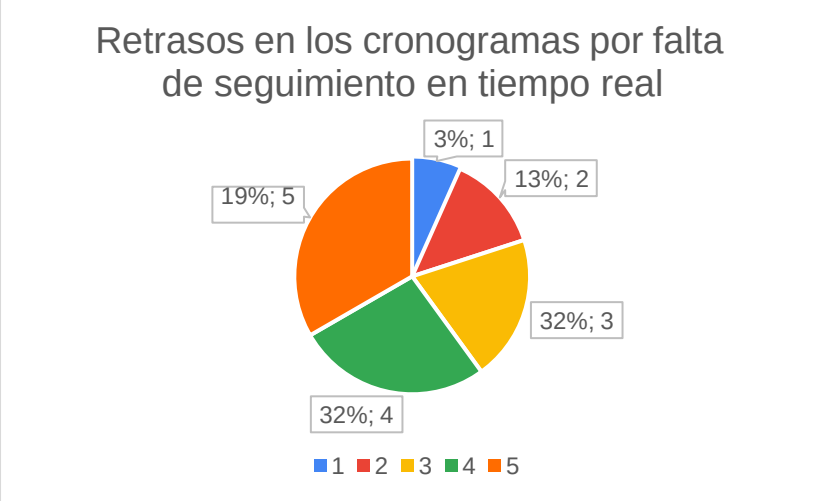
Tabla 6 *Análisis del resultado "Retrasos en los cronogramas por falta de seguimiento en tiempo real"*

Retrasos en los cronogramas por falta de seguimiento en tiempo real		
Nunca/Ninguna (1)	1	3%
Casi nunca (2)	4	13%

Retrasos en los cronogramas por falta de seguimiento en tiempo real		
Neutral (3)	10	32%
Casi siempre (4)	10	32%
Siempre/Muy Alta (5)	6	19%
TOTAL	31	100%

Figura 18

Análisis del resultado "Retrasos en los cronogramas por falta de seguimiento en tiempo real



La Tabla 6 presenta la percepción de los profesionales encuestados respecto a la ocurrencia de retrasos en los cronogramas de obra asociados a la falta de seguimiento en tiempo real. Los resultados evidencian que esta problemática es ampliamente reconocida dentro de los proyectos de obra civil analizados.

El **32 %** de los encuestados manifestó una percepción **neutral**, mientras que otro **32 %** indicó que los retrasos ocurren **casi siempre**, lo que sugiere que, aun cuando algunos profesionales no se inclinan claramente por una postura extrema, una proporción significativa

reconoce la recurrencia del problema. Adicionalmente, el **19 %** señaló que los retrasos se presentan **siempre o muy frecuentemente**, reforzando la idea de que la ausencia de herramientas de monitoreo en tiempo real impacta de manera negativa el cumplimiento de los cronogramas.

En contraste, solo el **13 %** afirmó que esta situación ocurre **casi nunca**, y apenas un **3 %** indicó que **nunca** se presentan retrasos por esta causa. En conjunto, estos resultados muestran que **el 51 % de los participantes percibe que los retrasos ocurren con alta frecuencia** (casi siempre y siempre/muy alta), lo que evidencia una debilidad estructural en los procesos de control y seguimiento de los proyectos.

Estos hallazgos respaldan la necesidad de incorporar herramientas tecnológicas basadas en inteligencia artificial y análisis de datos en tiempo real, que permitan mejorar el control de avance, anticipar desviaciones en los cronogramas y fortalecer la toma de decisiones oportunas por parte de los directores de obra. En este sentido, la IA se perfila como un apoyo estratégico para reducir retrasos, optimizar la planificación y aumentar la eficacia en la dirección de proyectos de construcción.

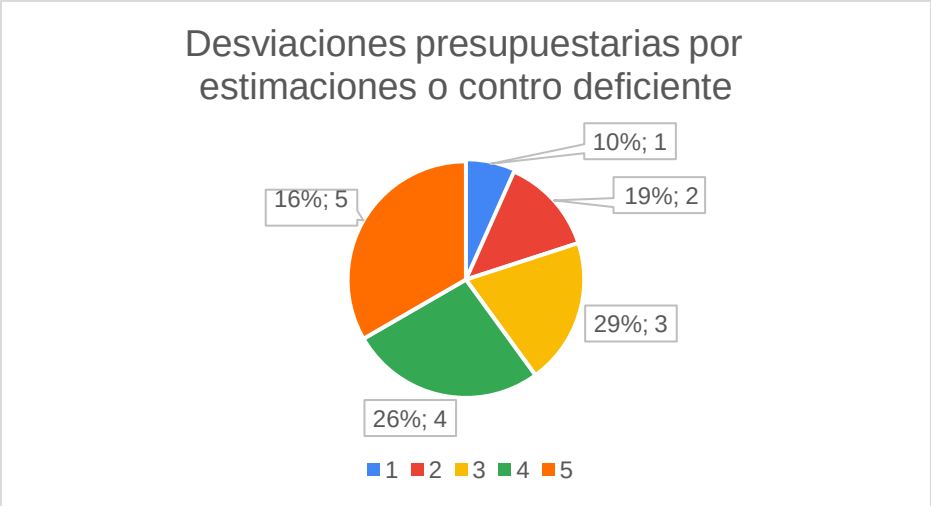
Tabla 7 *Análisis del resultado "Desviaciones presupuestarias por estimaciones o control deficiente"*

Desviaciones presupuestarias por estimaciones o control deficiente		
Nunca/Ninguna (1)	3	10%
Casi nunca (2)	6	19%
Neutral (3)	9	29%
Casi siempre (4)	8	26%
Siempre/Muy Alta (5)	5	16%

Desviaciones presupuestarias por estimaciones o control deficiente		
TOTAL	31	100%

Figura 19

Análisis del resultado "Desviaciones presupuestarias por estimaciones o control deficiente



La Tabla 7 presenta la percepción de los profesionales encuestados frente a la ocurrencia de desviaciones presupuestarias asociadas a estimaciones inadecuadas o a un control deficiente durante la ejecución de los proyectos de obra civil. Los resultados evidencian que este fenómeno constituye una problemática recurrente en el sector.

El 29 % de los encuestados se ubicó en una posición neutral, lo que puede interpretarse como una variabilidad en la experiencia de los proyectos o una falta de información precisa sobre el control presupuestal. Sin embargo, el 26 % manifestó que las desviaciones ocurren casi siempre, y un 16 % indicó que se presentan siempre o con muy alta frecuencia. En conjunto, el 42 % de los participantes reconoce una alta recurrencia de desviaciones presupuestarias, lo cual refleja debilidades significativas en los procesos de estimación y control financiero.

Por otro lado, el 19 % señaló que estas desviaciones ocurren casi nunca, mientras que solo el 10 % afirmó que nunca se presentan, lo que confirma que la mayoría de los proyectos no están exentos de este tipo de problemas.

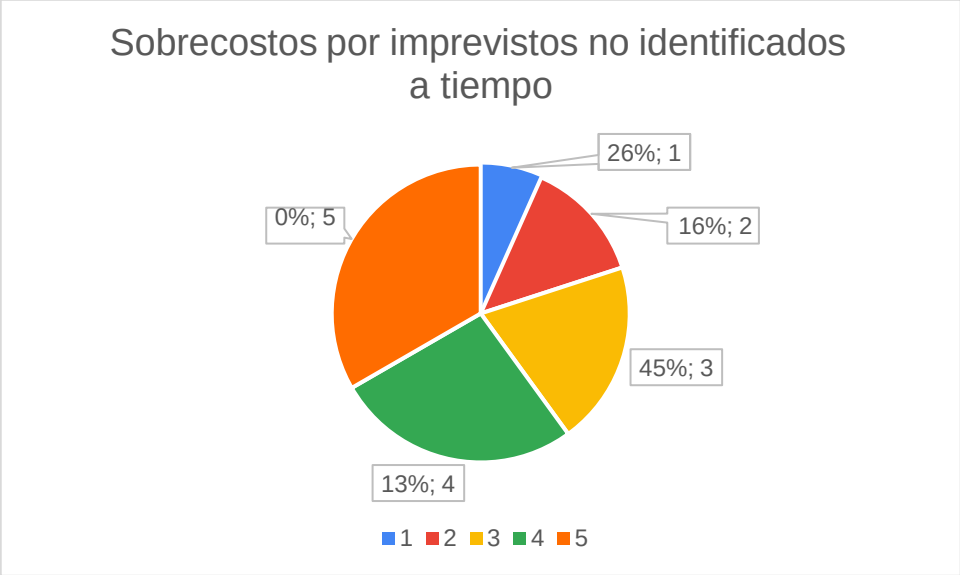
Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de fortalecer los mecanismos de planificación y control financiero en los proyectos de construcción. En este sentido, la implementación de herramientas basadas en inteligencia artificial y análisis predictivo permitiría mejorar la precisión de las estimaciones de costos, detectar desviaciones en etapas tempranas y apoyar la toma de decisiones oportunas por parte de los directores de obra, contribuyendo así a una gestión presupuestaria más eficiente y sostenible.

Tabla 8 ***Análisis del resultado "Sobrecostos por imprevistos no identificados a tiempo"***

Sobrecostos por imprevistos no identificados a tiempo		
Nunca/Ninguna (1)	8	26%
Casi nunca (2)	5	16%
Neutral (3)	14	45%
Casi siempre (4)	4	13%
Siempre/Muy Alta (5)	0	0%
TOTAL	31	100%

Figura 20

Análisis del resultado "Sobrecostos por imprevistos no identificados a tiempo"



La figura 20 presenta la percepción de los encuestados respecto a la ocurrencia de sobrecostos derivados de imprevistos que no son identificados oportunamente durante la ejecución de los proyectos de obra civil. Los resultados muestran una tendencia menos crítica en comparación con otras variables analizadas, aunque revelan oportunidades claras de mejora en los procesos de anticipación y gestión de riesgos.

El **45 %** de los participantes se ubicó en una posición **neutral**, lo que indica que la identificación tardía de imprevistos no se presenta de forma consistente en todos los proyectos o que su impacto varía según el contexto y el nivel de complejidad de la obra. No obstante, un **13 %** señaló que los sobrecostos ocurren **casi siempre**, mientras que ningún encuestado indicó que se presentan **siempre o con muy alta frecuencia**, lo cual sugiere que, si bien el problema existe, no alcanza niveles críticos generalizados.

Por otro lado, el **26 %** manifestó que **nunca** se generan sobrecostos por esta causa y el **16 %** indicó que ocurre **casi nunca**, evidenciando que en una proporción relevante de los proyectos se cuenta con mecanismos básicos de identificación de riesgos.

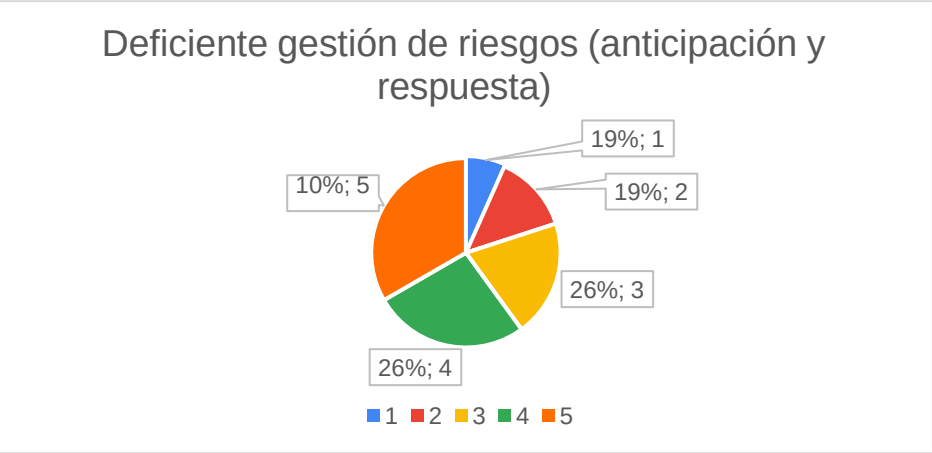
En conjunto, estos resultados reflejan que la gestión de imprevistos es percibida como un aspecto moderadamente controlado, pero aún susceptible de fortalecerse. En este escenario, el uso de herramientas de inteligencia artificial orientadas al análisis predictivo y al procesamiento de datos históricos permitiría mejorar la identificación temprana de riesgos potenciales, reducir la incertidumbre y optimizar la toma de decisiones, especialmente en proyectos de mayor complejidad o con condiciones cambiantes.

Tabla 9 ***Análisis del resultado "Deficiente gestión de riesgos (anticipación y respuesta)"***

Deficiente gestión de riesgos (anticipación y respuesta)		
Nunca/Ninguna (1)	6	19%
Casi nunca (2)	6	19%
Neutral (3)	8	26%
Casi siempre (4)	8	26%
Siempre/Muy Alta (5)	3	10%
TOTAL	31	100%

Figura 21

Análisis del resultado "Deficiente gestión de riesgos (anticipación y respuesta)"



Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de fortalecer los enfoques preventivos en la dirección de proyectos. En este sentido, la integración de herramientas de inteligencia artificial y Big Data permitiría mejorar la anticipación de riesgos mediante el análisis de datos históricos, la simulación de escenarios y la generación de alertas tempranas, contribuyendo a una respuesta más oportuna y a la reducción de impactos negativos en costo, tiempo y calidad.

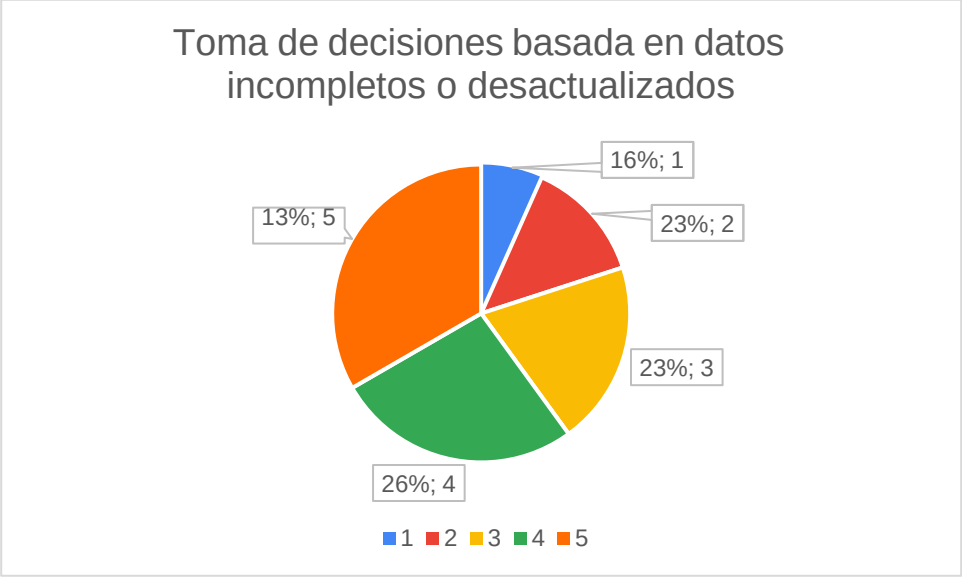
Tabla 10 ***Análisis del resultado "Toma de decisiones basada en datos incompletos o desactualizados"***

Toma de decisiones basada en datos incompletos o desactualizados		
Nunca/Ninguna (1)	5	16%
Casi nunca (2)	7	23%
Neutral (3)	7	23%
Casi siempre (4)	8	26%

Toma de decisiones basada en datos incompletos o desactualizados		
Siempre/Muy Alta (5)	4	13%
TOTAL	31	100%

Figura 22

Análisis del resultado “Toma de decisiones basada en datos incompletos o desactualizados”



La Tabla 10 presenta la percepción de los profesionales encuestados respecto a la toma de decisiones en proyectos de obra civil a partir de datos incompletos o desactualizados. Los resultados evidencian que esta práctica constituye una situación frecuente en la dirección de proyectos de construcción.

El **26 %** de los encuestados manifestó que la toma de decisiones basada en información incompleta ocurre **casi siempre**, mientras que un **13 %** indicó que se presenta **siempre o con**

muy alta frecuencia. En conjunto, el **39 %** de los participantes reconoce una alta recurrencia de esta problemática, lo cual refleja debilidades en los sistemas de información, el seguimiento del proyecto y la disponibilidad oportuna de datos confiables para la toma de decisiones.

Por otro lado, el **23 %** de los encuestados se ubicó en una posición **neutral**, lo que sugiere que la calidad de la información varía según el tipo de proyecto, la etapa de ejecución o las herramientas de gestión utilizadas. Asimismo, un **23 %** señaló que esta situación ocurre **casi nunca**, y el **16 %** afirmó que **nunca** se toman decisiones con datos incompletos, evidenciando que existen proyectos con mejores prácticas de gestión de la información.

Estos resultados resaltan la necesidad de fortalecer los procesos de captura, actualización y análisis de datos en tiempo real. En este contexto, la implementación de soluciones basadas en inteligencia artificial y Big Data permitiría consolidar información proveniente de múltiples fuentes, mejorar su calidad y actualidad, y apoyar a los directores de obra en la toma de decisiones más oportunas, objetivas y alineadas con los objetivos del proyecto.

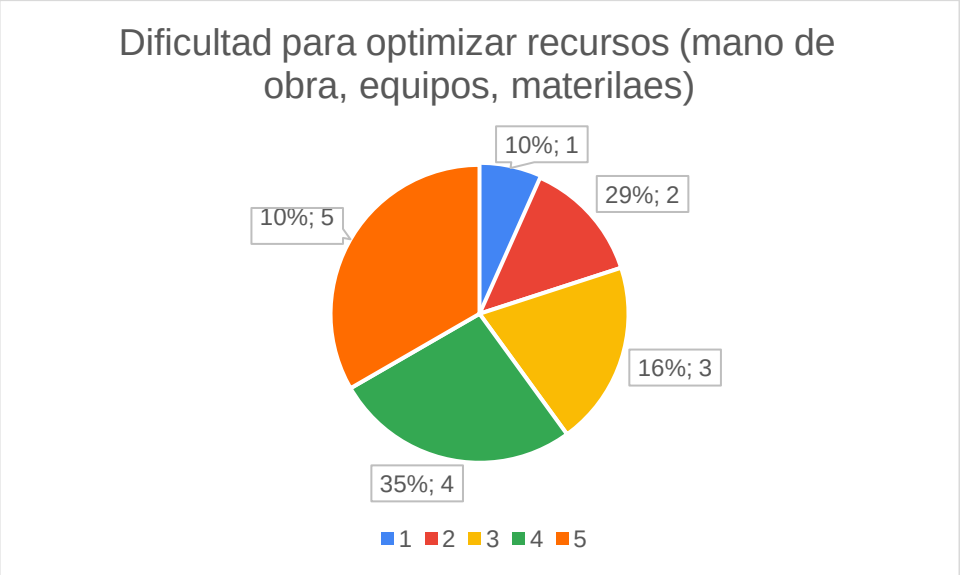
Tabla 11 ***Análisis del resultado "Dificultad para optimizar recursos (mano de obra, equipos, materiales)"***

Dificultad para optimizar recursos (mano de obra, equipos, materiales)		
Nunca/Ninguna (1)	3	10%
Casi nunca (2)	9	29%
Neutral (3)	5	16%
Casi siempre (4)	11	35%

Dificultad para optimizar recursos (mano de obra, equipos, materiales)		
Siempre/Muy Alta (5)	3	10%
TOTAL	31	100%

Figura 23

Análisis del resultado "Dificultad para optimizar recursos (mano de obra, equipos, materiales)"



El 35 % de los encuestados indicó que esta dificultad se presenta casi siempre, mientras que un 10 % manifestó que ocurre siempre o con muy alta frecuencia. En conjunto, el 45 % de los participantes reconoce una alta dificultad para optimizar los recursos, lo que sugiere ineficiencias en la planificación, asignación y control de los insumos clave del proyecto.

Por otra parte, el 29 % señaló que estas dificultades ocurren casi nunca, y solo el 10 % indicó que nunca se presentan, lo cual evidencia que, si bien existen proyectos con mejores

prácticas de gestión de recursos, estos no representan la mayoría. El 16 % restante se ubicó en una posición neutral, lo que refleja una percepción variable según el tipo de proyecto o la etapa de ejecución.

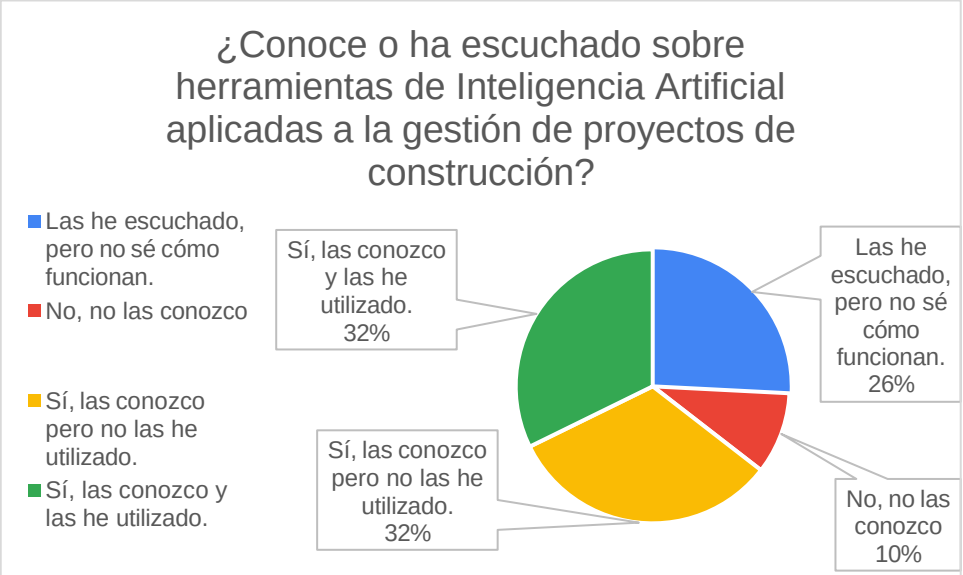
Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de fortalecer los procesos de planificación y control de recursos en los proyectos de obra civil. En este sentido, el uso de herramientas basadas en inteligencia artificial y análisis predictivo permitiría optimizar la asignación de mano de obra, equipos y materiales, anticipar cuellos de botella y reducir desperdicios, contribuyendo así a mejorar la productividad y la eficacia en la dirección de proyectos.

Tabla 12 ***Análisis del resultado "¿Conoce o ha escuchado sobre herramientas de Inteligencia Artificial aplicadas a la gestión de proyectos de construcción?"***

¿Conoce o ha escuchado sobre herramientas de Inteligencia Artificial aplicadas a la gestión de proyectos de construcción?		
Las he escuchado, pero no sé cómo funcionan.	8	26%
No, no las conozco	3	10%
Sí, las conozco, pero no las he utilizado.	10	32%
Sí, las conozco y las he utilizado.	10	32%
	31	100%

Figura 24

Análisis del resultado "¿Conoce o ha escuchado sobre herramientas de Inteligencia Artificial aplicadas a la gestión de proyectos de construcción?"



La Tabla 12 presenta el nivel de conocimiento y experiencia de los profesionales encuestados respecto al uso de herramientas de inteligencia artificial aplicadas a la gestión de proyectos de construcción. Los resultados evidencian una situación heterogénea en el sector, con avances iniciales, pero aún limitados en la adopción de estas tecnologías.

El **32 %** de los participantes manifestó que **conoce y ha utilizado** herramientas de inteligencia artificial en la gestión de proyectos, mientras que otro **32 %** indicó que **las conoce, pero no las ha utilizado**. En conjunto, el **64 %** de los encuestados posee al menos un nivel básico de conocimiento sobre estas tecnologías, lo que refleja una apertura creciente hacia su incorporación en el sector de la construcción.

No obstante, el **26 %** señaló que **ha escuchado sobre estas herramientas, pero no sabe cómo funcionan**, y un **10 %** afirmó que **no las conoce**, lo que evidencia brechas importantes en capacitación, apropiación tecnológica y transferencia de conocimiento, especialmente en contextos donde predominan prácticas tradicionales de gestión.

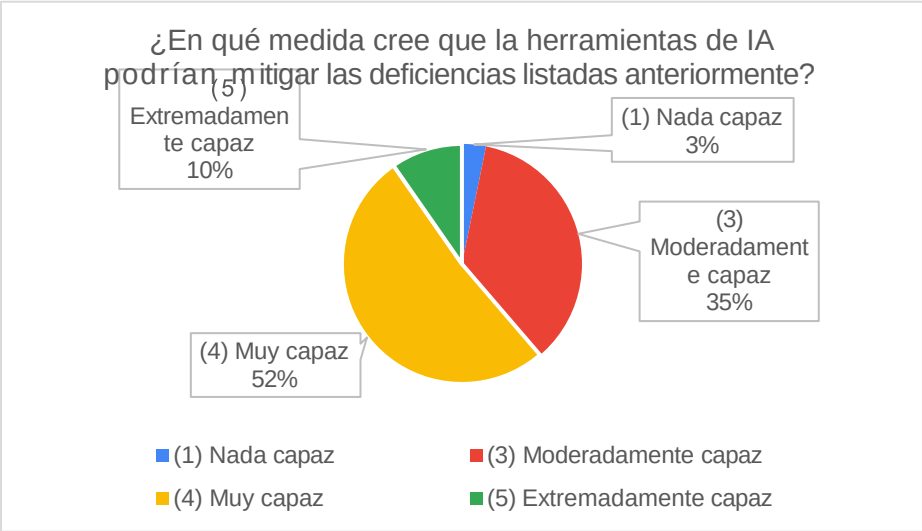
Estos resultados indican que, si bien existe un nivel significativo de conocimiento sobre la inteligencia artificial, su uso efectivo aún no se encuentra generalizado en los proyectos de obra civil. En este contexto, la investigación cobra especial relevancia al proponer estrategias de implementación de soluciones basadas en IA, orientadas a facilitar su adopción, fortalecer las competencias de los directores de obra y mejorar la toma de decisiones, la productividad y la gestión de riesgos en los proyectos de construcción.

Tabla 13 ***Análisis del resultado "¿En qué medida cree que las herramientas de IA podrían mitigar las deficiencias listadas anteriormente?"***

¿En qué medida cree que las herramientas de IA podrían mitigar las deficiencias listadas anteriormente?		
(1) Nada capaz	1	3%
(3) Moderadamente capaz	11	35%
(4) Muy capaz	16	52%
(5) Extremadamente capaz	3	10%
	31	100%

Figura 25

Análisis del resultado "¿En qué medida cree que las herramientas de IA podrían mitigar las deficiencias listadas anteriormente?"



La Tabla 13 presenta la percepción de los profesionales encuestados respecto al potencial de las herramientas de inteligencia artificial para mitigar las deficiencias previamente identificadas en la gestión de proyectos de obra civil. Los resultados evidencian una valoración ampliamente positiva sobre la capacidad de estas tecnologías para apoyar la dirección de proyectos.

El 52 % de los encuestados considera que las herramientas de IA son muy capaces de mitigar las deficiencias relacionadas con retrasos en cronogramas, desviaciones presupuestarias, deficiente gestión de riesgos, toma de decisiones con información incompleta y dificultades en la optimización de recursos. Asimismo, un 10 % manifestó que la IA es extremadamente capaz, lo que representa un 62 % de percepción altamente favorable frente a su potencial de aplicación en el sector.

Por su parte, el 35 % de los participantes considera que la IA es moderadamente capaz, lo que sugiere una percepción positiva pero condicionada a factores como la correcta implementación, la capacitación del personal y la adaptación de estas herramientas a las

particularidades del contexto colombiano. En contraste, solo un 3 % indicó que la IA no es capaz de mitigar dichas deficiencias, evidenciando una resistencia mínima frente al uso de estas tecnologías.

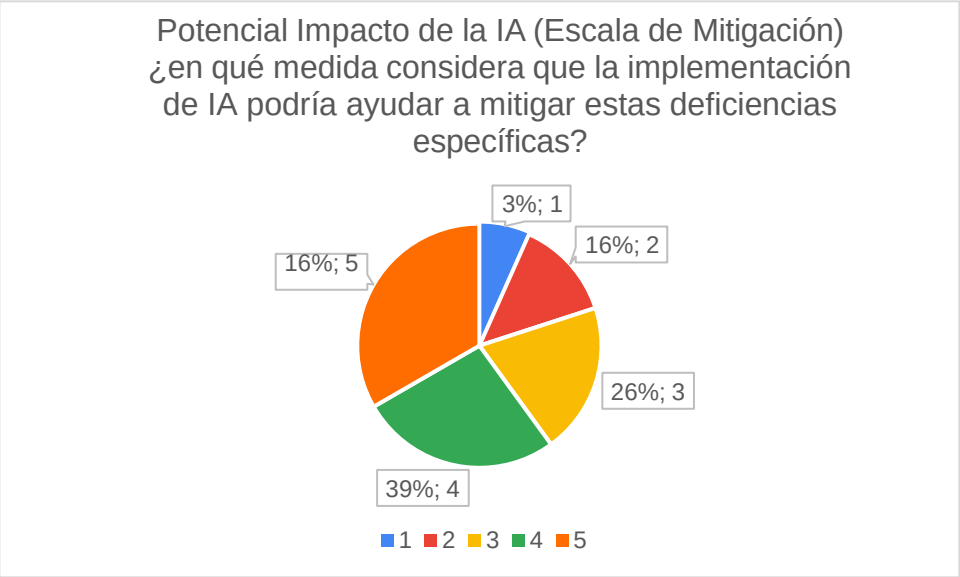
En conjunto, estos resultados reflejan una alta aceptación y expectativa frente al uso de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo para la dirección de proyectos de construcción. Esta percepción respalda la pertinencia de la propuesta de investigación, orientada a formular estrategias para la implementación de soluciones basadas en IA que fortalezcan la toma de decisiones, mejoren la productividad y reduzcan los riesgos en los proyectos de obra civil en Colombia.

Tabla 14 ***Análisis del resultado "¿en qué medida considera que la implementación de IA podría ayudar a mitigar estas deficiencias específicas?"***

Potencial Impacto de la IA (Escala de Mitigación) ¿en qué medida considera que la implementación de IA podría ayudar a mitigar estas deficiencias específicas?		
Nunca/Ninguna (1)	1	3%
Casi nunca (2)	5	16%
Neutral (3)	8	26%
Casi siempre (4)	12	39%
Siempre/Muy Alta (5)	5	16%
TOTAL	31	100%

Figura 26

Análisis del resultado "¿en qué medida considera que la implementación de IA podría ayudar a mitigar estas deficiencias específicas?"



Este comportamiento refleja una dualidad en la percepción del sector. Por un lado, el grupo que seleccionó la opción neutral puede interpretarse como profesionales que, aunque reconocen el potencial de la IA, no cuentan con suficiente experiencia práctica o evidencia directa para afirmar con certeza su efectividad en contextos reales de obra. Esta postura es coherente con los resultados previos, donde una proporción significativa de encuestados manifestó conocer la IA, pero no haberla utilizado.

Por otro lado, el grupo que considera que la IA casi siempre puede mitigar las deficiencias evidencia una percepción positiva y pragmática, asociada posiblemente a experiencias previas con herramientas digitales, sistemas de control o análisis de datos, así como a una mayor apertura hacia la innovación tecnológica en la dirección de proyectos.

La coexistencia de estas dos posturas sugiere que el sector de la construcción en Colombia se encuentra en una etapa de transición tecnológica, donde la inteligencia artificial es percibida como una solución viable, pero cuya adopción aún requiere estrategias claras de

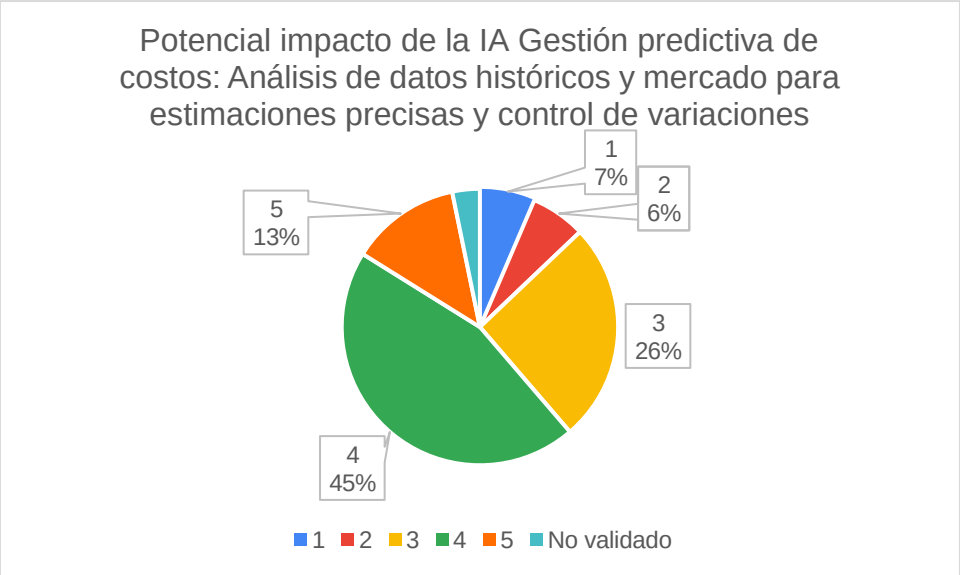
implementación, capacitación y adaptación al contexto local. En este sentido, la investigación no solo confirma el interés y la expectativa frente a la IA, sino que también evidencia la necesidad de formular lineamientos que reduzcan la incertidumbre y faciliten su incorporación efectiva en los proyectos de obra civil.

Tabla 15 *Análisis del resultado "Gestión predictiva de costos: Análisis de datos históricos y mercado para estimaciones precisas y control de variaciones"*

Potencial Impacto de la IA Gestión predictiva de costos: Análisis de datos históricos y mercado para estimaciones precisas y control de variaciones.		
Nunca/Ninguna (1)	2	7%
Casi nunca (2)	2	6%
Neutral (3)	8	26%
Casi siempre (4)	14	45%
Siempre/Muy Alta (5)	4	13%
TOTAL	31	100%

Figura 27

Análisis del resultado "Gestión predictiva de costos: Análisis de datos históricos y mercado para estimaciones precisas y control de variaciones"



Este hallazgo sugiere que una proporción significativa de los profesionales reconoce la capacidad de la IA para fortalecer uno de los aspectos más críticos de la dirección de proyectos: la planificación y el control de costos. La gestión predictiva basada en datos permite anticipar desviaciones presupuestarias, identificar tendencias de sobrecostos y apoyar la toma de decisiones oportunas, reduciendo la dependencia de estimaciones empíricas o reactivas.

El hecho de que el mayor porcentaje se concentre en la opción **"casi siempre"** indica una percepción positiva, aunque prudente, sobre el uso de la IA. Esto puede interpretarse como una confianza condicionada a factores como la calidad de los datos disponibles, la correcta implementación de las herramientas tecnológicas y la capacitación de los directores de obra y equipos de gestión. Asimismo, esta postura es coherente con resultados previos del estudio, donde se evidenció que, si bien existe conocimiento sobre la IA, su uso efectivo aún no está completamente generalizado en el sector.

En conjunto, este resultado respalda la pertinencia de la propuesta de investigación, orientada a formular estrategias para la implementación de soluciones de inteligencia artificial

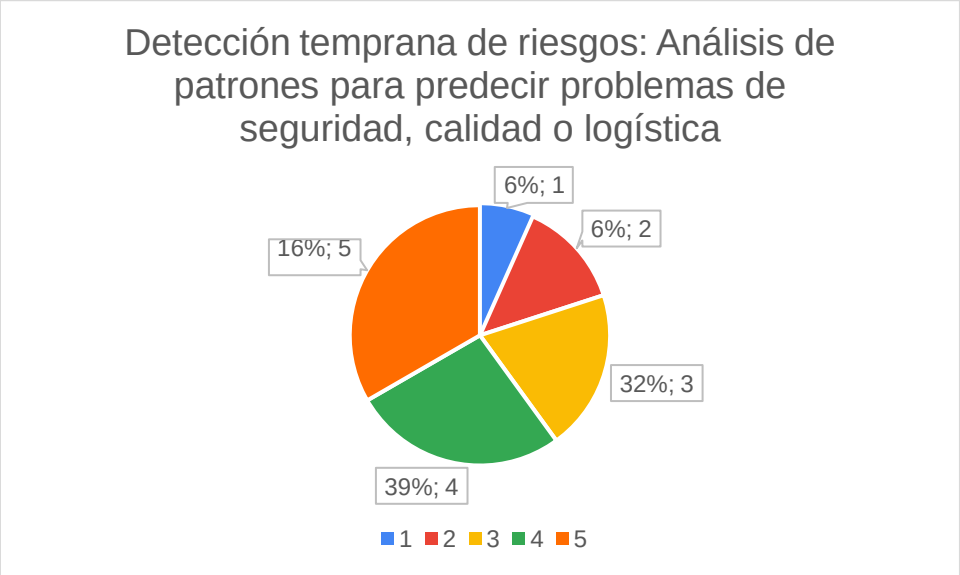
enfocadas en la gestión predictiva de costos. Dichas estrategias podrían contribuir a mejorar la precisión de las estimaciones, minimizar desviaciones presupuestarias y fortalecer la toma de decisiones financieras en los proyectos de construcción en Colombia.

Tabla 16 *Análisis del resultado "Análisis de patrones para predecir problemas de seguridad, calidad o logística"*

Detección temprana de riesgos: Análisis de patrones para predecir problemas de seguridad, calidad o logística.		
Nunca/Ninguna (1)	2	6%
Casi nunca (2)	2	6%
Neutral (3)	10	32%
Casi siempre (4)	12	39%
Siempre/Muy Alta (5)	5	16%
TOTAL	31	100%

Figura 28

Análisis del resultado "Análisis de patrones para predecir problemas de seguridad, calidad o logística"



Los resultados de la encuesta evidencian que la mayoría de los profesionales considera que **casi siempre** la inteligencia artificial puede contribuir de manera significativa al **análisis de patrones orientado a la predicción de problemas de seguridad, calidad y logística** en los proyectos de obra civil. Esta percepción refleja una valoración positiva del uso de tecnologías avanzadas para anticipar situaciones críticas antes de que se materialicen en fallas, accidentes o interrupciones operativas.

El análisis de patrones mediante inteligencia artificial permite procesar grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real, identificando relaciones y tendencias que resultan difíciles de detectar a través de métodos tradicionales. En el contexto de la construcción, esto se traduce en la posibilidad de prever incidentes de seguridad, desviaciones en los estándares de calidad o cuellos de botella logísticos, lo cual resulta fundamental para una gestión preventiva y no reactiva de los proyectos.

El hecho de que los encuestados se inclinen mayoritariamente por la opción **“casi siempre”** sugiere una percepción favorable, aunque moderada, sobre el impacto de la IA, asociada probablemente a experiencias parciales con herramientas digitales o al conocimiento general de sus aplicaciones. Esta postura también puede interpretarse como una expectativa condicionada a la adecuada implementación de las soluciones tecnológicas, la calidad de los datos disponibles y la capacitación del personal involucrado en la dirección de los proyectos.

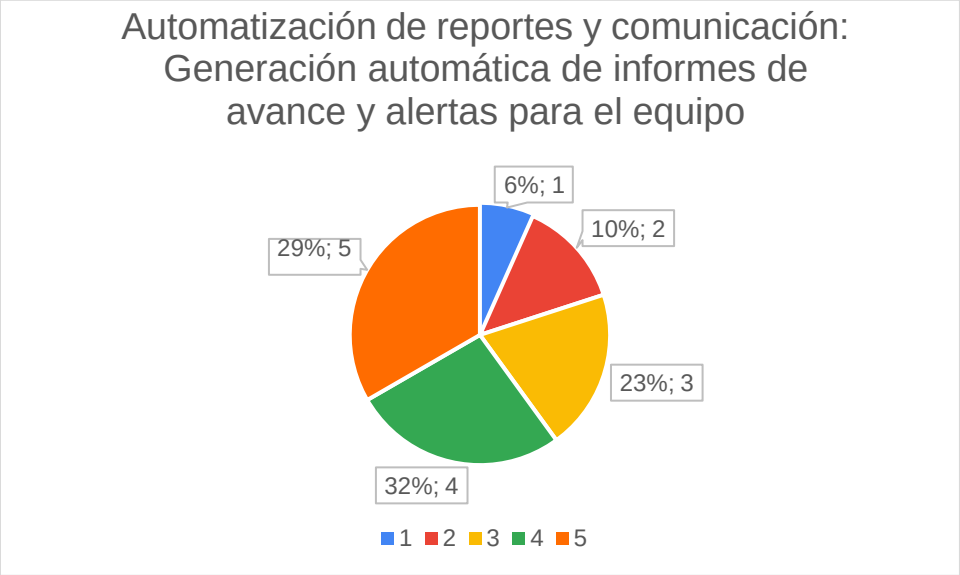
En conjunto, este resultado refuerza la pertinencia de la investigación, al evidenciar que el sector reconoce el potencial de la inteligencia artificial como una herramienta clave para fortalecer la gestión de riesgos, mejorar la calidad de los procesos constructivos y optimizar la logística en los proyectos de obra civil. Asimismo, sustenta la necesidad de formular estrategias de implementación que faciliten la adopción efectiva de estas tecnologías en el contexto colombiano.

Tabla 17 ***Análisis del resultado “Automatización de reportes y comunicación: Generación automática de informes de avance y alertas para el equipo.”***

Automatización de reportes y comunicación: Generación automática de informes de avance y alertas para el equipo.		
Nunca/Ninguna (1)	2	6%
Casi nunca (2)	3	10%
Neutral (3)	7	23%
Casi siempre (4)	10	32%
Siempre/Muy Alta (5)	9	29%
TOTAL	31	100%

Figura 29

Análisis del resultado "Automatización de reportes y comunicación: Generación automática de informes de avance y alertas para el equipo."



Los resultados de la investigación evidencian que **la mayoría de los profesionales encuestados considera que la inteligencia artificial puede contribuir de manera significativa a la generación automática de informes de avance y alertas para el equipo de proyecto**. Esta percepción refleja el reconocimiento de la IA como una herramienta clave para fortalecer los procesos de seguimiento, control y comunicación en los proyectos de obra civil.

La generación automatizada de informes permite consolidar información proveniente de diferentes frentes de trabajo, actualizar indicadores de desempeño en tiempo real y emitir alertas tempranas ante desviaciones en cronograma, costos o calidad. En este sentido, la valoración positiva por parte de los encuestados sugiere que el sector identifica estas funcionalidades como un apoyo directo a la toma de decisiones, reduciendo la carga operativa de los directores de obra y minimizando el riesgo de trabajar con información incompleta o desactualizada.

Asimismo, este resultado es coherente con hallazgos previos del estudio, donde se evidenció la recurrencia de retrasos por falta de seguimiento en tiempo real y la toma de decisiones basada en datos incompletos. La percepción favorable hacia la generación automática de informes y alertas indica que los profesionales reconocen en la IA una solución viable para mejorar la comunicación interna, la coordinación de los equipos y la oportunidad en la respuesta ante riesgos y desviaciones.

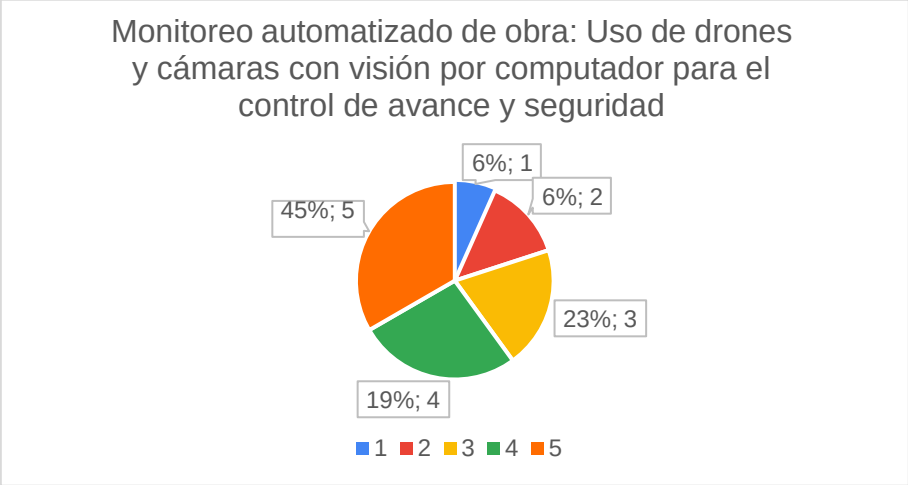
En conjunto, este hallazgo respalda la pertinencia de la propuesta de investigación, orientada a formular estrategias para la implementación de soluciones de inteligencia artificial que fortalezcan el control de los proyectos, optimicen la gestión de la información y contribuyan a una dirección más eficiente y proactiva en los proyectos de construcción en Colombia.

Tabla 18 ***Análisis del resultado "*****Uso de drones y cámaras con visión por computador para control de avance y seguridad".**

Monitoreo automatizado de obra: Uso de drones y cámaras con visión por computador para control de avance y seguridad.		
Nunca/Ninguna (1)	2	6%
Casi nunca (2)	2	6%
Neutral (3)	7	23%
Casi siempre (4)	6	19%
Siempre/Muy Alta (5)	14	45%
TOTAL	31	100%

Figura 30

Análisis del resultado "Automatización de reportes y comunicación: Generación automática de informes de avance y alertas para el equipo."



Los resultados de la encuesta evidencian que una proporción muy alta de los profesionales encuestados considera que el uso de drones y cámaras con visión por computador puede contribuir significativamente al control del avance y a la mejora de la seguridad en los proyectos de obra civil. Esta percepción refleja una alta valoración del potencial de estas tecnologías como herramientas de apoyo a la dirección de proyectos.

El uso de drones y sistemas de visión por computador permite realizar monitoreos periódicos y detallados del avance físico de la obra, identificar desviaciones frente al cronograma, detectar condiciones inseguras y verificar el cumplimiento de protocolos de seguridad en tiempo real. La alta aceptación observada sugiere que los profesionales reconocen estas tecnologías como una solución eficaz para superar limitaciones de los métodos tradicionales de supervisión, que suelen ser manuales, fragmentados y dependientes de la presencia física constante del director de obra.

Asimismo, esta percepción positiva se encuentra alineada con otros resultados del estudio, donde se evidenció la necesidad de contar con información oportuna y confiable para la toma de decisiones, así como con herramientas que permitan anticipar riesgos y optimizar

recursos. En este sentido, los drones y la visión por computador, integrados con sistemas de inteligencia artificial, se posicionan como un componente clave para fortalecer el seguimiento, la seguridad y la gestión integral de los proyectos de construcción.

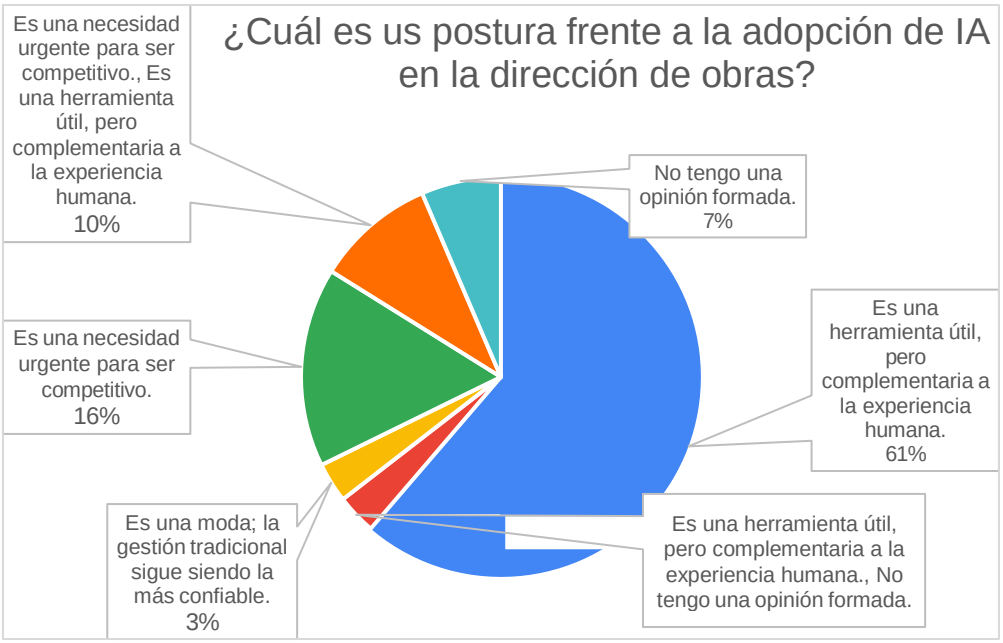
En conjunto, este hallazgo refuerza la pertinencia de la investigación y respalda la formulación de estrategias orientadas a la implementación de tecnologías basadas en inteligencia artificial, que faciliten el control del avance, reduzcan riesgos laborales y mejoren la eficacia del direccionamiento de los proyectos de obra civil en Colombia.

Tabla 19 ***Análisis del resultado*** **"¿Cuál es su postura frente a la adopción de IA en la dirección de obras?".**

¿Cuál es su postura frente a la adopción de IA en la dirección de obras?		
Es una herramienta útil, pero complementaria a la experiencia humana.	19	61%
Es una herramienta útil, pero complementaria a la experiencia humana., No tengo una opinión formada.	1	3%
Es una moda; la gestión tradicional sigue siendo la más confiable.	1	3%
Es una necesidad urgente para ser competitivo.	5	16%
Es una necesidad urgente para ser competitivo., Es una herramienta útil, pero complementaria a la experiencia humana.	3	10%
No tengo una opinión formada.	2	6%
TOTAL	31	100%

Figura 31

*Análisis del resultado "¿***Cuál es su postura frente a la adopción de IA en la dirección de obras?".**



Los resultados de la investigación evidencian que el 61 % de los profesionales encuestados considera que la inteligencia artificial es una herramienta útil, pero complementaria a la experiencia humana, lo cual refleja una visión equilibrada y realista sobre el rol de estas tecnologías en la dirección de proyectos de obra civil.

Este hallazgo sugiere que los encuestados no perciben la inteligencia artificial como un sustituto del director de obra o del criterio profesional, sino como un apoyo estratégico para la toma de decisiones, el análisis de información y la gestión predictiva de los proyectos. Esta percepción es especialmente relevante en un sector como el de la construcción, donde la experiencia acumulada, el conocimiento del contexto y el juicio profesional continúan siendo fundamentales para enfrentar situaciones complejas y cambiantes.

Asimismo, esta valoración se encuentra alineada con otros resultados del estudio, en los que se evidenció una alta aceptación del potencial de la IA para mejorar el control de

costos, la gestión de riesgos, el seguimiento del avance y la generación automática de informes. La consideración de la IA como herramienta complementaria refuerza la pertinencia de una implementación gradual, enfocada en fortalecer las capacidades del director de obra sin desplazar su rol estratégico.

En conjunto, este resultado respalda el enfoque de la investigación, orientado a proponer estrategias para la integración de la inteligencia artificial como un soporte a la dirección de proyectos, promoviendo una toma de decisiones basada en datos, pero sustentada en la experiencia humana. De este modo, la IA se consolida como un facilitador de la eficacia, la productividad y la reducción de riesgos en los proyectos de obra civil en Colombia.

La presentación de los resultados se enfoca en destacar los hallazgos más significativos, especialmente aquellos que evidencian fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora en el ejercicio de la dirección de obra. Asimismo, se procura mantener una redacción objetiva, evitando interpretaciones anticipadas, las cuales se reservan para el apartado de discusión.

Finalmente, los resultados se articulan de manera coherente con el marco teórico y metodológico del estudio, garantizando que la información presentada sea clara, verificable y pertinente para responder a la pregunta de investigación planteada.

Revisión Documental

La matriz documental de la revisión realizada incluyó variables relacionadas con los aspectos fundamentales de la gestión de proyectos de construcción, tales como: tipo de documento, año del proyecto, tipo de proyecto, componente de gestión analizado (planificación del cronograma, gestión de costos, control de calidad, seguimiento de actividades y gestión de riesgos), problemáticas identificadas y hallazgos relevantes asociados al proceso de dirección y control del proyecto.

De manera general, la estructura de la matriz de revisión documental se organizó a partir de los siguientes campos de registro:

N°	Documento consultado	Tipo de documento	Año del proyecto	Tipo de obra	Empresa / entidad	Variables analizadas	Aporte al estudio
1	Informe técnico de ejecución de obra vial urbana	Informe técnico	2021	Infraestructura vial	Empresa constructora PYME	Planificación, control de obra, seguimiento técnico	Identificación de fallas en control de cronogramas y supervisión de actividades
2	Cronograma de obra con seguimiento de actividades	Cronograma de proyecto	2022	Obras civiles urbanas	Empresa constructora PYME	Cumplimiento de plazos, planificación, control del tiempo	Evidencia de retrasos por falta de monitoreo en tiempo real
3	Presupuesto detallado y control de costos del proyecto	Presupuesto de obra	2023	Infraestructura urbana	Empresa constructora PYME	Control de costos, desviaciones presupuestarias	Identificación de sobrecostos asociados a estimaciones iniciales deficientes
4	Reporte de avance mensual de obra	Reporte de avance	2024	Proyecto de infraestructura civil	Empresa constructora PYME	Seguimiento de actividades, productividad	Análisis del impacto de la comunicación y coordinación del equipo

N°	Documento consultado	Tipo de documento	Año del proyecto	Tipo de obra	Empresa / entidad	Variables analizadas	Aporte al estudio
5	Actas de seguimiento y control de obra	Actas técnicas	2020	Obras civiles urbanas	Empresa constructora PYME	Gestión de riesgos, toma de decisiones	Evidencia de toma de decisiones basada en información incompleta
6	Informe de control presupuestal y gestión de recursos	Informe técnico-financiero	2025	Infraestructura urbana	Empresa constructora PYME	Gestión de recursos, control financiero	Identificación de oportunidades para análisis predictivo de costos
7	Registro de incidencias y riesgos del proyecto	Registro técnico de riesgos	2022	Obras civiles	Empresa constructora PYME	Gestión de riesgos, seguridad en obra	Identificación de patrones de problemas recurrentes
8	Informe de cierre técnico de proyecto	Informe final de obra	2023	Infraestructura vial	Empresa constructora PYME	Evaluación del desempeño del proyecto	Identificación de causas de retrasos y sobrecostos
9	Reporte de seguimiento de	Informe de productividad	2024	Obras civiles urbanas	Empresa constructora PYME	Productividad laboral y eficiencia	Identificación de dificultades en la

N°	Documento consultado	Tipo de documento	Año del proyecto	Tipo de obra	Empresa / entidad	Variables analizadas	Aporte al estudio
	productividad de obra						optimización de recursos
10	Reporte técnico de control de calidad de obra	Informe técnico	2021	Infraestructura urbana	Empresa constructora PYME	Calidad del proyecto y control técnico	

Tabla 20 Matriz de revisión documental

Esta matriz permitió identificar patrones y problemáticas recurrentes en la gestión de proyectos ejecutados por empresas constructoras pymes, lo cual sirvió como insumo para el análisis comparativo con los resultados obtenidos a partir de las encuestas aplicadas a los actores del sector.

Liderazgo como determinante estructural del desempeño

Los hallazgos empíricos de Aga et al. (2016) evidencian que el liderazgo transformacional impacta positivamente el éxito del proyecto, tanto de manera directa como mediado por el trabajo en equipo. Este resultado es consistente con Famakin & Abisuga (2016), quienes demuestran que el liderazgo de apoyo fortalece el compromiso afectivo en equipos de construcción. De igual forma, Rehan et al. (2024) identifican que el liderazgo con el ejemplo, la comunicación efectiva y la gestión de relaciones son factores críticos de éxito en proyectos complejos.

Estos estudios coinciden con los resultados cuantitativos obtenidos en la investigación, donde el compromiso organizacional mostró asociación positiva con el desempeño percibido

del proyecto. La evidencia internacional confirma que las competencias blandas del director no son complementarias, sino determinantes estructurales del rendimiento.

Madurez digital y brecha tecnológica en construcción

El trabajo de Oesterreich & Teuteberg (2016) demuestra que la industria de la construcción presenta baja madurez digital frente a otros sectores, debido a barreras culturales y estructurales. Este hallazgo es coherente con lo identificado en la muestra analizada, donde persisten prácticas manuales y toma de decisiones basada en experiencia empírica. Asimismo, Bilal et al. (2016) evidencian que, aunque los proyectos generan grandes volúmenes de datos, estos no se convierten en información estratégica por falta de estructuración y analítica avanzada.

La revisión documental permite interpretar que las deficiencias detectadas en la dimensión de madurez tecnológica no son exclusivas del contexto colombiano, sino una problemática estructural del sector a nivel global.

Inteligencia Artificial como herramienta predictiva

Desde la perspectiva técnica, los estudios de Koc et al. (2022) y Darko et al. (2023) demuestran que los modelos de aprendizaje automático superan los métodos tradicionales en precisión predictiva para estimación de riesgos, costos y duración. Particularmente, Darko et al. reportan errores MAPE inferiores a 0.09 en predicción de duración y costos, lo que evidencia la robustez estadística de los modelos basados en redes neuronales profundas.

Estos hallazgos respaldan la hipótesis general del estudio (H1), que plantea una relación positiva entre uso de herramientas tecnológicas y desempeño del proyecto.

Modelo híbrido humano–IA

El estudio de Allal-Chérif et al. (2021) demuestra que la IA no sustituye el criterio humano, sino que reduce sesgos y amplifica la capacidad analítica. Este hallazgo es reforzado

por Datta et al. (2024), quienes concluyen que la integración tecnológica debe estar articulada con modelos estratégicos de gestión.

La evidencia documental converge en un punto central: la eficacia no proviene exclusivamente de la tecnología, sino de su integración con liderazgo estratégico y cultura organizacional.

Productividad y desempeño en infraestructura

Investigaciones previas como las de Love et al. (2014) evidencian que los sobrecostos en infraestructura están asociados a deficiencias en planificación y gestión de riesgos. Este patrón coincide con los resultados obtenidos en la encuesta aplicada, donde una proporción significativa de profesionales asocia retrasos y desviaciones presupuestales con fallas en seguimiento y control.

La literatura revisada permite contextualizar los resultados cuantitativos dentro de un marco teórico sólido y empíricamente respaldado.

5.2 Propuestas al sector

A partir de los resultados obtenidos en el análisis empírico del estudio, se identificaron diversas debilidades estructurales en el ejercicio del rol del director de obra en empresas constructoras pymes, particularmente en aspectos relacionados con la toma de decisiones basada en información incompleta, el seguimiento de cronogramas, la gestión de costos y la anticipación de riesgos.

En este contexto, el presente capítulo plantea una propuesta de implementación progresiva de herramientas de analítica de datos e inteligencia artificial (IA) orientadas a fortalecer la capacidad decisional del director de obra. La propuesta integra lineamientos técnicos, organizacionales y estratégicos, con el propósito de facilitar la adopción sostenible de estas tecnologías en empresas del sector construcción.

La propuesta se fundamenta en el uso de sistemas de apoyo a la toma de decisiones (Decision Support Systems – DSS) que permitan aprovechar los datos generados durante la ejecución de proyectos para mejorar la planificación, el control y la gestión de riesgos.

5.2.1 Implementación de sistemas de apoyo a la toma de decisiones basados en datos

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio fue la alta incidencia de decisiones tomadas con información incompleta (Media = 4,2). Esta situación evidencia una limitación en la capacidad analítica del proceso de dirección de obra y la necesidad de incorporar herramientas tecnológicas que permitan integrar y analizar información proveniente de diferentes fuentes del proyecto.

Estrategia propuesta

Implementar un **Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones (DSS)** basado en analítica de datos y aprendizaje automático, que permita integrar información de cronogramas, costos, avances de obra y riesgos para generar recomendaciones estratégicas para el director de obra.

Modelos de inteligencia artificial propuestos

Para el análisis de datos en proyectos de construcción se propone el uso de los siguientes modelos de aprendizaje automático:

- ✓ **Árboles de decisión: permiten identificar variables que influyen en retrasos o sobrecostos.**
- ✓ **Bosques aleatorios (Random Forest):** mejoran la precisión de predicciones al combinar múltiples árboles de decisión.
- ✓ **Naive Bayes:** útil para clasificar niveles de riesgo en actividades del proyecto.
- ✓ **Redes neuronales artificiales:** permiten analizar relaciones complejas entre variables de costo, tiempo y productividad.

Tipos de datos requeridos

Los modelos predictivos requieren información histórica de proyectos tales como:

- ✓ Cronogramas de obra.
- ✓ Presupuestos y control de costos.
- ✓ Reportes de avance físico.

- ✓ Rendimiento de actividades constructivas.
- ✓ Registros de riesgos del proyecto.

Herramientas tecnológicas sugeridas

- ✓ Lenguajes de análisis de datos: **Python o R**
- ✓ Librerías de machine learning: **Scikit-learn, TensorFlow**
- ✓ Sistemas de visualización: **Power BI, Tableau**
- ✓ Bases de datos: **SQL o plataformas cloud**

5.2.2 Uso de IA para el seguimiento predictivo de cronogramas y costos

Los resultados del estudio evidenciaron que los retrasos por falta de seguimiento (Media = 4,0) y las desviaciones presupuestarias (Media = 3,9) constituyen problemáticas recurrentes en la gestión de proyectos de construcción.

- Estrategia propuesta

Implementar modelos de aprendizaje automático orientados a la predicción de retrasos y sobrecostos, utilizando información histórica de proyectos similares.

- Modelos predictivos recomendados:

- ✓ **Regresión lineal y regresión múltiple:** para estimar variaciones en costos y tiempos.
- ✓ **Random Forest:** para identificar variables críticas que afectan el cronograma.
- ✓ **Redes neuronales:** para detectar patrones complejos en el comportamiento de los proyectos.

- Integración con metodologías de gestión de proyectos

Los modelos predictivos pueden complementarse con herramientas tradicionales como:

- ✓ Earned Value Management (EVM)
- ✓ Building Information Modeling (BIM)
- ✓ Software de planificación como Primavera o MS Project

El sistema generaría alertas tempranas automáticas cuando se detecten desviaciones potenciales en tiempo o costo.

5.2.3 Gestión predictiva del riesgo en proyectos de construcción

La investigación evidenció debilidades en la gestión preventiva del riesgo, lo que se refleja en la aparición de eventos críticos no anticipados.

- Estrategia propuesta

Desarrollar modelos de analítica predictiva orientados a la identificación temprana de riesgos técnicos, financieros y operativos.

- Variables consideradas en el modelo

Los modelos de predicción de riesgos pueden considerar variables como:

- ✓ Condiciones climáticas.
- ✓ Desempeño histórico de proveedores.
- ✓ Productividad de la mano de obra.
- ✓ Disponibilidad de materiales.
- ✓ Complejidad técnica del proyecto.

- Modelo analítico propuesto

Para la clasificación de riesgos se propone utilizar:

- ✓ Naive Bayes para clasificación probabilística de eventos.
- ✓ Árboles de decisión para identificar factores que generan mayor probabilidad de riesgo.

Los resultados pueden representarse mediante mapas de riesgo dinámicos que faciliten la toma de decisiones por parte del director de obra.

5.2.4 Desarrollo de capacidades gerenciales para el uso de datos e inteligencia artificial

El análisis cualitativo evidenció una baja cultura organizacional de uso de datos en la dirección de proyectos.

- Estrategia propuesta

Desarrollar programas de formación directiva en liderazgo basado en datos y alfabetización digital, orientados al fortalecimiento de las capacidades gerenciales del director de obra.

- Componentes del programa de formación

- ✓ Interpretación de indicadores de gestión.
- ✓ Uso de herramientas de visualización de datos.
- ✓ Comprensión básica de modelos de inteligencia artificial.
- ✓ Liderazgo en entornos de transformación digital.

Este proceso busca que el director de obra utilice la tecnología como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, manteniendo el liderazgo estratégico del proyecto.

5.2.5 Gestión del cambio organizacional para la adopción de IA

La investigación identificó como principales barreras para la adopción de tecnologías de inteligencia artificial:

- ✓ Alto costo inicial (80 %)
- ✓ Falta de capacitación (73 %)
- ✓ Resistencia cultural al cambio (60 %)

- Estrategia propuesta

Implementar procesos de gestión del cambio organizacional que acompañen la adopción tecnológica.

- Lineamientos de implementación

- ✓ Implementaciones graduales mediante proyectos piloto.
- ✓ Capacitación progresiva del personal.
- ✓ Comunicación organizacional clara sobre los beneficios de la IA.
- ✓ Participación activa del director de obra en el diseño de las herramientas.

5.2.6 Modelo de implementación progresiva para empresas constructoras pymes

Con el fin de garantizar la viabilidad de la propuesta se plantea un modelo de implementación en tres fases:

- Fase 1 – Digitalización de información

- ✓ Consolidación de bases de datos de proyectos.
- ✓ Estandarización de formatos de registro de información.

- Fase 2 – Analítica descriptiva

- ✓ Implementación de dashboards de control de proyectos.
- ✓ Análisis de indicadores de desempeño.

- Fase 3 – Analítica predictiva

- ✓ Implementación de modelos de aprendizaje automático.
- ✓ Integración de sistemas DSS en la dirección de obra.

Este enfoque permite que las empresas adopten tecnologías de inteligencia artificial de manera gradual y sostenible.

5.2.7 Viabilidad de la propuesta

- Viabilidad técnica

Las herramientas propuestas utilizan tecnologías ampliamente disponibles y de bajo costo, muchas de ellas basadas en software de código abierto.

- Viabilidad organizacional

La implementación progresiva facilita la adaptación del personal y reduce la resistencia al cambio.

- Viabilidad económica

El uso de herramientas tecnológicas de bajo costo y la implementación gradual permiten que las empresas constructoras pymes adopten estas soluciones sin realizar grandes inversiones iniciales.

5.3 Discusión

A partir de los hallazgos empíricos obtenidos, se evidencia que el fortalecimiento del rol del director de obra en Colombia requiere una adaptación progresiva y estratégica de tecnologías digitales, particularmente de herramientas de analítica de datos e inteligencia artificial (IA). Esta adaptación no debe entenderse como un reemplazo del criterio profesional, sino como un mecanismo de apoyo a la toma de decisiones gerenciales en contextos de alta complejidad técnica y organizacional, característicos del sector construcción.

Los resultados del estudio muestran que una de las principales debilidades asociadas al ejercicio de la dirección de obra corresponde a la toma de decisiones basada en información incompleta o fragmentada, lo cual limita la capacidad de anticipación frente a desviaciones de costos, cronogramas y riesgos. En este sentido, se recomienda la implementación de sistemas de apoyo a la toma de decisiones (Decision Support Systems – DSS) soportados en analítica avanzada e IA explicable, capaces de integrar información de costos, avance físico, programación y riesgos en tiempo casi real. La literatura especializada demuestra que los modelos predictivos permiten mejorar significativamente la calidad de las decisiones en proyectos de construcción, siempre que se utilicen como complemento del juicio profesional y no como sustitutos de la experiencia del director de obra (Barcaui & Monat, 2023).

De manera complementaria, la incorporación de modelos de aprendizaje automático orientados al seguimiento predictivo de cronogramas y presupuestos constituye una estrategia pertinente para abordar los problemas recurrentes de retrasos y sobrecostos en obra. La evidencia empírica sugiere que el análisis de datos históricos de proyectos similares, articulado

con metodologías consolidadas como el Earned Value Management (EVM), permite identificar patrones de riesgo y generar alertas tempranas que fortalecen el control preventivo del proyecto (Koc et al., 2022; Darko et al., 2023). Este enfoque resulta especialmente relevante en el contexto colombiano, donde la gestión reactiva continúa predominando sobre los esquemas de control predictivo.

Asimismo, los resultados evidencian la necesidad de fortalecer la gestión del riesgo mediante el uso de analítica predictiva, incorporando variables técnicas, financieras y contextuales que influyen en el desempeño del proyecto. El uso de modelos de IA para la identificación temprana de eventos críticos permite mejorar la capacidad de anticipación del director de obra frente a escenarios de incertidumbre, contribuyendo a una gestión más eficiente de los recursos y a la mitigación de impactos negativos durante la ejecución. Tal como lo señalan (McAfee & Brynjolfsson, 2017), el principal valor de la IA en entornos complejos radica en su capacidad para apoyar la gestión de la incertidumbre, más que en la automatización de decisiones.

No obstante, la adopción efectiva de tecnologías digitales en la dirección de obra exige el desarrollo de capacidades gerenciales y una cultura organizacional orientada al uso de datos. Diversos estudios señalan que las principales brechas del director de obra en Colombia no son de carácter técnico, sino gerencial, particularmente en aspectos relacionados con liderazgo, gestión de equipos y análisis de información para la toma de decisiones (Hernández & González , 2020). En este contexto, se recomienda el diseño de programas de formación orientados a la alfabetización digital, la interpretación crítica de resultados generados por IA y el fortalecimiento de habilidades blandas, reconociendo que el liderazgo efectivo en el sector construcción se potencia cuando se apoya en información confiable y oportuna (Famakin & Abisuga, 2016).

Finalmente, la implementación de tecnologías basadas en IA debe estar acompañada de estrategias explícitas de gestión del cambio organizacional, que permitan mitigar la resistencia cultural, la falta de capacitación y las limitaciones asociadas a los costos iniciales de adopción. La literatura coincide en que las principales barreras para la transformación digital en las organizaciones no son tecnológicas, sino organizacionales y culturales, lo cual resulta consistente con los hallazgos del presente estudio (McAfee & Brynjolfsson, 2017). En consecuencia, se recomienda la adopción de esquemas de implementación gradual, pilotos

controlados y participación activa del director de obra en el diseño y uso de las herramientas tecnológicas.

En síntesis, la adaptación de tecnologías digitales e inteligencia artificial en la dirección de obra en Colombia debe concebirse como un proceso integral que articule tecnología, personas y cultura organizacional, orientado al fortalecimiento de la capacidad decisional, la gestión del riesgo y el liderazgo del director de obra. Este enfoque contribuye no solo a mejorar el desempeño de los proyectos de construcción, sino también a elevar los estándares de eficiencia, transparencia y sostenibilidad del sector.

6 Conclusiones

Los resultados del estudio evidenciaron que una de las principales falencias en el direccionamiento de proyectos de obra civil en Colombia está asociada a la toma de decisiones basada en información incompleta. El 39 % de los encuestados (n = 31) manifestó que esta situación ocurre siempre o casi siempre, mientras que la gestión deficiente del riesgo obtuvo una media de 3,8 y los sobrecostos no anticipados una media de 3,7. Estos resultados confirman que persisten debilidades estructurales en los sistemas de información, la planificación predictiva y la anticipación de eventos críticos. En consecuencia, se concluye que las falencias identificadas no son exclusivamente técnicas, sino principalmente gerenciales y estratégicas, relacionadas con liderazgo, gestión del riesgo y uso limitado de tecnologías digitales.

El análisis documental permitió establecer que, a nivel internacional, la implementación de modelos predictivos basados en aprendizaje automático y metodologías como Earned Value Management (EVM) ha demostrado mejoras significativas en el control de costos y cronogramas. Sin embargo, al contrastar estas buenas prácticas con los resultados empíricos del estudio, se identificó una brecha entre el avance teórico y la realidad del sector constructor colombiano, donde el uso de herramientas analíticas avanzadas aún es limitado, especialmente en pymes. Se concluye que, aunque existen modelos de referencia consolidados, su adopción en Colombia es incipiente y requiere adaptación al contexto organizacional y económico nacional.

Como resultado del análisis empírico y documental, se diseñó un modelo estratégico de implementación progresiva que articula tres dimensiones: tecnológica, organizacional y estratégica. La propuesta demuestra que la Inteligencia Artificial debe concebirse como un sistema de apoyo a la toma de decisiones y no como un sustituto del director de obra. Se concluye que la estructuración por fases (diagnóstico de madurez digital, implementación piloto, evaluación de resultados y escalamiento) facilita la adopción sostenible y reduce la resistencia organizacional.

El estudio permitió establecer que la viabilidad de adopción tecnológica en empresas constructoras, especialmente pymes, depende más de factores organizacionales y culturales que de limitaciones estrictamente técnicas. La percepción de la IA como herramienta

complementaria (61 % de los encuestados) evidencia disposición favorable, pero también cautela frente a su implementación. Se concluye que la viabilidad requiere inversión gradual, capacitación en alfabetización digital, estandarización de datos y liderazgo orientado al cambio, más que grandes inversiones iniciales en infraestructura tecnológica.

En coherencia con los resultados obtenidos, se concluye que la implementación estratégica de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data tiene el potencial de fortalecer la toma de decisiones, mejorar la productividad y reducir riesgos en proyectos de obra civil en Colombia. La evidencia empírica mostró debilidades en la anticipación de riesgos y en la integración de información, mientras que el análisis teórico confirmó que las herramientas predictivas permiten mitigar dichas problemáticas. Por tanto, el modelo propuesto constituye una alternativa viable y contextualizada que responde a las necesidades identificadas en el sector.

Finalmente, se concluye que la transformación digital en la dirección de obra no es una opción futura sino una necesidad estratégica para mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector constructor colombiano. No obstante, su éxito dependerá de la capacidad de las organizaciones para integrar tecnología, liderazgo y cultura basada en datos, cerrando la brecha entre el conocimiento académico y la práctica profesional.

7 Referencias

Aguado Cortés, C., Hernández y de Rodríguez, S., & Palafox de Anda, G. (2020). *Administración. Pensamiento Procesos Estratégicos.* McGraw-Hill.

Barcaui, A., & Monat, A. (2023). Who is better in project planning?Generative artificial intelligence or. *Project Leadership and Society* .

Bresciani, S., Ferraris, A., & Del Giudice, A. (2021). *"The adoption of digital technologies in SMEs: A systematic literature review".* Turin: Jornal of Small Business Management.

Calixto Hernández, J. (2023). *Detalle de la información geométrica de los niveles de información del modelo 3D para los proyectos de infraestrura vial urbana en Bogotá D.C.* Editorial Neogranadina.

Castillo Martínez, A. (2024). Infraestructuras del pasado al futuro. *Gaceta Técnica*, 1-2.

Catalán Vasquez, M., & Jarillo Soto, E. (2010). Paradigmas de investigación aplicados al estudio de la percepción pública de la contaminación del aire. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 165-178.

Chiavenato, I. (2006). *Teoría clásica de la administración.* McGraw-Hill Interamericana.

Creswell, J., & Creswell, J. (2018). *Research Design. Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches 5th ed.* California: SAGE Publications, Inc.

DANE. (2025). *Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción.*

Díaz Narváez, V. (2014). El concepto de ciencia como sistema, el positivismo, neopositivismo y las "investigaciones cuantitativas y cualitativas". *Revista Salud Uninorte*, 227-244.

Effect of path-goal leadership styles on the commitment of employees on construction projects. (2016). *International Journal of Construction Management*.

El Proyecto Jamovi (2025). Jamovi (Versión 2.6) [Software]. (2025). *Scientific Research*.

Forum, W. E. (2021). The future of cinstruction in Latin America.

Gómez, L., & Rodríguez, M. (2014). Adopción de IA en Pymes latinoamericanas. Un estudio Exploratorio. *Revista Latiniamericana de Innovación*.

Goodfellow, I., Goodfellow, Y., & Courville, A. (2016). *Aprendizaje profundo.* Prensa del MIT.

Henrik Langebaek, C. (2019). *Los Muiscas: Una sociedad prehispánica en el altiplano central de Colombia.* Editorial Universidad de Los Andes.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* Ciudad de México: Mcgaw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C. V.

Hernández, R., & González , L. (2020). Competencias del director de obra en proyectos de construcción en Colombia: una presepctiva desde la gestión de proyectos. *Revista de Ingeniería y Desarrollo*, 45-67.

Jaimes-Quintanilla, M., Rozo-Rojas, I., Rodríguez-Barrera, D., & Zabala-Vargas, S. (2026). A Smart Framework for Integrating Artificial Intelligence, Data Science, and IoT in Construction Project Management. In International Conference on Knowledge Management in Organizations (pp. 393-404). Cham: Springer Nature Switzerland.

Kumar, A., & Mor, N. (2023). Artificial Intelligence and Iot. Smart Coinvergence for Eco-friendly Springer.

(2021). *La transformación digital de las pymes.* OECD.

Ladino Moreno, E., García Ubaque, C., & García Vaca, M. (2021). Estimación de fugas en tuberías a presión para sistemas de agua potable mediante redes neuronales artificiales y Epanet. *Revista Científica*, 2-19.

M. H., & Espinosa Rodríguez, M. (2024). Adopcion y dependencia de las IA en PYMES colombianas. *Reice en prensa*.

Martínez, A. (2010). *Historia de la construcción en Colombia.* Editorial Pontificia Univeesidad Javriana.

Matich, D. (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones.* Rosario.

McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2017). *Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future.* W. W. Norton & Company.

Oesterreich, T., & Teuteberg, F. (2016). *Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry.* ScienceDirect.

Rehan, A., Thorpe, D., & Heravi, A. (2024). Un marco para las prácticas de liderazgo y comunicación en el contexto del sector de la construcción. *Liderazgo y Proyectos de Sociedad vol 5*.

Rodríguez Ramírez, A. (2006). Perspectiva histórica de la mentalidad del empresario caleño en el siglo XX. *Entramado.* Universifdad Libre de Colombia, Cali, Colombia.

Rossy, G., & Arcchibald, R. (1992). Fomentar el compromiso en los equipos de proyectos. *Revista de gestión de proyectos*, 5-14.

Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *Manual BIM: una guía para el modelado de información de construcción para propietarios, diseñadores, ingenieros, contratistas y administradores de instalaciones.* Editoria Wiley.

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2007). *Métodos de investigación para estudiantes de negocios.* Financial Times/Prentice Hall, 2007.

Sharer, R., & Traxler, L. (2006). *Los antiguos mayas.* Standford, California: Standford University Press.

Team, R. (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing.* Viena, Austria.

Wang, G., & Zhou, J. (2022). Evaluación de seguridad basada en redes neuronales ligeras para dispositivos de construcción inteligentes. *Comput Intell Neurosci*.

Wright, K., Valencia Zegarra, A., & Wright, R. (2000). *Machu Picchu: A Civil Engineering Marvel.* Amer Society of Civil Engineers.

Zabala-Vargas, S., & Jaimes-Quintanilla, M. (2026, February). A Holistic Model for Managing Construction Projects through Artificial Intelligence, Data Science, and IoT. In 2026 International Conference on Artificial Intelligence, Computer, Data Sciences and Applications (ACDSA) (pp. 1-6). IEEE.

8 Anexos

Anexo 1 Instrumento de toma de datos



Anexo 2 Datos de formulario de encuesta

Formulario (Respuestas).xlsx