Propuesta para la aplicación de Inteligencia Artificial y Big Data para la optimización de recursos en sistemas constructivos de vivienda rural en el Departamento del Meta – Colombia

Yady Johanna Herrera Diaz

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Agosto de 2026

Propuesta para la aplicación de Inteligencia Artificial y Big Data para la optimización de recursos en sistemas constructivos de vivienda rural en el Departamento del Meta – Colombia

Yady Johanna Herrera Diaz

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

Asesor
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 6
Lista de Figuras 7
Lista de Anexos 8
Resumen 9
Abstract 11
Introducción 13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15
1.1 Descripción del problema 15
1.2 Pregunta de investigación 18
1.3 Objetivos 19
1.3.1 Objetivo general 19
1.3.2 Objetivos específicos 19
1.4 Justificación 20
2. MARCO DE REFERENCIA 22
2.1. Marco de Antecedentes 22
2.2. Marco Teórico 27
2.2.1. Inteligencia Artificial (IA): Fundamentos y Aplicaciones en la Construcción 27
2.2.2. Big Data: Características y Potencial en la Ingeniería Civil 28
2.2.3. Optimización de Recursos en la Construcción 28
2.2.4. Vivienda rural 29
2.2.5. Sistemas constructivos 29
2.3. Marco normativo 30
3. METODOLOGÍA 32
3.1. Enfoque de la investigación 32
3.1.1. Alcance 33
3.2. Población y muestra 34
3.2.1. Definición de la población 34

3.2.2. Selección de la muestra 35
3.3. Instrumentos 36
3.3.1. Revisión documental 36
3.3.2. Encuesta 37
3.4. Descripción de procedimientos 39
3.4.1. Fase 1. Elaboración de los instrumentos 40
3.4.2. Fase 2. Identificación y contacto de los participantes 41
3.4.3. Fase 3. Distribución de la encuesta 42
3.4.4. Fase 4. Recolección de la información 42
3.5. Análisis de Información 43
3.5.1. Etapa 1. Limpieza, organización y preparación de los datos 43
3.5.2. Etapa 2. Codificación y estructuración operativa 47
3.5.3. Etapa 3. Análisis del instrumento y software utilizado 52
3.6. Consideraciones Éticas: 53
4. HIPÓTESIS 55
4.1. Las variables 56
5. RESULTADOS 57
5.1. Presentación de resultados 57
5.1.1. Resultados de la revisión documental 57
5.1.2. Resultados de la encuesta 63
5.1.2.1. Dimensión: Modelo de negocio y producto 63
5.1.2.2. Dimensión: Clientes y Proveedores 67
5.1.2.3. Dimensión: PROCESOS - Nivel táctico y operativo 70
5.1.2.4. Dimensión: INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD 72
5.1.2.5. Dimensión: ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 – Registro de la Información 75
5.1.2.6. Dimensión: ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 - Responsable de la transformación digital 77
5.1.2.7. Dimensión: ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 79
5.1.2.8. Análisis general de resultados 82
5.2. Propuesta al sector: 86

5.2.1. Estrategia 1. Consolidación de bases de datos estructuradas como fundamento del Big Data 86
5.2.2. Implementación progresiva de modelos predictivos en planeación 89
5.2.3. Optimización técnica de materiales y sistemas constructivos 90
5.2.4. Automatización y simulación en la gestión de proyectos 92
5.2.5. Gestión documental inteligente 94
5.2.6. Modelo de implementación por fases 95
5.3. Discusión 97
6. CONCLUSIONES 101
Referencias 104
Anexos 108

Lista de Tablas

Tabla 1 Base de datos consolidada de las respuestas obtenidas en la encuesta, parte 1. 45
Tabla 2 Base de datos consolidada de las respuestas obtenidas en la encuesta, parte 2. 45
Tabla 3 Base de datos consolidada de las respuestas obtenidas en la encuesta, parte 3. 46
Tabla 4 Base de datos consolidada de las respuestas obtenidas en la encuesta, parte 4. 46
Tabla 5 Codificaciones Asignadas, preguntas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. 48
Tabla 6 Codificaciones Asignadas, preguntas 9, 10, 11, 12, 13 y 14..... 48
Tabla 7 Codificaciones Asignadas, preguntas 15, 16 y 17..... 49
Tabla 8 Codificaciones Asignadas, preguntas 18, 19, 20 y 21..... 49
Tabla 9 Codificaciones Asignadas, preguntas 22 y 23..... 49
Tabla 10 Codificaciones Asignadas, preguntas 24, 25, 26, 27, 28 y 29..... 49
Tabla 11 Codificaciones Asignadas, preguntas 30, 31, 32, 33 y 34..... 50
Tabla 12 Base de datos Codificadas, parte 1..... 50
Tabla 13 Base de datos Codificadas, parte 2..... 51
Tabla 14 Base de datos Codificadas, parte 3..... 51
Tabla 15 Matriz de Análisis documental..... 58
Tabla 16 Modelo de negocio y producto..... 63
Tabla 17 Clientes y Proveedores..... 67
Tabla 18 PROCESOS - Nivel táctico y operativo..... 70
Tabla 19 INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD..... 72
Tabla 20 ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 – Registro de la información 75
Tabla 21 ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 - Responsable de la transformación digital 77
Tabla 22 ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 79

Lista de Figuras

Figura 1 MODELO DE NEGOCIO Y PRODUCTO - Nivel estratégico 64
Figura 2 Clientes y Proveedores 67
Figura 3 PROCESOS - Nivel táctico y operativo 70
Figura 4 INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD 72
Figura 5 ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 – Registro de la información 75
Figura 6 ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 - Responsable de la transformación digital 77
Figura 7 ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 79

Lista de Anexos

Anexos 1..... 108
Anexos 2..... 112

Resumen

La vivienda rural en el Departamento del Meta enfrenta dificultades asociadas al uso ineficiente de recursos, la persistencia de sistemas constructivos tradicionales y la limitada incorporación de tecnologías emergentes en los procesos de planificación y ejecución de proyectos. Estas condiciones generan sobrecostos, baja sostenibilidad y soluciones habitacionales poco adaptadas a las características territoriales, climáticas y socioeconómicas de las comunidades rurales. En este contexto, la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data surgen como herramientas con alto potencial para mejorar la toma de decisiones y optimizar el uso de recursos en el sector de la construcción.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto con alcance descriptivo, integrando un componente cualitativo y uno cuantitativo. El componente cualitativo consistió en una revisión documental sistemática de literatura publicada entre 2018 y 2025, orientada a identificar tendencias, experiencias y modelos de implementación de IA y Big Data en el sector constructivo. El componente cuantitativo se basó en la aplicación de una encuesta estructurada de 34 preguntas a empresas constructoras afiliadas a la Regional Meta de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), cuyos resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva.

Los hallazgos evidencian una brecha significativa entre el reconocimiento estratégico de la transformación digital y su implementación efectiva. El 37 % de las empresas no cuenta con una estrategia formal de transformación digital, el 63 % no dispone de indicadores para medir su nivel de digitalización y más del 70 % presenta niveles nulos o parciales en automatización e interoperabilidad tecnológica. Sin embargo, se identifica una percepción positiva frente al

potencial del análisis de datos y la innovación tecnológica para mejorar la eficiencia organizacional.

Se concluye que existe una oportunidad estratégica para incorporar progresivamente tecnologías de IA y Big Data en la gestión de proyectos de vivienda rural, mediante un modelo de implementación por fases que fortalezca la digitalización de la información, el liderazgo organizacional y la toma de decisiones basada en datos, contribuyendo así a la optimización de recursos en los sistemas constructivos del Departamento del Meta.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Big Data, Vivienda Rural, Optimización de Recursos, Construcción.

Abstract

Rural housing in the Department of Meta faces significant challenges related to inefficient resource use, the persistence of traditional construction systems, and the limited incorporation of emerging technologies in project planning and execution processes. These conditions result in cost overruns, low sustainability, and housing solutions that are poorly adapted to the territorial, climatic, and socioeconomic characteristics of rural communities. In this context, Artificial Intelligence (AI) and Big Data emerge as high-potential tools to improve decision-making and optimize resource use in the construction sector.

The research was conducted under a mixed-methods approach with a descriptive scope, integrating both qualitative and quantitative components. The qualitative component consisted of a systematic documentary review of literature published between 2018 and 2025, aimed at identifying trends, experiences, and implementation models of AI and Big Data in the construction sector. The quantitative component was based on the application of a structured survey containing 34 questions administered to construction companies affiliated with the Meta Regional Office of the Colombian Chamber of Construction (CAMACOL). The results were analyzed using descriptive statistics.

The findings reveal a significant gap between the strategic recognition of digital transformation and its effective implementation. Thirty-seven percent (37%) of the companies do not have a formal digital transformation strategy, sixty-three percent (63%) lack indicators to measure their level of digitalization, and more than seventy percent (70%) show null or partial levels of automation and technological interoperability. However, a positive perception regarding

the potential of data analysis and technological innovation to improve organizational efficiency was identified.

It is concluded that there is a strategic opportunity to progressively incorporate AI and Big Data technologies into the management of rural housing projects through a phased implementation model that strengthens information digitalization, organizational leadership, and data-driven decision-making, thereby contributing to the optimization of resources in construction systems within the Department of Meta..

Keywords: Artificial Intelligence, Big Data, Rural Housing, Resource Optimization, Construction.

Introducción

En Colombia, las viviendas rurales han enfrentado diversos desafíos relacionados con la cobertura, calidad, sostenibilidad y eficiencia en el uso de recursos. En territorios como el Departamento del Meta, caracterizados por su diversidad geográfica, climática y socioeconómica, los sistemas constructivos tradicionales a menudo no cumplen con las expectativas de las comunidades ni logran adaptarse adecuadamente al entorno. Esta situación evidencia la necesidad de replantear las metodologías de planificación, diseño y ejecución de proyectos habitacionales rurales, buscando siempre mayor eficiencia y optimización de los recursos disponibles.

En el contexto de la actual revolución digital, tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data representan una oportunidad para innovar en la toma de decisiones estratégicas dentro del sector de la construcción. Su potencial radica en la capacidad de procesar grandes volúmenes de datos técnicos, económicos, sociales y ambientales, lo que facilita la selección óptima de materiales, sistemas constructivos y métodos de ejecución ajustados a las condiciones territoriales y a los principios de sostenibilidad (Pampliega, 2019).

Diversos estudios han demostrado que la implementación de estas herramientas contribuye a mejorar la eficiencia, reducir costos y fortalecer la pertinencia técnica de los proyectos de vivienda. Por ejemplo, Mendoza, Quispe y Muñoz (2022) destacan que la IA aplicada al sector de la construcción no solo incrementa la productividad, sino que también promueve la seguridad, la calidad y la sostenibilidad en los proyectos. De manera complementaria, investigaciones recientes en Colombia muestran que la integración de IA y Big Data en la gestión de materiales

puede transformar los procesos constructivos, permitiendo una administración más eficiente de los recursos y reduciendo tiempos de ejecución (Barraza, 2024).

En este marco, el presente proyecto se orienta al diagnóstico del uso de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en la optimización de recursos aplicados a los sistemas constructivos de vivienda rural en el Departamento del Meta. Esta investigación busca identificar el nivel de adopción de estas tecnologías, su impacto en la eficiencia de los procesos constructivos y su contribución a la formulación de soluciones habitacionales más sostenibles, innovadoras y técnicamente adecuadas para las comunidades rurales de la región.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto que combina la revisión cualitativa de antecedentes con el análisis cuantitativo de información primaria obtenida en campo. Esta integración permite contrastar el conocimiento teórico existente con la realidad organizacional del territorio, fortaleciendo la validez del diagnóstico y la pertinencia de la propuesta estratégica formulada.

El documento se estructura en seis capítulos. El capítulo 1 presenta el planteamiento del problema, la pregunta de investigación, los objetivos y la justificación. El capítulo 2 desarrolla el marco de referencia, conformado por el estado del arte, el marco teórico y el marco normativo. El capítulo 3 expone la metodología de la investigación. En el capítulo 4 se formulan las hipótesis y variables del estudio. El capítulo 5 presenta los resultados del análisis de la información. Finalmente, el capítulo 6 contiene las conclusiones y la propuesta derivada de la investigación.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

A nivel internacional, la falta de acceso a viviendas dignas y sostenibles continúa siendo uno de los principales retos del desarrollo humano. De acuerdo con UN-Habitat (2020), cerca de 1,6 mil millones de personas viven en condiciones de vivienda inadecuadas, y se proyecta que para el año 2030 una de cada cuatro personas residirá en asentamientos informales. Esta realidad pone de manifiesto que la vivienda, más allá de ser un derecho humano fundamental, sigue estando marcada por profundas desigualdades estructurales entre países, regiones y territorios. El déficit habitacional se expresa no solo en la carencia de unidades construidas, sino también en la baja calidad de las viviendas existentes, las cuales suelen carecer de servicios básicos, seguridad estructural y condiciones adecuadas de habitabilidad.

Además, el panorama global de la vivienda se ve intensificado por los efectos del cambio climático. Las poblaciones rurales, particularmente en países en desarrollo, están entre las más afectadas por fenómenos naturales extremos como olas de calor, sequías, inundaciones y deslizamientos de tierra. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2024) reporta que las mujeres agricultoras en contextos rurales de bajos ingresos pierden en promedio un 8% más de ingresos durante olas de calor y un 3% más durante inundaciones, generando pérdidas económicas. Estos impactos no solo afectan la seguridad alimentaria, sino también la capacidad de estas comunidades de acceder a soluciones habitacionales resilientes. En este sentido, los sistemas constructivos tradicionales resultan insuficientes para afrontar los desafíos derivados de la variabilidad climática y la exposición a riesgos ambientales.

En América Latina, la problemática habitacional adquiere dimensiones críticas debido al crecimiento demográfico, la urbanización acelerada y la persistencia de la pobreza rural. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2021) señala que en la región persiste un déficit habitacional de más de 47 millones de viviendas, de las cuales una proporción significativa corresponde a hogares rurales en situación de pobreza multidimensional. Estas viviendas, construidas generalmente con materiales precarios y sin soporte técnico, son altamente vulnerables frente a desastres naturales y condiciones climáticas adversas. Al mismo tiempo, la limitada adopción de innovaciones tecnológicas en los procesos de planificación y ejecución de proyectos de vivienda rural restringe la posibilidad de generar soluciones sostenibles, adaptadas a las necesidades locales y alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En Colombia, la situación refleja esta misma tendencia. El país enfrenta un déficit habitacional cercano al 31 % de los hogares, lo que equivale a más de 2,3 millones de viviendas, sumando tanto déficit cuantitativo (carencia de unidades) como cualitativo (deficiencia en condiciones básicas de habitabilidad) (Habitat Worldmap, 2021). El problema se agudiza en las zonas rurales, donde más de 2 millones de familias carecen de soluciones habitacionales dignas (Banco Mundial, 2022). Estas comunidades suelen habitar en construcciones tradicionales de adobe, guadua o tapia pisada, que, si bien tienen valor cultural, presentan limitaciones en durabilidad, resistencia sísmica y confort térmico. La falta de planificación técnica y de diseños estructurales adecuados aumenta la vulnerabilidad de las viviendas rurales, comprometiendo la seguridad de las familias y limitando la sostenibilidad de las soluciones habitacionales.

El panorama rural colombiano también está marcado por desigualdades estructurales. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2022), las regiones

rurales del país registran los niveles más altos de pobreza multidimensional, así como deficiencias en transporte, conectividad digital y acceso a servicios básicos. Estas limitaciones no solo dificultan el desarrollo de proyectos habitacionales, sino que también impiden la integración de tecnologías emergentes en los procesos de construcción. En este contexto, la brecha entre las soluciones urbanas altamente tecnificadas y las opciones rurales tradicionales se profundiza, afectando la equidad territorial y el acceso a una vivienda digna como derecho fundamental.

El Departamento del Meta representa un caso emblemático dentro de esta problemática. Con una población estimada en 1.130.085 habitantes en 2023, de los cuales el 24.06 % reside en zonas rurales, aproximadamente 271.943 personas enfrentan necesidades habitacionales específicas (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2023). El territorio se caracteriza por su diversidad geográfica, que incluye llanuras, zonas selváticas y áreas montañosas, así como por su variabilidad climática y la dispersión poblacional de las comunidades rurales. Estos factores imponen condiciones complejas para el desarrollo de proyectos de vivienda, especialmente en términos de logística, acceso a materiales de construcción y disponibilidad de mano de obra calificada.

A pesar de la magnitud del problema, los proyectos de vivienda rural en el Meta se siguen desarrollando en gran medida bajo enfoques tradicionales, sin contar con metodologías de análisis robustas ni herramientas tecnológicas que permitan evaluar de manera integral las variables técnicas, sociales y económicas del entorno. Esto conduce a un uso ineficiente de los recursos, sobrecostos en la ejecución de las obras y construcciones que no responden adecuadamente a las necesidades de las comunidades. La baja adopción de tecnologías como la Inteligencia Artificial y el Big Data en este ámbito se traduce en la ausencia de modelos predictivos que orienten la selección de sistemas constructivos más apropiados, lo que limita la

posibilidad de lograr soluciones habitacionales sostenibles y resilientes frente a los retos territoriales y ambientales.

Por todo lo anterior, se hace evidente la necesidad de replantear la forma en que se formulan y ejecutan los proyectos de vivienda rural en el Meta y en Colombia en general. La incorporación de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial y el Big Data se presenta como una alternativa estratégica para transformar los procesos de planificación y toma de decisiones en el sector. Estas herramientas permiten analizar grandes volúmenes de datos geográficos, climáticos, técnicos y sociales, facilitando la identificación de patrones y la generación de modelos predictivos que respalden la selección de sistemas constructivos adecuados a cada contexto. De esta manera, se puede contribuir a optimizar el uso de recursos, reducir los costos de ejecución, mejorar la calidad técnica de las viviendas y garantizar que las soluciones habitacionales se adapten a las condiciones reales de las comunidades rurales del Departamento del Meta.

1.2 Pregunta de investigación

¿Cómo puede la aplicación de Inteligencia Artificial y Big Data contribuir a la optimización de recursos en la selección de sistemas constructivos para viviendas rurales en el Departamento del Meta, Colombia?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Proponer estrategias para la implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en las empresas del sector de la construcción del Departamento del Meta, orientadas a la optimización de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar las principales falencias y necesidades presentes en los sistemas actuales de gestión y toma de decisiones utilizados por las empresas constructoras del Departamento del Meta en relación con la optimización de recursos en proyectos de vivienda rural.

- Analizar experiencias, metodologías, estrategias y técnicas implementadas en otros territorios, regiones o países para la incorporación de tecnologías como la Inteligencia Artificial y el Big Data en el sector de la construcción, orientadas a la optimización de recursos.

- Elaborar una propuesta de estrategias para la implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en las empresas constructoras del Departamento del Meta, que contribuya a mejorar la eficiencia en el uso de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural.

1.4 Justificación

El acceso a una vivienda digna en las zonas rurales de Colombia sigue siendo uno de los principales desafíos del desarrollo territorial, especialmente en regiones como el Departamento del Meta, donde la diversidad climática, las condiciones geográficas y las limitaciones socioeconómicas influyen directamente en la viabilidad técnica y financiera de los proyectos. La persistencia de sistemas constructivos tradicionales y la falta de metodologías de apoyo técnico han derivado en viviendas poco duraderas, con sobrecostos y uso inadecuado de recursos, lo que afecta la calidad de vida de las comunidades rurales y limita la efectividad de las políticas públicas en materia de vivienda.

Desde el punto de vista académico, esta investigación aporta al fortalecimiento del conocimiento sobre la aplicación de la IA y el Big Data en el sector de la construcción, un campo que, si bien ha avanzado significativamente en contextos urbanos e industriales, presenta aún vacíos importantes en su implementación en proyectos de vivienda rural. Estudios recientes han demostrado que la IA tiene un impacto positivo en la optimización de procesos, la mejora de la calidad y la reducción de costos en proyectos constructivos (Mendoza, Quispe y Muñoz, 2022). Sin embargo, existe aún una brecha en su aplicación a contextos rurales, donde las condiciones de dispersión poblacional y limitaciones logísticas requieren enfoques innovadores adaptados a la realidad local.

En el ámbito social, el estudio adquiere relevancia al enfocarse en la vivienda rural, un componente clave para la reducción de desigualdades y el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades rurales del Meta. La incorporación de tecnologías emergentes en la toma de decisiones no solo fortalece la eficiencia en el uso de los recursos, sino que también promueve la

equidad territorial, reduciendo las brechas entre zonas urbanas altamente tecnificadas y áreas rurales históricamente marginadas. Investigaciones como la de Barraza (2024) han demostrado que la integración de Big Data en obras civiles puede mejorar la gestión de materiales, reducir tiempos y costos, y aumentar la eficiencia logística, lo que es crucial en territorios con limitaciones de transporte e infraestructura.

De manera complementaria, esta investigación se justifica por su aporte a la toma de decisiones estratégicas en el sector de la construcción. Al analizar la percepción, el nivel de adopción y las capacidades tecnológicas de las empresas constructoras del Departamento del Meta, el estudio ofrece información relevante para el diseño de estrategias de transformación digital, la formulación de políticas organizacionales basadas en datos y la incorporación progresiva de herramientas de Inteligencia Artificial y Big Data en la gestión de proyectos de vivienda rural. En este sentido, la investigación no solo responde a una necesidad académica, sino que también genera valor práctico para el sector productivo y para los tomadores de decisiones en el ámbito público y privado

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Marco de Antecedentes

Para el desarrollo del presente marco de antecedentes se llevó a cabo una revisión bibliográfica sistemática de los últimos 7 años (2018-2025), con el fin de identificar los principales avances relacionados con la aplicación de Inteligencia Artificial (IA) y Big Data en el sector de la construcción y, específicamente, en el ámbito de la vivienda rural. La ecuación de búsqueda empleada incluyó combinaciones de palabras clave en español e inglés, tales como: “inteligencia artificial” AND “Big Data” AND “construcción” AND “sistemas constructivos” AND “vivienda rural” (“artificial intelligence” AND “Big Data” AND “construction” AND “building systems” AND “rural housing”). La búsqueda se realizó en bases de datos académicas y repositorios científicos reconocidos, entre los cuales se incluyen ScienceDirect (Elsevier), Scopus, Google Scholar y repositorios institucionales universitarios, priorizando artículos científicos, tesis de posgrado y reportes técnicos de acceso abierto.

La aplicación de tecnologías avanzadas como la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data en el sector de la construcción ha sido objeto de creciente interés académico en los últimos años. Estos avances permiten optimizar procesos, reducir costos y mejorar la toma de decisiones, especialmente en contextos donde los recursos son limitados, como en la vivienda rural.

En este sentido, Pampliega (2019) expone cómo la aplicación de la inteligencia artificial (IA) está revolucionando la industria de la construcción al optimizar procesos, reducir costos y mejorar la eficiencia en la planificación y ejecución de obras. A través del uso de algoritmos predictivos, sensores inteligentes y análisis de Big Data, se mejora la toma de decisiones en tiempo real, se anticipan fallas y se incrementa la seguridad laboral. El autor destaca que la

adopción de estas tecnologías requiere una transformación cultural y una capacitación constante del talento humano para lograr una integración efectiva. Además, se analizan casos reales y se enfatiza en el potencial de la IA para enfrentar los retos actuales del sector, especialmente en proyectos de gran escala.

Posteriormente, Álvarez Ochoa (2021) investiga la relación entre la inteligencia artificial (IA) y la gestión de proyectos de inversión pública en Perú, particularmente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. A través de una revisión bibliográfica y una encuesta con muestra censal, empleando la correlación de Spearman, demuestra que existe una relación significativa y positiva entre la IA y la gestión del ciclo completo del proyecto: preinversión, elaboración de expedientes técnicos y ejecución de obra. Con ello, propone un modelo de optimización para priorización de proyectos (MOPP), que integra la IA como herramienta de apoyo para una toma de decisiones más eficiente en inversión pública.

El estudio de Erazo-Toscano y Velásquez-Cuestas (2021) diagnostica las causas que provocan retrasos y sobrecostos en la fase de planeación de proyectos de Vivienda de Interés Social (VIS) categoría VI en Cundinamarca, aplicando la guía PMBOK y el marco P.O.M.P.T. (personas, objetivos, metodología, presupuesto y tiempo); a partir de encuestas a profesionales, revisión documental y casos ilustrativos, identifica que los cronogramas irreales, los presupuestos subestimados y la coordinación deficiente entre entidades municipales y contratistas concentran más del 60% de las incidencias, seguidos por fallas en la gestión del talento humano y la definición metodológica; concluye que fortalecer los estudios de preinversión, gestionar los riesgos de forma temprana y capacitar a los equipos locales en buenas prácticas de dirección de proyectos reduciría significativamente estos desvíos y mejoraría la entrega oportuna de las viviendas.

Díaz-Hernández (2022) evalúa la viabilidad técnica y económica de aplicar la metodología BIM en la gerencia de un proyecto de construcción de cuatro viviendas rurales en Villeta, Cundinamarca. A través de la modelación BIM se compara la cantidad de insumos prevista en el contrato con las identificadas mediante el modelo, identificando oportunidades de mejora en planificación, precisión presupuestal y control de procesos ejecutivos. Los hallazgos muestran que BIM aumenta la eficiencia en la gestión del proyecto, mejora la estimación de cantidades y promueve una ejecución más transparente y coordinada entre actores, concluyendo que es una herramienta viable siempre que se establezcan protocolos claros y formación adecuada.

El artículo de Mendoza, Quispe y Muñoz (2022) ofrece una revisión sistemática de 86 estudios académicos publicados entre 2015 y 2021 en ScienceDirect, Scopus y EBSCO, con el objetivo de comprender el rol de la inteligencia artificial en la industria de la construcción. La investigación concluye que la IA tiene un impacto positivo y multidimensional en el sector: optimiza tiempos, reduce costos, mejora la seguridad, calidad y rendimiento de las obras, y facilita tareas como planificación, diseño, monitoreo con drones y sensores, y prevención de riesgos. Sin embargo, también identifica desafíos como la necesidad de capacitación, resistencia al cambio laboral y los costos de adopción tecnológica, sugiriendo que su implementación es viable si se gestiona adecuadamente.

El estudio de Barraza García (2024) analiza cómo la implementación de tecnologías emergentes como Big Data e Inteligencia Artificial puede optimizar la gestión de materiales en obras civiles en la Costa Atlántica colombiana. A partir de encuestas a siete empresas del sector, se identificó el nivel actual de adopción tecnológica y se analizó con estadística descriptiva el uso futuro proyectado de estas herramientas. Los hallazgos muestran que, aunque la mayoría de las empresas aún opera con métodos tradicionales, existe interés en modernizar la cadena de

suministro de materiales, mejorar la predictibilidad de costos, reducir tiempos y aumentar la eficiencia logística. El estudio concluye que estas tecnologías tienen un alto potencial para transformar la gestión operativa del sector, siempre que se acompañen de capacitación adecuada y estrategias institucionales claras.

El artículo de Carvajal-Rivadeneira, Guaranda-Mero, Domínguez-Gálvez y Regalado-Jalca (2024) analiza cómo la inteligencia artificial (IA) está transformando los proyectos de ingeniería civil mediante una revisión sistemática de literatura y casos de estudio, complementada con simulaciones que comparan enfoques tradicionales frente a técnicas apoyadas en IA. Los autores identifican aplicaciones clave como el diseño estructural optimizado, la planificación predictiva, la automatización del cronograma, la reducción de costos y mejoras en sostenibilidad. También abordan barreras como la resistencia al cambio, la disponibilidad de datos y el costo de implementación, concluyendo que la IA puede aportar beneficios sustanciales en eficiencia, calidad y seguridad si se integra con estrategias institucionales claras.

Este estudio de Zambrano-Salazar y Gamboa-López (2024) presenta una revisión sistemática de 240 artículos investigando técnicas de inteligencia artificial como machine learning, deep learning, redes neuronales y big data, enfocadas en la selección del concreto para construcciones residenciales. De estos, se seleccionaron 24 estudios relevantes por su calidad y pertinencia, y los resultados indican que los métodos basados en IA son eficientes para evaluar la calidad del concreto, permitiendo elegir materiales con mayor resistencia frente a riesgos predominantes como incendios, terremotos y huracanes. Además, los autores destacan que estas técnicas ofrecen precisión, eficiencia y seguridad, aunque la mayoría de la evidencia proviene de países desarrollados, lo que limita su aplicabilidad en contextos latinoamericanos

Ramos Cuchala (2024) presenta un proyecto aplicado en FEMH Ingeniería y Construcción SAS que integra tecnologías de inteligencia artificial para mejorar la gestión documental en proyectos de ingeniería civil. El autor organizó memorias de cálculo estructural dispersas en múltiples medios, centralizándolas en Google Drive y creando una base de datos relacional en SQLite con más de 158 registros. Luego desarrolló una aplicación web, usando Streamlit y el modelo gpt-4-1106-preview de OpenAI, que actúa como asistente de búsqueda en lenguaje natural sobre esa base de datos. El sistema permite a usuarios consultar información técnica como tipo de suelo, sistema estructural o tipo de proyecto sin conocimientos técnicos, optimizando tiempo, trazabilidad y acceso a documentación altamente técnica.

Montesdeoca Loor, R. A., Valdivieso Álvarez, K. A., Loor García, M. J., Lino Calle, V. A., & Carvajal Rivadeneira, D. D. (2025) realizan un análisis cualitativo mediante Análisis Textual Discursivo (ATD) sobre estudios publicados entre 2020 y 2024, examinando cómo la inteligencia artificial (IA) se incorpora en la planificación de obras civiles. El estudio revela que tecnologías como aprendizaje automático, modelos predictivos y BIM están mejorando la eficiencia, reduciendo costos y plazos de ejecución, y promoviendo una construcción más sostenible. No obstante, identifica obstáculos relevantes como la falta de metodologías estandarizadas, problemas de interoperabilidad entre plataformas y la escasa regulación o inversión. A pesar de esto, los autores concluyen que la IA representa una oportunidad estratégica para modernizar la ingeniería civil y optimizar la gestión de proyectos.

2.2. Marco Teórico

El presente marco teórico tiene como propósito fundamentar conceptualmente las variables centrales del proyecto: la vivienda rural, los sistemas constructivos, la optimización de recursos y la aplicación de tecnologías como la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data. Este abordaje permite integrar elementos técnicos, sociales y tecnológicos en una visión interdisciplinar para el desarrollo de soluciones habitacionales contextualizadas en territorios rurales como el Departamento del Meta.

2.2.1. Inteligencia Artificial (IA): Fundamentos y Aplicaciones en la Construcción

La Inteligencia Artificial (IA) es un campo de estudio interdisciplinario que busca replicar la inteligencia humana mediante algoritmos y sistemas computacionales capaces de aprender, razonar y tomar decisiones (Russell & Norvig, 2016). En las últimas décadas, la IA ha experimentado una evolución significativa, pasando de sistemas expertos rígidos a modelos de aprendizaje automático (machine learning) y aprendizaje profundo (deep learning), lo cual ha ampliado sus aplicaciones en diversas industrias, incluida la construcción.

En el sector de la construcción, la IA permite automatizar tareas, optimizar procesos y reducir la incertidumbre en la toma de decisiones (Pampliega 2019). Por ejemplo, puede emplearse en la planificación de obras, estimación de costos, detección de errores en planos, gestión de riesgos y control de calidad. Estos usos se potencian especialmente en contextos donde los recursos son limitados, como en la construcción de vivienda rural.

2.2.2. Big Data: Características y Potencial en la Ingeniería Civil

Big Data se refiere al conjunto de tecnologías, herramientas y métodos que permiten recolectar, almacenar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos, caracterizados por su volumen, velocidad, variedad, veracidad y valor (Mayer-Schönberger & Cukier, 2013). En la ingeniería civil, Big Data permite extraer patrones y generar conocimiento útil para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos.

La integración de Big Data en la gestión de proyectos constructivos permite recopilar datos en tiempo real provenientes de sensores, drones, imágenes satelitales, sistemas BIM (Building Information Modeling) y registros históricos de obras anteriores. Esta información facilita la toma de decisiones basada en evidencia, la predicción de posibles fallos y la optimización de recursos (Soto & Bernal, 2021).

2.2.3. Optimización de Recursos en la Construcción

La optimización de recursos en la construcción implica la utilización eficiente de materiales, mano de obra, tiempo y capital, con el fin de alcanzar los objetivos del proyecto con el menor desperdicio posible (Halpin & Senior, 2011). En zonas rurales, como el departamento del Meta en Colombia, esta optimización se convierte en una necesidad crítica debido a factores como el acceso limitado a materiales, la dispersión geográfica de las comunidades y la disponibilidad restringida de mano de obra calificada.

La IA y el Big Data pueden contribuir a esta optimización mediante el análisis predictivo de la demanda de materiales, la identificación de rutas logísticas eficientes y la planificación

dinámica de actividades constructivas. Asimismo, permiten simular distintos escenarios y evaluar alternativas en función de criterios económicos, sociales y ambientales.

2.2.4. Vivienda rural

La vivienda rural se entiende como aquella unidad habitacional ubicada en áreas no urbanizadas, destinada a satisfacer las necesidades básicas de habitación de familias campesinas o comunidades rurales, la cual debe adaptarse a condiciones geográficas, climáticas y culturales específicas. De acuerdo con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2020), define la vivienda rural como una solución habitacional conformada por espacios que garantizan a los hogares condiciones mínimas de habitabilidad, incluyendo aspectos de salubridad, saneamiento básico, acceso a servicios públicos y calidad estructural. En la misma línea, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2021) enfatiza que la vivienda rural es un elemento estratégico para garantizar bienestar social, acceso a servicios básicos y resiliencia frente a condiciones adversas, siendo un componente clave para el desarrollo sostenible en la región.

2.2.5. Sistemas constructivos

Los sistemas constructivos se definen como el conjunto de técnicas, materiales y procesos empleados para la ejecución de una edificación, los cuales permiten transformar los recursos disponibles en soluciones habitacionales funcionales y seguras. Según Jiménez (2020), se entiende por sistema constructivo la integración organizada de materiales, elementos y unidades/partidas constructivas junto con los procesos y técnicas que, en conjunto, hacen posible ejecutar los componentes de una edificación (cimientos, muros, forjados, cubiertas, entre otros).

Asimismo, para Rosanna Griselda Morán (2023), los sistemas constructivos se conciben como un conjunto de elementos, materiales, técnicas, herramientas, procedimientos y equipos característicos de un tipo particular de edificación, cuya integración posibilita la construcción de elementos fundamentales como cimientos, muros, forjados y cubiertas.

2.3. Marco normativo

La implementación de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data en los procesos de construcción, y específicamente en la vivienda rural, requiere un análisis riguroso del marco normativo colombiano que regula tanto el desarrollo tecnológico como el derecho a la vivienda digna. Este marco legal integra normativas de carácter constitucional, legal, técnico y de política pública, que en su conjunto orientan y delimitan las acciones del Estado y los particulares en este ámbito.

Constitución Política de Colombia de 1991

La Constitución Política establece los principios fundamentales sobre los cuales se basa la intervención estatal en materia de desarrollo tecnológico y vivienda. En el Artículo 51, se reconoce el derecho de todos los colombianos a una vivienda digna, lo cual implica que el Estado debe facilitar mecanismos para que este derecho se haga efectivo, especialmente en poblaciones vulnerables como las zonas rurales (Congreso de Colombia, 1991).

Ley 1955 de 2019 – Plan Nacional de Desarrollo 2018–2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018–2022 incluyó por primera vez un capítulo específico sobre transformación digital y tecnologías emergentes, reconociendo a la IA como una

herramienta estratégica para el desarrollo del país. En su Capítulo 5, se destaca la importancia de promover políticas públicas basadas en datos y evidencia, lo cual se alinea con el uso de Big Data en la planificación y ejecución de proyectos de vivienda (Departamento Nacional de Planeación, 2019).

Normatividad Técnica del Sector de la Construcción

Además del marco legal general, existen normas técnicas que rigen el diseño y ejecución de obras civiles en Colombia, incluyendo la NSR-10 (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente), la cual establece los requisitos mínimos para garantizar la seguridad estructural de edificaciones, incluidas las rurales. La IA puede utilizarse para modelar y verificar el cumplimiento de estas especificaciones en viviendas construidas en zonas sísmicas (ICONTEC, 2010).

3. METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la metodología adoptada para el desarrollo de la investigación orientada a la optimización de recursos en sistemas constructivos de vivienda rural en el departamento del Meta, a través de la implementación de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data. El propósito central de esta sección es detallar de manera clara y precisa el enfoque metodológico, población objeto de estudio, instrumento de recolección de datos, las fases de trabajo, análisis estadístico y consideraciones éticas.

3.1. Enfoque de la investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, en la medida en que integra técnicas y procedimientos tanto cualitativos como cuantitativos, con el propósito de abordar de manera integral el análisis sobre la aplicación de la Inteligencia Artificial y el Big Data en la optimización de recursos en sistemas constructivos de vivienda rural en el Departamento del Meta.

En primer lugar, el componente cualitativo se fundamenta en la revisión documental sistemática, mediante la cual se analizaron estudios académicos, artículos científicos, documentos técnicos y normativos publicados entre los años 2018 y 2025. Esta revisión permitió identificar antecedentes, tendencias, metodologías y experiencias relacionadas con la implementación de tecnologías emergentes en el sector de la construcción. Asimismo, facilitó la interpretación de información no numérica relevante para la contextualización del problema y el sustento teórico del estudio.

En segundo lugar, el componente cuantitativo se desarrolla a partir de la aplicación de una encuesta estructurada dirigida a empresas constructoras afiliadas a la Regional Meta de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). Este instrumento permitió recolectar información medible y susceptible de análisis estadístico, relacionada con el nivel de adopción de tecnologías emergentes, el grado de transformación digital y su posible relación con la optimización de recursos en proyectos de vivienda rural. Los datos obtenidos fueron procesados mediante estadística descriptiva, lo que permitió identificar tendencias, niveles de madurez tecnológica y patrones de comportamiento organizacional.

La combinación de ambos componentes metodológicos permite fortalecer la validez del estudio, al contrastar los hallazgos teóricos derivados de la literatura con la realidad empírica del sector de la construcción en el Departamento del Meta. De esta manera, el enfoque mixto contribuye a generar un diagnóstico más completo y contextualizado, que respalda la formulación de estrategias orientadas a la implementación progresiva de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en el ámbito de la vivienda rural.

3.1.1. Alcance:

El alcance de la presente investigación es de tipo descriptivo, ya que se orienta a caracterizar el estado actual del uso de tecnologías emergentes, específicamente Inteligencia Artificial y Big Data, en las empresas del sector de la construcción y su relación con la optimización de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural.

Desde el punto de vista temporal, la investigación se desarrolla durante el periodo comprendido entre julio del 2025 y marzo del año 2026, lapso en el cual se lleva a cabo la

revisión documental, el diseño y aplicación del instrumento de recolección de información, así como el análisis de los datos obtenidos.

En cuanto al alcance espacial, el estudio se delimita al Departamento del Meta, con énfasis en las empresas constructoras afiliadas a la Regional Meta de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), debido a su representatividad en la actividad constructiva formal del territorio y a su participación en proyectos de vivienda rural y urbana en la región.

A nivel temático, la investigación se centra en el análisis de la incorporación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en los procesos de planificación, gestión y ejecución de proyectos constructivos, particularmente en lo relacionado con la optimización del uso de recursos materiales, personal y temporales en sistemas constructivos de vivienda rural.

La relevancia de este alcance radica en que permite generar un diagnóstico objetivo y contextualizado sobre el estado actual de la adopción de tecnologías emergentes en el sector de la construcción del Departamento del Meta, así como establecer una base técnica y metodológica para la formulación de estrategias orientadas a mejorar la eficiencia, sostenibilidad y toma de decisiones en los proyectos de vivienda rural.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Definición de la población

En el marco del presente trabajo de investigación, la población objetivo está constituida por las empresas de construcción registradas en la Regional Meta de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). Estas organizaciones representan un grupo de interés fundamental para la investigación, dado que concentran la mayor parte de la actividad constructiva formal en

el departamento y son las responsables de planear, ejecutar y gestionar proyectos de vivienda rural y urbana en la región. Además, al estar vinculadas a CAMACOL, cuentan con reconocimiento institucional, trayectoria en el sector y prácticas de gestión empresarial que permiten acceder a información relevante y confiable (CAMACOL, 2025).

3.2.2. Selección de la muestra

En relación con la selección de la muestra, dado que la población objeto de estudio está conformada por un total de 27 empresas afiliadas a la Regional Meta de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), se considera una población relativamente pequeña y manejable. Por esta razón, y con el fin de garantizar la representatividad y robustez de los resultados, se plantea la posibilidad de trabajar con la totalidad de la población, lo que permitiría obtener una visión integral de las prácticas, percepciones y niveles de adopción de la Inteligencia Artificial en los procesos constructivos del departamento. Sin embargo, considerando que la participación de las empresas puede depender de su disponibilidad y disposición para responder al instrumento de recolección de datos, se optará por un muestreo no probabilístico por conveniencia, aplicado a aquellas organizaciones que manifiesten interés en colaborar con la investigación y que cumplan con los criterios de inclusión previamente definidos: i) estar registradas y activas en CAMACOL Meta, ii) contar con experiencia en el desarrollo de proyectos de vivienda rural o urbana en la región, y iii) disponer de un representante técnico o administrativo con conocimiento suficiente sobre los procesos de gestión de recursos y uso de tecnologías. Bajo este esquema, se espera alcanzar una muestra mínima de empresas que permita extraer conclusiones válidas y pertinentes, sin que ello limite la posibilidad de abarcar la totalidad de la población. De este modo, el proceso de selección de la muestra no solo responde a

consideraciones de viabilidad logística y disponibilidad de información, sino que también se fundamenta en el interés de obtener un panorama lo más completo posible sobre el estado actual del sector de la construcción en el Departamento del Meta frente a la incorporación de herramientas de Inteligencia Artificial y Big Data en la optimización de recursos para proyectos de vivienda rural.

3.3. Instrumentos

3.3.1. Revisión documental

La revisión documental constituye uno de los instrumentos fundamentales de recolección de información en la presente investigación, dado que permite identificar, analizar y sistematizar antecedentes, enfoques metodológicos, estrategias y experiencias previas relacionadas con la aplicación de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) y Big Data en el sector de la construcción, con énfasis en la optimización de recursos en sistemas constructivos de vivienda rural.

Este instrumento se desarrolla a partir de una revisión bibliográfica sistemática, orientada a la recopilación de información secundaria proveniente de fuentes académicas y técnicas confiables, tales como artículos científicos, trabajos de grado, libros especializados, documentos normativos y reportes institucionales. La revisión se centra en estudios publicados en el periodo comprendido entre 2018 y 2025, lo que garantiza la actualidad y pertinencia de la información analizada.

Para la identificación de las fuentes se emplearon bases de datos académicas reconocidas, entre las cuales se incluyen ScienceDirect (Elsevier), Scopus, Google Scholar y repositorios

institucionales universitarios, utilizando ecuaciones de búsqueda en español e inglés relacionadas con los ejes temáticos de la investigación, tales como Inteligencia Artificial, Big Data, construcción, sistemas constructivos, vivienda rural y optimización de recursos.

La información recopilada mediante la revisión documental se organiza y sistematiza a través de una matriz de análisis documental, en la cual se registran aspectos como: autor y año de publicación, contexto geográfico del estudio, objetivo, metodología empleada, tecnologías analizadas, principales hallazgos, limitaciones identificadas y aportes relevantes para la investigación. Esta matriz permite comparar los distintos enfoques y resultados encontrados, facilitando la identificación de tendencias, vacíos de investigación y buenas prácticas aplicables al contexto del Departamento del Meta.

Los resultados obtenidos a partir de la revisión documental cumplen un doble propósito dentro de la investigación. En primer lugar, sirven como base para el diagnóstico de las falencias y necesidades de los enfoques actuales utilizados en la optimización de recursos en proyectos de vivienda rural. En segundo lugar, aportan insumos técnicos y conceptuales para la formulación de la propuesta de estrategias orientadas a la implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en las empresas del sector de la construcción del Departamento del Meta.

3.3.2. Encuesta

Para la recolección de información en el presente trabajo de investigación se emplea como instrumento una encuesta virtual estructurada, diseñada para indagar sobre el uso y la incorporación de tecnologías emergentes, como la Inteligencia Artificial y el Big Data, en los procesos constructivos de las empresas del sector de la construcción en el departamento del

Meta. La encuesta está conformada por 34 preguntas (Anexo 1), formuladas principalmente como preguntas cerradas y de escala tipo Likert, lo que permite medir percepciones, actitudes y niveles de adopción tecnológica de manera cuantitativa y estandarizada, garantizando la comparabilidad de los resultados entre las organizaciones participantes.

La elección de este instrumento se fundamenta en criterios metodológicos y prácticos. En primer lugar, la encuesta constituye una técnica ampliamente utilizada en investigaciones con enfoque cuantitativo, dado que facilita la recolección de datos de forma estructurada, objetiva y susceptible de análisis estadístico (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). En segundo lugar, su aplicación en modalidad virtual resulta especialmente pertinente, considerando que las 27 empresas que conforman la población de estudio se encuentran distribuidas en distintos municipios del departamento del Meta, lo cual favorece la eficiencia en la recolección de la información y minimiza las limitaciones geográficas.

El instrumento se organiza en cinco partes temáticas relacionadas con el modelo de negocio, la interacción con clientes y proveedores, los procesos en los niveles táctico y operativo, la infraestructura y seguridad, y la estrategia y experiencia en Industria 4.0. Para el desarrollo de la presente investigación, se adopta un enfoque selectivo sobre aquellos ítems que resultan pertinentes para analizar el nivel de incorporación de tecnologías emergentes en las empresas constructoras. Este enfoque permite obtener información cuantificable directamente asociada con la optimización de recursos en los sistemas constructivos, garantizando la coherencia entre el instrumento de recolección de datos, los objetivos planteados y el análisis estadístico a realizar.

La encuesta es distribuida a través de plataformas digitales seguras, garantizando la confidencialidad de las respuestas, la trazabilidad de la información recolectada y el

cumplimiento de los principios éticos establecidos para la investigación. Asimismo, el diseño del instrumento considera criterios de validez de contenido, asegurando que las preguntas formuladas se encuentren alineadas con los objetivos de la investigación y las variables analizadas.

El instrumento completo, incluyendo el texto íntegro de las 34 preguntas, la estructura del cuestionario y las escalas de medición empleadas, se presenta de manera detallada en el Anexo 1, el cual constituye el soporte metodológico para la recolección de la información utilizada en el análisis estadístico del estudio.

De esta manera, la encuesta virtual se consolida como una herramienta metodológica pertinente y confiable para recopilar información de primera mano sobre las dinámicas actuales de innovación tecnológica en el sector de la construcción en el departamento del Meta, aportando datos relevantes para el análisis y el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación.

3.4. Descripción de procedimientos

El desarrollo del presente trabajo de investigación se llevó a cabo mediante una secuencia de procedimientos organizados en cuatro fases, las cuales permitieron garantizar la coherencia metodológica, la trazabilidad de la información y la validez de los datos recolectados. Estas fases comprenden la elaboración de los instrumentos de investigación (revisión documental y encuesta), la identificación y contacto de los participantes, la distribución de la encuesta y la recolección de la información.

3.4.1. Fase 1. Elaboración de los instrumentos

En la primera fase del procedimiento metodológico se llevó a cabo la elaboración de los instrumentos de recolección de información, correspondientes a la revisión documental y a una encuesta estructurada, los cuales se diseñaron de manera articulada con los objetivos de la investigación y el enfoque cuantitativo adoptado.

En relación con la revisión documental, se definieron los criterios de búsqueda, selección y análisis de fuentes secundarias, priorizando estudios académicos, trabajos de grado, documentos normativos y reportes técnicos relacionados con la aplicación de Inteligencia Artificial y Big Data en el sector de la construcción y en la optimización de recursos en sistemas constructivos de vivienda rural. La información recopilada fue sistematizada mediante una matriz de análisis documental, en la cual se registraron aspectos como autor, año, contexto del estudio, objetivo, metodología, tecnologías analizadas y principales hallazgos, lo que permitió identificar tendencias, experiencias relevantes y vacíos de investigación.

De manera complementaria, se elaboró una encuesta estructurada, cuyo diseño se orientó a identificar y analizar el nivel de incorporación de tecnologías emergentes en las empresas constructoras registradas en la Regional Meta de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). Para la construcción de la encuesta se tuvo en cuenta la necesidad de evaluar cómo dichas organizaciones integran herramientas asociadas a la Inteligencia Artificial, el Big Data y otras tecnologías habilitadoras en sus procesos constructivos, con énfasis en la optimización de recursos en sistemas constructivos de vivienda rural en el Departamento del Meta.

El instrumento de encuesta fue estructurado en cinco partes temáticas, definidas con base en referentes conceptuales relacionados con transformación digital, Industria 4.0 y gestión tecnológica en el sector de la construcción. La primera parte se orientó al modelo de negocio y producto; la segunda abordó la relación con clientes y proveedores; la tercera se enfocó en los procesos en los niveles táctico y operativo; la cuarta evaluó la infraestructura tecnológica y la seguridad de la información; y la quinta se orientó a la estrategia y experiencia en Industria 4.0, incorporando ítems relacionados con tecnologías como Inteligencia Artificial, Big Data, Internet de las cosas, computación en la nube y automatización.

La estructuración de ambos instrumentos permitió garantizar una visión integral y sistemática del estado actual de la adopción tecnológica en el sector, asegurando la alineación entre los instrumentos de recolección de información, los objetivos de la investigación y las variables de estudio.

3.4.2. Fase 2. Identificación y contacto de los participantes

La segunda fase correspondió a la identificación de la población objeto de estudio, conformada por las empresas constructoras registradas y activas en la Regional Meta de CAMACOL. Estas empresas fueron seleccionadas por su participación directa en el desarrollo de proyectos constructivos en el departamento y por contar con estructuras organizacionales aptas para la adopción de tecnologías emergentes. El contacto con los participantes se realizó a través de medios digitales, utilizando los canales institucionales disponibles, como correos electrónicos y contactos suministrados por CAMACOL Meta. En esta etapa se informó a las empresas sobre los objetivos del estudio, su carácter académico y la confidencialidad en el manejo de la información, invitándolas a participar de manera voluntaria.

3.4.3. Fase 3. Distribución de la encuesta

En la tercera fase se llevó a cabo la distribución de la encuesta mediante una plataforma digital segura, lo que facilitó el acceso al instrumento por parte de las empresas participantes y permitió optimizar los tiempos de respuesta. Esta modalidad fue seleccionada debido a la dispersión geográfica de las empresas en los distintos municipios del Departamento del Meta y a la necesidad de garantizar la trazabilidad de las respuestas y la protección de los datos suministrados.

3.4.4. Fase 4. Recolección de la información

La cuarta fase correspondió a la recolección de la información proveniente de ambos instrumentos de investigación. En el caso de la revisión documental, la información fue organizada y consolidada en la matriz de análisis documental previamente diseñada. Para la encuesta, los resultados obtenidos fueron almacenados de manera automática en la plataforma digital utilizada y posteriormente descargados en una base de datos estructurada para su organización y análisis estadístico.

Este procedimiento permitió asegurar la integridad, confidencialidad y confiabilidad de la información recolectada, constituyéndose en un insumo fundamental para el análisis del nivel de incorporación de tecnologías emergentes en las empresas constructoras del Departamento del Meta y para la formulación de la propuesta de estrategias planteada en la investigación.

3.5. Análisis de Información

El análisis estadístico recolectado se desarrolló en varias etapas, con el propósito de garantizar la adecuada organización, preparación, procesamiento e interpretación de los datos obtenidos mediante los instrumentos aplicados. Dado que la investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, el tratamiento principal de los datos correspondió a procedimientos estadísticos descriptivos.

3.5.1. Etapa 1. Limpieza, organización y preparación de los datos

Los datos analizados en la presente investigación fueron obtenidos a partir de la aplicación de una encuesta virtual estructurada dirigida a empresas constructoras registradas en la Regional Meta de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). La información recolectada tuvo como origen las respuestas suministradas por los representantes de las empresas participantes a través de una plataforma digital, la cual permitió el registro automático y sistemático de los datos una vez finalizado el diligenciamiento del instrumento.

Durante el proceso de recolección, se obtuvieron datos correspondientes a variables asociadas con la adopción de tecnologías emergentes, la gestión de procesos constructivos, la infraestructura tecnológica, la seguridad de la información y la estrategia organizacional frente a la Industria 4.0. Con el fin de facilitar su organización y análisis, los datos fueron agrupados en categorías temáticas, de acuerdo con la estructura del instrumento, lo que permitió clasificar la información por dimensiones relacionadas con el modelo de negocio, clientes y proveedores, procesos tácticos y operativos, infraestructura y seguridad, y estrategia tecnológica.

Una vez recolectada la información, los datos fueron descargados desde la plataforma digital y organizados en una matriz de datos en Microsoft Excel, donde cada fila correspondió a una empresa participante y cada columna a un ítem de la encuesta. En esta etapa se llevó a cabo un proceso de limpieza y depuración de los datos, que incluyó la verificación de registros duplicados, la revisión de campos incompletos, la identificación de valores atípicos o inconsistentes y la validación de la coherencia interna de las respuestas. Los registros que presentaron inconsistencias fueron revisados y ajustados cuando fue posible, o excluidos del análisis cuando no cumplían con los criterios mínimos de calidad de la información.

Adicionalmente, se realizó la estandarización de los formatos de respuesta, transformando las opciones de las escalas tipo Likert y las variables categóricas en valores numéricos homogéneos, con el fin de garantizar la comparabilidad entre las respuestas y facilitar su posterior procesamiento estadístico. Este proceso permitió asegurar que todas las variables fueran consistentes, comparables y aptas para su análisis, constituyendo una base de datos depurada y estructurada que sirvió como insumo para las siguientes etapas del análisis estadístico.

Como complemento al proceso de organización y depuración de la información, a continuación, se presenta una ilustración representativa de los datos obtenidos a partir de la aplicación de la encuesta. Dicha Ilustración permite visualizar la estructura general de la base de datos consolidada, evidenciando la disposición de las variables y los registros correspondientes a las empresas participantes, lo cual respalda el proceso de limpieza, organización y preparación de los datos descrito en esta etapa.

Tabla 1
Base de datos consolidada de las respuestas obtenidas en la encuesta, parte 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
EMPRESAS	Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.	Cuenta con indicadores para medir nivel del transformación digital.	Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.	Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).	Reconoce importancia que tiene el uso y análisis de información.	Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.	Cuenta con claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica.	Reconoce los conceptos de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, Big-Data y Data Science).	Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.	Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.	Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.
1	Existe la iniciativa	Nulo	Existe la iniciativa	Nulo	En acción	En acción	En acción	En acción	En algunos casos	En algunos casos	En algunos casos
2	En acción	En acción	En implementación	Nulo	En implementación	En desarrollo	En acción	En desarrollo	En algunos casos	No se realiza	En la mayoría de los casos
3	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Nulo	Existe la iniciativa	En acción	En acción	En acción	En algunos casos	En algunos casos	En algunos casos
4	Nulo	Nulo	Existe la iniciativa	Nulo	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Nulo	Nulo	En la mayoría de los casos	En algunos casos	En la mayoría de los casos
5	En acción	En acción	En acción	En desarrollo	En acción	En acción	En implementación	En implementación	En la mayoría de los casos	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente
6	Nulo	Nulo	En acción	Nulo	En acción	En acción	En acción	En acción	En algunos casos	En la mayoría de los casos	En la mayoría de los casos
7	En desarrollo	En implementación	En desarrollo	En acción	En acción	En acción	En implementación	En desarrollo	En la mayoría de los casos	En algunos casos	Se realiza permanentemente
8	En desarrollo	Nulo	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Nulo	En algunos casos	En algunos casos	En algunos casos
9	En desarrollo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	En algunos casos	En algunos casos	En algunos casos
10	Existe la iniciativa	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	Se realiza permanentemente	Se realiza permanentemente	En la mayoría de los casos
11	Existe la iniciativa	Nulo	En desarrollo	Nulo	En desarrollo	En implementación	En desarrollo	En desarrollo	Se realiza permanentemente	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente
12	Existe la iniciativa	Nulo	Existe la iniciativa	Nulo	Nulo	En implementación	Nulo	Existe la iniciativa	En algunos casos	No se realiza	En algunos casos
13	Nulo	Nulo	Existe la iniciativa	Nulo	En acción	En acción	Nulo	Nulo	No se realiza	No se realiza	En la mayoría de los casos
14	Existe la iniciativa	Nulo	Existe la iniciativa	Nulo	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	En algunos casos	En la mayoría de los casos	En la mayoría de los casos
15	Nulo	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	En desarrollo	En desarrollo	En implementación	En implementación	En acción	En algunos casos	En la mayoría de los casos	En algunos casos
16	En acción	En acción	En acción	En implementación	En acción	En acción	En implementación	En desarrollo	Se realiza permanentemente	Se realiza permanentemente	Se realiza permanentemente
17	Existe la iniciativa	Nulo	Existe la iniciativa	Nulo	En desarrollo	En desarrollo	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	En algunos casos	En algunos casos	No se realiza
18	Nulo	Nulo	Existe la iniciativa	Nulo	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Nulo	Existe la iniciativa	En algunos casos	En algunos casos	En la mayoría de los casos
19	Nulo	Nulo	Existe la iniciativa	Nulo	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Nulo	No se realiza	En algunos casos	No se realiza
20	En desarrollo	En desarrollo	En acción	En desarrollo	En acción	En acción	En acción	En desarrollo	En la mayoría de los casos	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente
21	En desarrollo	En desarrollo	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	En desarrollo	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En algunos casos	En algunos casos	No se realiza
22	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Nulo	Nulo	No se realiza	No se realiza	En la mayoría de los casos
23	Nulo	Nulo	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	En algunos casos	En algunos casos	En algunos casos
24	Nulo	Nulo	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Existe la iniciativa	Nulo	Existe la iniciativa	En algunos casos	En algunos casos	En algunos casos
25	En desarrollo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En acción	En acción	En acción	En implementación	En implementación	En algunos casos	En algunos casos	En la mayoría de los casos
26	Nulo	Nulo	Nulo	En desarrollo	Existe la iniciativa	En desarrollo	Nulo	Existe la iniciativa	En algunos casos	En algunos casos	En algunos casos
27	Existe la iniciativa	Nulo	En desarrollo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	En algunos casos	En algunos casos	En la mayoría de los casos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2
Base de datos consolidada de las respuestas obtenidas en la encuesta, parte 2.

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
EMPRESAS	Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.	Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus proveedores.	Cuenta con la planificación y dirección de la cadena de suministros desde los clientes hasta los proveedores.	Las máquinas y sistemas se pueden controlar a través de tecnologías.	Comunicación entre maquinas / sistemas - M2M	Capacidad de integrarse y colaborar con otras maquinas / sistemas - INTEROPERABILIDAD	La información de su organización se encuentra segura en el contexto de la transformación digital.	Realiza evaluaciones y auditorías de seguridad de la información en su organización como parte de la estrategia de transformación digital.	Promueve la conciencia y la capacitación en seguridad de la información entre los empleados de acuerdo a la transformación digital.	Las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la información en su organización son efectivas
1	En algunos casos	En algunos casos	En algunos casos	Parcialmente	Nulo	Parcialmente	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
2	Se realiza permanentemente	Se realiza permanentemente	Se realiza permanentemente	Parcialmente	Nulo	Nulo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo
3	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente	Se realiza permanentemente	Implementado	Nulo	Nulo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
4	En algunos casos	En algunos casos	Se realiza permanentemente	Implementado	Implementado	Parcialmente	Parcialmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
5	Se realiza permanentemente	En la mayoría de los casos	En la mayoría de los casos	Implementado	Implementado	Implementado	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
6	En la mayoría de los casos	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente	Nulo	Nulo	Nulo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
7	Se realiza permanentemente	En algunos casos	En la mayoría de los casos	Parcialmente	Parcialmente	Parcialmente	Parcialmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
8	En algunos casos	En algunos casos	En algunos casos	Nulo	Nulo	Nulo	Parcialmente de acuerdo	Totalmente en desacuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente en desacuerdo
9	En algunos casos	En algunos casos	En algunos casos	Nulo	Nulo	Nulo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo
10	En la mayoría de los casos	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente	Parcialmente	Parcialmente	Parcialmente	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
11	Se realiza permanentemente	Se realiza permanentemente	En la mayoría de los casos	Parcialmente	Nulo	Nulo	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente en desacuerdo
12	En la mayoría de los casos	En algunos casos	No se realiza	Parcialmente	Nulo	Nulo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo
13	Se realiza permanentemente	Se realiza permanentemente	En la mayoría de los casos	Parcialmente	Nulo	Nulo	Totalmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
14	En la mayoría de los casos	En la mayoría de los casos	En la mayoría de los casos	Parcialmente	Nulo	Parcialmente	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo
15	En la mayoría de los casos	En algunos casos	En la mayoría de los casos	Nulo	Nulo	Nulo	Parcialmente en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo
16	Se realiza permanentemente	Se realiza permanentemente	Se realiza permanentemente	Implementado	Nulo	Implementado	Totalmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
17	No se realiza	No se realiza	No se realiza	Nulo	Nulo	Nulo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
18	En algunos casos	En algunos casos	No se realiza	Nulo	Nulo	Parcialmente	Parcialmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo
19	En algunos casos	En algunos casos	En algunos casos	Parcialmente	Nulo	Nulo	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
20	Se realiza permanentemente	Se realiza permanentemente	Se realiza permanentemente	Parcialmente	Nulo	Parcialmente	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo
21	En algunos casos	No se realiza	No se realiza	Nulo	Parcialmente	Nulo	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
22	En la mayoría de los casos	En algunos casos	En la mayoría de los casos	Nulo	Nulo	Nulo	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
23	En la mayoría de los casos	En algunos casos	En algunos casos	Parcialmente	Parcialmente	Parcialmente	Parcialmente de acuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo
24	En algunos casos	En algunos casos	En algunos casos	Nulo	Nulo	Nulo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
25	En la mayoría de los casos	En la mayoría de los casos	En algunos casos	Nulo	Nulo	Nulo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo
26	En la mayoría de los casos	En la mayoría de los casos	En la mayoría de los casos	Nulo	Nulo	Nulo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
27	Se realiza permanentemente	No se realiza	Se realiza permanentemente	Nulo	Nulo	Nulo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente en desacuerdo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3
Base de datos consolidada de las respuestas obtenidas en la encuesta, parte 3.

	22	23	24	25	26	27	28	29
EMPRESAS	¿Cómo realiza la organización el registro de la información generada por los procesos (producción, comercial, calidad, mantenimiento, administración, etc.)?	¿Dispone de alguna persona en la organización responsable de la transformación digital?	Inteligencia artificial.	Fabricación aditiva.	Internet de las cosas.	Big data y análisis de datos.	Realidad virtual y aumentada.	Plataformas y comunicaciones.
1	Todos los procesos se registran en papel.	Se dispone de un rol especializado.	Importancia alta	Importancia alta	Importancia alta	Importancia alta	Importancia alta	Importancia alta
2	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	Se dispone de un rol especializado.	Importancia media	Importancia media	Importancia media	Importancia media	Importancia media	Importancia media
3	Todos los procesos están completamente digitalizados.	Se dispone de un rol especializado.	Importancia alta	Importancia media	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia alta
4	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	Se dispone de un rol especializado.	Importancia alta	Importancia media	Importancia muy alta	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta
5	Todos los procesos están completamente digitalizados.	Se dispone de varios roles especializados.	Importancia alta	Importancia baja	Importancia alta	Importancia alta	Importancia baja	Importancia alta
6	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	No dispone de roles especializados.	Importancia baja	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Importancia alta
7	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	No dispone de roles especializados.	Importancia baja	Importancia alta	Importancia media	Importancia media	Importancia alta	Importancia media
8	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	No dispone de roles especializados.	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Importancia media
9	No registra información de los procesos.	No dispone de roles especializados.	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia
10	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	No dispone de roles especializados.	Importancia media	Sin importancia	Importancia media	Importancia media	Importancia baja	Importancia alta
11	Todos los procesos están completamente digitalizados.	No dispone de roles especializados.	Importancia baja	Sin importancia	Importancia baja	Importancia alta	Importancia alta	Importancia alta
12	No registra información de los procesos.	No dispone de roles especializados.	Importancia alta	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta	Importancia media	Importancia media
13	Todos los procesos están completamente digitalizados.	No dispone de roles especializados.	Importancia media	Sin importancia	Importancia baja	Importancia media	Sin importancia	Importancia media
14	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	Se dispone de un rol especializado.	Importancia media	Importancia media	Importancia media	Importancia baja	Importancia baja	Importancia media
15	No registra información de los procesos.	No dispone de roles especializados.	Importancia baja	Importancia media	Importancia baja	Importancia media	Importancia baja	Importancia media
16	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	Se dispone de varios roles especializados.	Importancia media	Sin importancia	Importancia alta	Importancia alta	Sin importancia	Importancia media
17	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	Se dispone de varios roles especializados.	Importancia baja	Importancia baja	Importancia media	Sin importancia	Sin importancia	Importancia media
18	No registra información de los procesos.	No dispone de roles especializados.	Importancia media	Importancia baja	Importancia media	Importancia media	Importancia alta	Importancia alta
19	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	No dispone de roles especializados.	Sin importancia	Sin importancia	Importancia baja	Sin importancia	Sin importancia	Importancia baja
20	Todos los procesos están completamente digitalizados.	Se dispone de varios roles especializados.	Importancia alta	Importancia media	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia media	Importancia muy alta
21	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	Se dispone de un rol especializado.	Importancia baja	Importancia media	Importancia media	Importancia baja	Importancia baja	Importancia alta
22	Todos los procesos se registran en papel.	No dispone de roles especializados.	Sin importancia	Importancia baja	Importancia baja	Sin importancia	Sin importancia	Importancia baja
23	Todos los procesos están completamente digitalizados.	Se dispone de un rol especializado.	Importancia media	Importancia baja	Importancia alta	Importancia media	Importancia media	Importancia alta
24	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	Se dispone de un rol especializado.	Importancia baja	Importancia baja	Importancia baja	Importancia media	Importancia baja	Importancia media
25	Todos los procesos están completamente digitalizados.	Se dispone de un rol especializado.	Importancia muy alta	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta	Importancia media	Importancia media
26	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	Se dispone de un rol especializado.	Importancia baja	Sin importancia	Sin importancia	Importancia baja	Sin importancia	Sin importancia
27	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	Se dispone de un rol especializado.	Importancia alta	Importancia media	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia media	Importancia alta

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4
Base de datos consolidada de las respuestas obtenidas en la encuesta, parte 4.

	30	31	32	33	34
EMPRESAS	Tecnologías en la nube (Cloud).	Ciberseguridad.	Marketing digital.	Formación y personas.	Robótica y automatización.
1	Importancia alta	Importancia alta	Importancia alta	Importancia alta	Importancia alta
2	Importancia media	Importancia media	Importancia media	Importancia media	Importancia media
3	Importancia alta	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia media
4	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia media
5	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia baja	Importancia muy alta	Importancia baja
6	Sin importancia	Sin importancia	Importancia media	Sin importancia	Sin importancia
7	Importancia media	Importancia baja	Importancia media	Importancia muy alta	Importancia alta
8	Importancia muy alta	Importancia media	Importancia media	Importancia media	Sin importancia
9	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia
10	Importancia alta	Importancia alta	Importancia media	Importancia media	Sin importancia
11	Importancia alta	Importancia baja	Importancia muy alta	Importancia alta	Importancia baja
12	Importancia alta	Importancia alta	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia baja
13	Importancia media	Importancia baja	Sin importancia	Importancia baja	Sin importancia
14	Importancia media	Importancia media	Importancia media	Importancia media	Importancia media
15	Importancia baja	Importancia media	Importancia baja	Importancia media	Importancia baja
16	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia media	Importancia alta	Sin importancia
17	Importancia media	Sin importancia	Sin importancia	Importancia media	Sin importancia
18	Importancia baja	Importancia baja	Importancia alta	Importancia alta	Importancia alta
19	Importancia baja	Importancia baja	Importancia baja	Importancia baja	Importancia baja
20	Importancia media	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia muy alta
21	Importancia alta	Importancia alta	Importancia muy alta	Importancia muy alta	Importancia muy alta
22	Importancia baja	Sin importancia	Importancia media	Importancia baja	Sin importancia
23	Importancia alta	Importancia media	Importancia media	Importancia alta	Importancia alta
24	Importancia media	Importancia baja	Importancia baja	Importancia media	Importancia baja
25	Importancia alta	Importancia alta	Importancia media	Importancia muy alta	Importancia muy alta
26	Importancia baja	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia
27	Importancia muy alta	Importancia alta	Importancia muy alta	Importancia alta	Importancia media

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Etapa 2. Codificación y estructuración operativa

Una vez organizada y depurada la base de datos, se procedió a la codificación de las respuestas, con el objetivo de transformar las opciones de respuesta cualitativas de la encuesta en valores numéricos que permitieran su tratamiento estadístico. Este proceso se realizó de manera sistemática, asignando valores ordinales a cada una de las categorías de respuesta, de acuerdo con la escala definida en el instrumento y manteniendo la coherencia con el nivel de madurez tecnológica que representan.

Para las preguntas formuladas bajo escalas tipo Likert, se estableció una codificación ordinal de cinco niveles, en la cual los valores numéricos reflejan un incremento progresivo en el grado de adopción de tecnologías emergentes. Por ejemplo, en ítems relacionados con la existencia y avance de estrategias de transformación digital, las respuestas fueron codificadas de la siguiente manera: Nulo (1), Existe la iniciativa (2), En desarrollo (3), En implementación (4) y En acción (5). Esta codificación permitió cuantificar el nivel de madurez tecnológica de las empresas participantes, facilitando la comparación entre organizaciones y la construcción de indicadores agregados.

El proceso de codificación y estructuración operativa aseguró que todas las variables fueran consistentes, comparables y aptas para su posterior análisis estadístico, constituyéndose en un paso fundamental para la aplicación de técnicas de estadística descriptiva y la generación de resultados confiables.

A continuación, se presentan las codificaciones asignadas a las opciones de respuesta de la encuesta, en las cuales se establece la correspondencia entre cada categoría cualitativa y su respectivo valor numérico. Esta relación permite evidenciar de manera explícita el proceso de

transformación de las respuestas en variables cuantificables, garantizando la trazabilidad del análisis estadístico y la coherencia entre el instrumento aplicado y los procedimientos de análisis desarrollados.

Tabla 5
Codificaciones Asignadas, preguntas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

1	**Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.**	**CODIFICACION**	**2**	**Cuenta con indicadores para medir nivel del transformación digital.**	**CODIFICACION**
	Nulo	1		Nulo	1
	Existe la iniciativa	2		Existe la iniciativa	2
	En desarrollo	3		En desarrollo	3
	En implementación	4		En implementación	4
	En acción	5		En acción	5
3	**Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.**	**CODIFICACION**	**4**	**Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).**	**CODIFICACION**
	Nulo	1		Nulo	1
	Existe la iniciativa	2		Existe la iniciativa	2
	En desarrollo	3		En desarrollo	3
	En implementación	4		En implementación	4
	En acción	5		En acción	5
5	**Reconoce importancia que tiene el uso y análisis de información.**	**CODIFICACION**	**6**	**Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.**	**CODIFICACION**
	Nulo	1		Nulo	1
	Existe la iniciativa	2		Existe la iniciativa	2
	En desarrollo	3		En desarrollo	3
	En implementación	4		En implementación	4
	En acción	5		En acción	5
7	**Cuenta con claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica.**	**CODIFICACION**	**8**	**Reconoce los conceptos de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, Big-Data y Data Science).**	**CODIFICACION**
	Nulo	1		Nulo	1
	Existe la iniciativa	2		Existe la iniciativa	2
	En desarrollo	3		En desarrollo	3
	En implementación	4		En implementación	4
	En acción	5		En acción	5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6
Codificaciones Asignadas, preguntas 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

9	**Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.**	**CODIFICACION**	**10**	**Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.**	**CODIFICACION**
	No se realiza	1		No se realiza	1
	En algunos casos	2		En algunos casos	2
	En la mayoria de los casos	3		En la mayoria de los casos	3
	Se realiza permanentemente	4		Se realiza permanentemente	4
11	**Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.**	**CODIFICACION**	**12**	**Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.**	**CODIFICACION**
	No se realiza	1		No se realiza	1
	En algunos casos	2		En algunos casos	2
	En la mayoria de los casos	3		En la mayoria de los casos	3
	Se realiza permanentemente	4		Se realiza permanentemente	4
13	**Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus proveedores.**	**CODIFICACION**	**14**	**Cuenta con la planificación y dirección de la cadena de suministros desde los clientes hasta los proveedores.**	**CODIFICACION**
	No se realiza	1		No se realiza	1
	En algunos casos	2		En algunos casos	2
	En la mayoria de los casos	3		En la mayoria de los casos	3
	Se realiza permanentemente	4		Se realiza permanentemente	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7
Codificaciones Asignadas, preguntas 15, 16 y 17.

	Las máquinas y sistemas se pueden controlar a través de tecnologías.	CODIFICACION
15	Nulo	1
	Parcialmente	2
	Implementado	3

	Comunicación entre maquinas / sistemas - M2M	CODIFICACION
16	Nulo	1
	Parcialmente	2
	Implementado	3

	Capacidad de integrarse y colaborar con otras maquinas / sistemas - INTEROPERABILIDAD	CODIFICACION
17	Nulo	1
	Parcialmente	2
	Implementado	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8
Codificaciones Asignadas, preguntas 18, 19, 20 y 21.

	La información de su organización se encuentra segura en el contexto de la transformación digital.	CODIFICACION
18	Totalmente en desacuerdo	1
	Parcialmente en desacuerdo	2
	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
	Parcialmente de acuerdo	4
	Totalmente de acuerdo	5

	Realiza evaluaciones y auditorías de seguridad de la información en su organización como parte de la estrategia de transformación digital.	CODIFICACION
19	Totalmente en desacuerdo	1
	Parcialmente en desacuerdo	2
	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
	Parcialmente de acuerdo	4
	Totalmente de acuerdo	5

	Promueve la conciencia y la capacitación en seguridad de la información entre los empleados de acuerdo a la transformación digital.	CODIFICACION
20	Totalmente en desacuerdo	1
	Parcialmente en desacuerdo	2
	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
	Parcialmente de acuerdo	4
	Totalmente de acuerdo	5

	Las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la información en su organización son efectivas	CODIFICACION
21	Totalmente en desacuerdo	1
	Parcialmente en desacuerdo	2
	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
	Parcialmente de acuerdo	4
	Totalmente de acuerdo	5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9
Codificaciones Asignadas, preguntas 22 y 23.

	¿Cómo realiza la organización el registro de la información generada por los procesos (producción, comercial, calidad, mantenimiento, administración, etc.)?	CODIFICACION
22	No registra información de los procesos.	1
	Todos los procesos se registran en papel.	2
	Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	3
	Todos los procesos están completamente digitalizados.	4

	¿Dispone de alguna persona en la organización responsable de la transformación digital?	CODIFICACION
23	No dispone de roles especializados.	1
	Se dispone de un rol especializado.	2
	Se dispone de varios roles especializados.	3
	Se dispone de una gran especialización de roles digitales claves para la Industria 4.0.	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10
Codificaciones Asignadas, preguntas 24, 25, 26, 27, 28 y 29.

	Inteligencia artificial.	CODIFICACION
24	Sin importancia	1
	Importancia baja	2
	Importancia media	3
	Importancia alta	4
	Importancia muy alta	5

	Fabricación aditiva.	CODIFICACION
25	Sin importancia	1
	Importancia baja	2
	Importancia media	3
	Importancia alta	4
	Importancia muy alta	5

	Internet de las cosas.	CODIFICACION
26	Sin importancia	1
	Importancia baja	2
	Importancia media	3
	Importancia alta	4
	Importancia muy alta	5

	Big data y análisis de datos.	CODIFICACION
27	Sin importancia	1
	Importancia baja	2
	Importancia media	3
	Importancia alta	4
	Importancia muy alta	5

	Realidad virtual y aumentada.	CODIFICACION
28	Sin importancia	1
	Importancia baja	2
	Importancia media	3
	Importancia alta	4
	Importancia muy alta	5

	Plataformas y comunicaciones.	CODIFICACION
29	Sin importancia	1
	Importancia baja	2
	Importancia media	3
	Importancia alta	4
	Importancia muy alta	5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11
Codificaciones Asignadas, preguntas 30, 31, 32, 33 y 34.

	Tecnologías en la nube (Cloud).	CODIFICACION
30	Sin importancia	1
	Importancia baja	2
	Importancia media	3
	Importancia alta	4
	Importancia muy alta	5

	Ciberseguridad.	CODIFICACION
31	Sin importancia	1
	Importancia baja	2
	Importancia media	3
	Importancia alta	4
	Importancia muy alta	5

	Marketing digital.	CODIFICACION
32	Sin importancia	1
	Importancia baja	2
	Importancia media	3
	Importancia alta	4
	Importancia muy alta	5

	Formación y personas.	CODIFICACION
33	Sin importancia	1
	Importancia baja	2
	Importancia media	3
	Importancia alta	4
	Importancia muy alta	5

	Robótica y automatización.	CODIFICACION
34	Sin importancia	1
	Importancia baja	2
	Importancia media	3
	Importancia alta	4
	Importancia muy alta	5

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado del proceso de codificación y estructuración operativa de los datos, se obtuvo una tabla consolidada con las respuestas codificadas de la encuesta, en la cual se refleja la asignación de valores numéricos a cada una de las categorías de respuesta definidas en el instrumento. Esta tabla permite visualizar de manera organizada y sistemática el nivel de adopción de tecnologías emergentes de las empresas participantes, constituyéndose en el insumo principal para la aplicación de los análisis estadísticos y la generación de los resultados del estudio.

Tabla 12
Base de datos Codificadas, parte 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	G	10
EMPRESAS	Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.	Cuenta con indicadores para medir nivel del transformación digital.	Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.	Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).	Reconoce importancia que tiene el uso y análisis de información.	Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.	Cuenta con claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica.	Reconoce los conceptos de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, Big-Data y Data Science).	Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.	Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.
1	2	1	2	1	5	5	5	5	2	2
2	5	5	4	1	4	3	5	3	2	1
3	2	2	2	1	2	5	5	5	2	2
4	1	1	2	1	2	2	1	1	3	2
5	5	5	5	3	5	5	4	4	3	3
6	1	1	5	1	5	5	5	5	2	3
7	3	4	3	5	5	5	4	3	3	2
8	3	1	2	2	2	2	2	1	2	2
G	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2
10	2	1	2	3	3	3	3	3	4	4
11	2	1	3	1	3	4	3	3	4	3
12	2	1	2	1	1	4	1	2	2	1
13	1	1	2	1	5	5	1	1	1	1
14	2	1	2	1	3	3	3	3	2	3
15	1	2	2	3	3	4	4	5	2	3
16	5	5	5	4	5	5	4	3	4	4
17	2	1	2	1	3	3	2	2	2	2
18	1	1	2	1	2	2	1	2	2	2
1G	1	1	2	1	2	2	2	1	1	2
20	3	3	5	3	5	5	5	3	3	3
21	3	3	2	2	3	1	2	3	2	2
22	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
23	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
24	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2
25	3	2	3	5	5	5	4	4	2	2
26	1	1	1	3	2	3	1	2	2	2
27	2	1	3	2	3	3	3	3	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13
Base de datos Codificadas, parte 2.

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
EMPRESAS	Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.	Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.	Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus proveedores.	Cuenta con la planificación y dirección de la cadena de suministros desde los clientes hasta los proveedores.	Las máquinas y sistemas se pueden controlar a través de tecnologías.	Comunicación entre maquinas / sistemas - M2M	Capacidad de integrarse y colaborar con otras maquinas / sistemas - INTEROPERABILIDAD	La información de su organización se encuentra segura en el contexto de la transformación digital.	Realiza evaluaciones y auditorías de seguridad de la información en su organización como parte de la estrategia de transformación digital.	Promueve la conciencia y la capacitación en seguridad de la información entre los empleados de acuerdo a la transformación digital.
1	2	2	2	2	2	1	2	3	3	3
2	3	4	4	4	2	1	1	4	4	4
3	2	3	4	4	3	1	1	3	4	5
4	3	2	2	4	3	3	2	4	5	5
5	4	4	3	3	3	3	3	5	5	5
6	3	3	3	4	1	1	1	3	3	3
7	4	4	2	3	2	2	2	4	5	4
8	2	2	2	2	1	1	1	4	1	5
9	2	2	2	2	1	1	1	3	2	2
10	3	3	3	4	2	2	2	3	4	4
11	4	4	4	3	2	1	1	2	1	4
12	2	3	2	1	2	1	1	4	2	2
13	3	4	4	3	2	1	1	1	1	1
14	3	3	3	3	2	1	2	3	2	2
15	2	3	2	3	1	1	1	2	3	3
16	4	4	4	4	3	1	3	5	4	5
17	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3
18	3	2	2	1	1	1	2	2	2	3
19	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1
20	4	4	4	4	2	1	2	4	4	4
21	1	2	1	1	1	2	1	2	1	3
22	3	3	2	3	1	1	1	2	1	1
23	2	3	2	2	2	2	2	4	3	4
24	2	2	2	2	1	1	1	3	3	3
25	3	3	3	2	1	1	1	4	4	4
26	2	3	3	3	1	1	1	3	3	3
27	3	4	1	4	1	1	1	3	2	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14
Base de datos Codificadas, parte 3.

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
EMPRESAS	Las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la información en su organización son efectivas	¿Cómo realiza la organización el registro de la información generada por los procesos (producción, comercial, calidad, mantenimiento, administración, etc.)?	¿Dispone de alguna persona en la organización responsable de la transformación digital?	Inteligencia artificial.	Fabricación aditiva.	Internet de las cosas.	Big data y análisis de datos.	Realidad virtual y aumentada.	Plataformas y comunicaciones.	Tecnologías en la nube (Cloud).	Ciberseguridad.	Marketing digital.	Formación y personas.	Robótica y automatización.
1	3	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	5	4	2	4	3	5	5	5	4	4	5	5	5	3
4	5	3	2	4	3	5	3	4	5	5	5	5	5	3
5	5	4	3	4	2	4	4	2	4	5	5	2	5	2
6	3	3	1	2	1	1	1	1	4	1	1	3	1	1
7	3	3	1	2	4	3	3	4	3	3	2	3	5	4
8	1	3	1	1	1	1	1	1	3	5	3	3	3	1
9	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	3	3	1	3	1	3	3	2	4	4	4	3	3	1
11	2	4	1	2	1	2	4	4	4	4	2	5	4	2
12	2	1	1	4	3	4	5	3	3	4	4	5	5	2
13	1	4	1	3	1	2	3	1	3	3	2	1	2	1
14	2	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3
15	2	1	1	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2
16	5	3	3	3	1	4	4	1	3	5	5	3	4	1
17	3	3	3	2	2	3	1	1	3	3	1	1	3	1
18	2	1	1	3	2	3	3	4	4	2	2	4	4	4
19	1	3	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2
20	4	4	3	4	3	5	5	3	5	3	5	5	5	5
21	1	3	2	2	3	3	2	2	4	4	4	5	5	5
22	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	3	2	1
23	4	4	2	3	2	4	3	3	4	4	3	3	4	4
24	3	3	2	2	2	2	3	2	3	3	2	2	3	2
25	4	4	2	5	3	4	5	3	3	4	4	3	5	5
26	3	3	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1
27	2	3	2	4	3	5	5	3	4	5	4	5	4	3

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3. Etapa 3. Análisis del instrumento y software utilizado

Una vez depurada, organizada y codificada la base de datos obtenida a partir de la aplicación de la encuesta, la información fue procesada y analizada mediante el uso de Microsoft Excel, seleccionado como herramienta principal para el análisis de la información debido a su amplia aplicabilidad en investigaciones con enfoque cuantitativo, su capacidad para gestionar bases de datos estructuradas y su funcionalidad para realizar análisis estadísticos descriptivos y representaciones gráficas de forma eficiente y confiable.

El análisis de la información se desarrolló, en primer lugar, a través de estadística descriptiva, orientada a caracterizar el comportamiento de las variables asociadas al nivel de adopción de tecnologías emergentes y a la optimización de recursos en los sistemas constructivos. Para ello, se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

- Cálculo de frecuencias absolutas y relativas, con el fin de identificar la distribución de las respuestas para cada ítem del cuestionario.
- Análisis por dimensiones del instrumento, mediante la agregación de resultados por cada una de las partes temáticas de la encuesta, lo que permitió identificar patrones generales en relación con el nivel de madurez tecnológica de las empresas encuestadas.

De manera complementaria, se construyeron indicadores descriptivos que facilitaron la interpretación del nivel de incorporación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en las empresas constructoras, así como su relación con prácticas orientadas a la optimización del uso de recursos.

En cuanto a la presentación de los resultados, la información analizada fue organizada y visualizada mediante diferentes recursos, seleccionados en función del tipo de dato y del instrumento de recolección empleado. Para los datos obtenidos a partir de la encuesta se utilizaron principalmente:

- Tablas de frecuencia, que permiten sintetizar y contrastar los resultados por ítem y por dimensión.
- Gráficas, tales como diagramas de barras, utilizada para facilitar la visualización de tendencias, niveles de adopción tecnológica y diferencias entre categorías de respuesta.

Estos elementos de presentación permiten comunicar de manera clara y comprensible los resultados del análisis de la información, facilitando su interpretación y su posterior discusión en relación con los objetivos de la investigación y la formulación de la propuesta de estrategias para la implementación de tecnologías emergentes en el sector de la construcción del Departamento del Meta.

3.6. Consideraciones Éticas:

La presente investigación se desarrolla bajo los principios éticos que orientan la investigación académica, garantizando el respeto por los participantes, la transparencia en el manejo de la información y el cumplimiento de la normativa vigente en materia de protección de datos personales.

La participación de las empresas constructoras del Departamento del Meta es voluntaria y se encuentra precedida por una declaración inicial de consentimiento informado, mediante la cual

los participantes manifiestan su aceptación para diligenciar la encuesta, una vez informados sobre los objetivos del estudio, su carácter estrictamente académico y el uso de la información recolectada. El formato de dicha declaración, tal como se presenta en la interfaz del instrumento aplicado, se incluye como evidencia en el Anexo 2.

La encuesta tiene una finalidad exclusivamente académica e investigativa, orientada a conocer el nivel de apropiación de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial, el Big Data y la Ciencia de Datos en la gestión de proyectos. La información recolectada es tratada de manera anónima y agregada, sin requerir datos personales que permitan identificar a las empresas o a los encuestados, y sin fines comerciales o evaluativos.

4. HIPÓTESIS

En el marco del presente estudio, las hipótesis se formulan como supuestos orientadores que permiten analizar la relación entre la incorporación de tecnologías emergentes y la optimización de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural en el Departamento del Meta. Estas hipótesis se fundamentan en la revisión teórica y en los objetivos de la investigación, y buscan apoyar la interpretación de los resultados obtenidos a partir de la información recolectada mediante la encuesta aplicada a las empresas constructoras.

Dado que la investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto con alcance descriptivo, las hipótesis no pretenden establecer relaciones causales, sino identificar tendencias y posibles asociaciones entre las variables analizadas, relacionadas con el uso de Inteligencia Artificial y Big Data en los procesos constructivos y su incidencia en la eficiencia en el uso de los recursos.

En este sentido, se plantean las siguientes hipótesis de trabajo:

Hipótesis 1: El mayor nivel de incorporación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en las empresas constructoras se asocia con una mayor optimización de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural.

Hipótesis 2: El nivel de incorporación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en las empresas constructoras no se asocia con la optimización de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural.

4.1. Las variables

Las variables del estudio se definen a partir de la pregunta de investigación y los objetivos planteados, con el fin de facilitar el análisis de la información recolectada. Estas variables se clasifican en independientes y dependientes, de acuerdo con su función dentro del desarrollo de la investigación y el modelo de análisis propuesto.

4.1.1. Variable independiente

La variable independiente corresponde al nivel de incorporación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en las empresas constructoras del Departamento del Meta. Esta variable se refiere al grado en que las organizaciones del sector han adoptado y utilizado tecnologías emergentes en sus procesos estratégicos, administrativos y operativos, en el contexto de la transformación digital.

4.1.2. Variable dependiente

La variable dependiente corresponde a la optimización de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural. Esta variable hace referencia al uso eficiente y racional de los recursos disponibles durante la planificación y ejecución de los proyectos, considerando criterios técnicos, económicos y operativos.

5. RESULTADOS

El presente capítulo expone los resultados obtenidos a partir de los instrumentos de recolección de información definidos en el diseño metodológico: la revisión documental sistemática y la encuesta estructurada aplicada a las empresas constructoras afiliadas a la Regional Meta de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL).

En coherencia con el enfoque mixto adoptado en la investigación, los resultados se presentan en dos apartados complementarios. En primer lugar, se desarrollan los hallazgos derivados de la revisión documental, los cuales permiten contextualizar teóricamente el fenómeno estudiado e identificar tendencias, enfoques y vacíos en la literatura. En segundo lugar, se presentan los resultados cuantitativos obtenidos mediante la encuesta, organizados por dimensiones temáticas y acompañados de su respectivo análisis descriptivo.

Esta estructura permite integrar el componente cualitativo y el cuantitativo del estudio, facilitando la contrastación entre la evidencia académica existente y la realidad del sector de la construcción en el Departamento del Meta.

5.1. Presentación de resultados

5.1.1. Resultados de la revisión documental

La revisión documental sistemática tuvo como propósito analizar estudios académicos publicados entre 2018 y 2025 relacionados con la aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data en el sector de la construcción, con énfasis en la optimización de recursos y en contextos de vivienda.

De acuerdo con lo descrito en el numeral 3.3.1, la información recopilada fue organizada en una matriz de análisis documental que incluyó los siguientes campos: autor y año de publicación, contexto geográfico, objetivo del estudio, metodología empleada, tecnologías analizadas, principales hallazgos, limitaciones identificadas y aportes relevantes para la presente investigación.

Tabla 15
Matriz de Análisis documental

Autor(es) y Año	Contexto geográfico	Objetivo	Metodología	Tecnologías analizadas	Principales hallazgos	Limitaciones	Aportes relevantes
Pampliega (2019)	España / contexto internacional	Analizar impacto de IA en sector construcción	Editorial – análisis conceptual	BIM, Machine Learning, algoritmos predictivos	IA optimiza diseño mediante análisis de grandes datos	Falta claridad en impacto real en gestión BIM	Marco conceptual sobre IA aplicada al diseño constructivo
Álvarez Ochoa (2022)	Perú (Ministerio de Vivienda)	Determinar relación entre IA y gestión de proyectos de inversión pública	Revisión bibliográfica + encuesta censal + correlación Spearman	Algoritmos de IA, modelo de optimización MOPP	IA mejora priorización y toma de decisiones en proyectos públicos	Dependencia de calidad de datos institucionales	Propone modelo de optimización aplicable a gestión pública
Erazo Toscano & Velásquez Cuestas (2021)	Cundinamarca, Colombia	Analizar problemas en la planeación de proyectos VIS categoría VI	Enfoque cualitativo – estudio de casos y matriz impacto-influencia	Gestión de proyectos (PMBOK), herramientas de planeación	Deficiencias en fase de planeación generan sobrecostos y retrasos	Limitado a VIS categoría VI en Cundinamarca	Evidencia la importancia de fortalecer planeación para evitar fallas estructurales y administrativas
Díaz Hernández (2022)	Villeta, Cundinamarca (Colombia)	Evaluar metodología BIM en vivienda rural	Estudio aplicado – modelación Revit	BIM (Revit), gestión de proyectos	BIM mejora control, reduce inconsistencias y sobrecostos	Análisis en proyecto pequeño (4 viviendas)	Evidencia aplicabilidad BIM en proyectos de pequeña escala
Mendoza, Quispe & Muñoz (2022)	Latinoamérica / Perú	Analizar rol de IA en industria construcción	Revisión sistemática (86 artículos)	IA en planificación, diseño, mantenimiento	IA optimiza tiempo, costos y seguridad	Resistencia al cambio y altos costos iniciales	Visión integral de IA en ciclo de vida constructivo
Barraza García Ervin Enrique (2024)	México	Analizar aplicación de IA en proyectos de ingeniería civil	Investigación aplicada con análisis documental y técnico	Machine Learning, automatización, análisis de datos	IA optimiza toma de decisiones y planificación en proyectos civiles	Necesidad de datos estructurados y capacitación técnica especializada	Complementa evidencia latinoamericana sobre digitalización y modernización del sector construcción

Autor(es) y Año	Contexto geográfico	Objetivo	Metodología	Tecnologías analizadas	Principales hallazgos	Limitaciones	Aportes relevantes
Carvajal-Rivadeneira et al. (2024)	Ecuador	Evaluar impacto de IA en proyectos de infraestructura	Revisión sistemática + casos + simulaciones	IA aplicada a diseño, BIM, mantenimiento predictivo	Reducción 25% costos, 40% tiempos ejecución	Problemas interoperabilidad y calidad de datos	Datos cuantitativos sobre impacto real de IA
Zambrano & Gamboa (2024)	Ecuador	Describir técnicas IA para selección de concreto	Revisión sistemática (240 artículos → 24 seleccionados)	Machine Learning, Redes neuronales, Big Data	IA mejora precisión y seguridad en selección de concreto	Enfoque solo en construcciones residenciales	Aporta evidencia técnica sobre IA en materiales
Ramos Cuchala (2024)	Colombia (Medellín)	Implementar IA en gestión documental de proyectos civiles	Enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo) – desarrollo práctico	Base de datos relacional (SQLite), GPT-4, NLP	Mejora eficiencia en gestión documental estructural	Aplicación en empresa específica	Integra IA generativa en gestión documental técnica
Montesdeoca et al. (2025)	Ecuador	Analizar aplicación de IA en planificación de obras civiles	Análisis Textual Discursivo (ATD) – revisión 2020-2024	Modelos predictivos, Machine Learning, BIM	Reducción de costos y tiempos; mejora en decisiones	Falta de estandarización e interoperabilidad	Evidencia tendencias actuales en IA aplicada a planificación

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de los estudios revisados permite identificar tendencias consistentes respecto al impacto y potencial de la Inteligencia Artificial (IA) y las tecnologías asociadas al Big Data en el sector de la construcción, particularmente en lo relacionado con la optimización de recursos, la planificación de proyectos y la mejora en la toma de decisiones.

En primer lugar, a nivel conceptual y estratégico, Pampliega (2019) expone que la IA, apoyada en algoritmos predictivos, Machine Learning y herramientas como BIM, permite optimizar el diseño constructivo mediante el análisis de grandes volúmenes de datos. Este autor plantea que la incorporación de estas tecnologías transforma la fase de diseño al reducir incertidumbre y mejorar la precisión técnica. No obstante, señala como limitación la falta de evidencia empírica suficiente sobre su impacto real en la gestión integrada de proyectos BIM, lo cual evidencia la necesidad de investigaciones aplicadas en contextos específicos.

Desde una perspectiva aplicada a la gestión pública, Álvarez Ochoa (2022) demuestra, mediante revisión bibliográfica y análisis estadístico con correlación de Spearman, que existe una relación significativa entre la implementación de algoritmos de IA y la eficiencia en la priorización de proyectos de inversión pública en el sector vivienda en Perú. Su propuesta del Modelo de Optimización para la Priorización de Proyectos (MOPP) evidencia que la IA puede fortalecer la toma de decisiones estratégicas, siempre que se disponga de bases de datos institucionales estructuradas y confiables. Este hallazgo resulta especialmente relevante para el contexto colombiano, donde la calidad y organización de la información constituye un desafío estructural.

En el ámbito colombiano, Erazo Toscano y Velásquez Cuestas (2021) identifican que una de las principales causas de sobrecostos y retrasos en proyectos de Vivienda de Interés Social (VIS) se encuentra en deficiencias durante la fase de planeación. A través de un enfoque cualitativo basado en estudio de casos y matriz de impacto-influencia, los autores concluyen que la falta de planificación técnica y metodológica adecuada incide directamente en la ineficiencia de los proyectos. Aunque el estudio no se centra específicamente en IA, sus resultados evidencian la necesidad de fortalecer herramientas de análisis y planeación, ámbito en el cual las tecnologías emergentes podrían aportar valor significativo.

En línea con lo anterior, Díaz Hernández (2022) evalúa la aplicabilidad de la metodología BIM en vivienda rural en Colombia, demostrando que su implementación mejora el control de cantidades, reduce inconsistencias y minimiza sobrecostos. Si bien su análisis se limita a un proyecto de pequeña escala (cuatro viviendas), los resultados evidencian que la digitalización de procesos constructivos es viable incluso en entornos rurales, lo que abre la posibilidad de integrar herramientas más avanzadas como IA y análisis predictivo.

A nivel regional, Mendoza, Quispe y Muñoz (2022), mediante una revisión sistemática de 86 artículos científicos, concluyen que la IA impacta positivamente todo el ciclo de vida del proyecto constructivo, optimizando tiempos, costos y seguridad. Los autores resaltan que la aplicación de IA no se limita al diseño, sino que se extiende a planificación, mantenimiento predictivo y gestión de riesgos. Sin embargo, identifican como barreras la resistencia al cambio organizacional y los altos costos iniciales de implementación, factores que coinciden con los desafíos observados en países latinoamericanos.

De manera complementaria, Barraza García Ervin Enrique (2024) analiza la aplicación de Machine Learning y automatización en proyectos de ingeniería civil en México, destacando que la IA mejora la planificación y la toma de decisiones técnicas. No obstante, señala que la falta de datos estructurados y la escasa capacitación especializada limitan su implementación efectiva. Este hallazgo es coherente con lo planteado por Álvarez Ochoa (2022), reforzando la idea de que la calidad de los datos constituye un factor determinante en la efectividad de los modelos de optimización.

Por su parte, Carvajal-Rivadeneira et al. (2024) aportan evidencia cuantitativa significativa al demostrar, mediante simulaciones y análisis de casos, reducciones de hasta el 25 % en costos y 40 % en tiempos de ejecución en proyectos de infraestructura que incorporan IA aplicada al diseño, BIM y mantenimiento predictivo. Estos resultados confirman empíricamente el potencial de estas tecnologías para optimizar recursos, aunque los autores advierten problemas de interoperabilidad entre plataformas y limitaciones en la calidad de los datos disponibles.

En el campo específico de los materiales, Zambrano y Gamboa (2024) evidencian que técnicas de Machine Learning y redes neuronales mejoran la precisión en la selección de

concreto, incrementando la seguridad estructural y la eficiencia técnica. Aunque su enfoque se limita a construcciones residenciales, el estudio aporta evidencia técnica sobre la aplicación de IA en la optimización de sistemas constructivos.

En Colombia, Ramos Cuchala (2024) presenta un caso aplicado de integración de IA generativa y bases de datos relacionales en la gestión documental de proyectos civiles, demostrando mejoras en eficiencia, trazabilidad y acceso a información técnica. Este estudio resulta particularmente relevante, ya que evidencia la viabilidad de incorporar tecnologías avanzadas incluso en empresas locales, siempre que exista una estrategia clara de digitalización.

Finalmente, Montesdeoca et al. (2025), mediante Análisis Textual Discursivo (ATD), concluyen que los modelos predictivos, el Machine Learning y BIM mejoran la planificación de obras civiles al reducir tiempos y costos. Sin embargo, advierten la falta de estandarización metodológica e interoperabilidad tecnológica como limitaciones recurrentes en la región.

En síntesis, la revisión documental permite establecer que:

- Existe evidencia teórica y empírica suficiente sobre el potencial de la IA y el Big Data para optimizar recursos en la construcción.
- Los beneficios se manifiestan principalmente en reducción de costos, mejora en tiempos de ejecución, fortalecimiento de la planificación y mayor precisión técnica.
- Las principales barreras identificadas son la calidad de los datos, la resistencia organizacional, la falta de estandarización y la escasa capacitación especializada.
- En contextos rurales latinoamericanos aún existe una brecha significativa entre el potencial tecnológico documentado y su implementación real.

5.1.2. Resultados de la encuesta

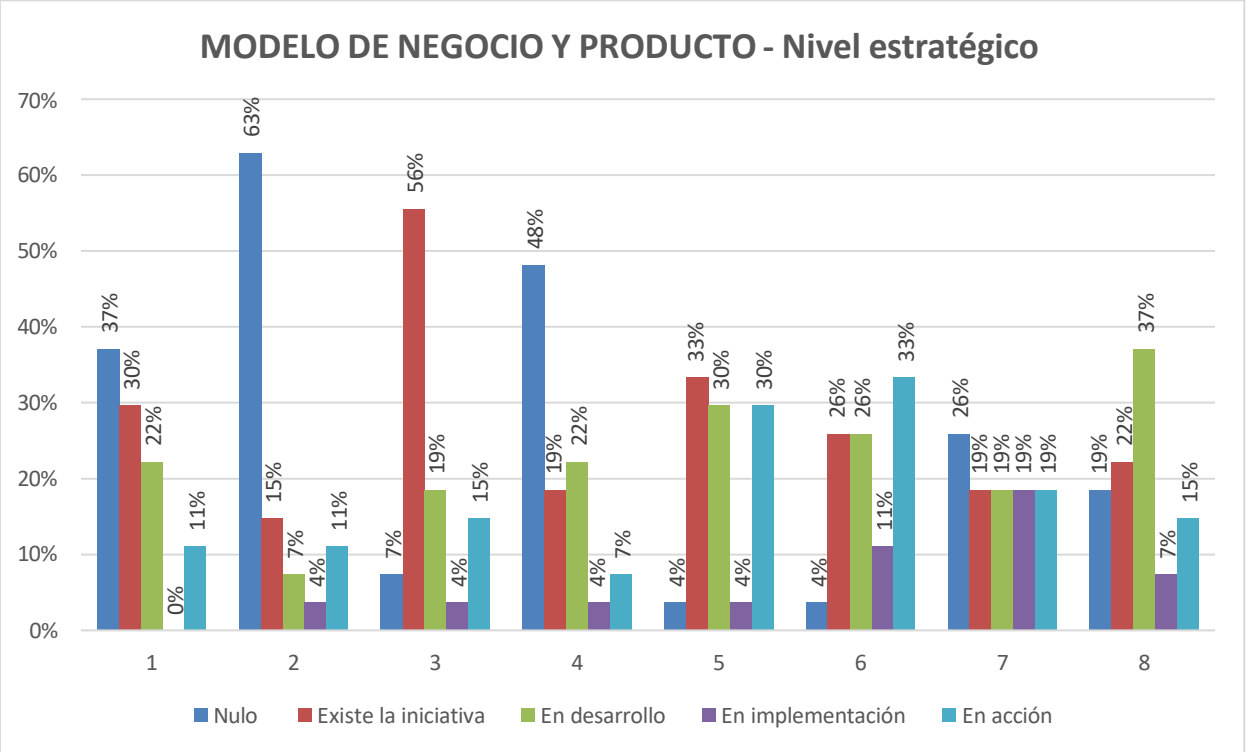
5.1.2.1. Dimensión: Modelo de negocio y producto

Tabla 16
Modelo de negocio y producto

MODELO DE NEGOCIO Y PRODUCTO - Nivel estratégico						
ITEM	**PREGUNTA**	**OPCIONES DE RESPUESTA**				
		Nulo	**Existe la iniciativa**	**En desarrollo**	**En implementación**	**En acción**
1	Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.	37%	30%	22%	0%	11%
2	Cuenta con indicadores para medir nivel del transformación digital.	63%	15%	7%	4%	11%
3	Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.	7%	56%	19%	4%	15%
4	Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).	48%	19%	22%	4%	7%
5	Reconoce importancia que tiene el uso y análisis de información.	4%	33%	30%	4%	30%
6	Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.	4%	26%	26%	11%	33%
7	Cuenta con claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica.	26%	19%	19%	19%	19%
8	Reconoce los conceptos de tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, Big-Data y Data Science).	19%	22%	37%	7%	15%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 1
MODELO DE NEGOCIO Y PRODUCTO - Nivel estratégico



Fuente: Elaboración Propia

El análisis de datos correspondiente a la dimensión Modelo de negocio y producto – Nivel estratégico se fundamenta en las respuestas obtenidas en las primeras ocho preguntas de la encuesta, las cuales evalúan el grado de madurez estratégica de las empresas constructoras del Departamento del Meta frente a la transformación digital y la incorporación de tecnologías emergentes.

En relación con la existencia de una estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección, los resultados muestran que el 37 % de las empresas se encuentra en un nivel nulo, mientras que el 30 % indica que existe la iniciativa y el 22 % se ubica en una fase de desarrollo. Solo el 11 % reporta encontrarse en un estado de acción. Esta distribución evidencia que, para la mayoría de las empresas, la transformación digital aún no ha sido formalizada como un lineamiento estratégico institucional, sino que permanece en etapas iniciales o de planeación.

Esta situación se refuerza al analizar la presencia de indicadores para medir el nivel de transformación digital, donde el 63 % de las empresas manifiesta no contar con ningún tipo de medición. La alta concentración de respuestas en el nivel nulo refleja una debilidad significativa en la gestión estratégica de la transformación digital, al limitar la capacidad de seguimiento, control y evaluación del avance tecnológico dentro de las organizaciones.

En contraste, los resultados asociados al interés en la capacitación del talento humano en transformación digital presentan una tendencia más favorable. Un 56 % de las empresas señala que existe la iniciativa y un 19 % se encuentra en desarrollo, lo que indica una disposición estratégica hacia el fortalecimiento de capacidades internas. No obstante, solo el 15 % afirma encontrarse en un nivel de acción, lo que sugiere que dicho interés aún no se traduce plenamente en programas estructurados de formación.

Respecto a la integración de tecnologías emergentes en los productos, el análisis muestra que el 48 % de las empresas se encuentra en un nivel nulo, mientras que únicamente el 7 % reporta estar en acción. Este resultado pone de manifiesto que, a nivel estratégico, la Inteligencia Artificial, el Big Data y la ciencia de datos no han sido incorporados de manera sistemática en la oferta de valor de las organizaciones analizadas.

Sin embargo, al evaluar la percepción sobre la importancia del uso y análisis de la información, los resultados reflejan un mayor grado de conciencia estratégica. Un 33 % de las empresas indica que existe la iniciativa, un 30 % se encuentra en desarrollo y otro 30 % en acción, lo que evidencia que más del 90 % reconoce el valor estratégico de la información para la toma de decisiones, aunque dicha percepción no siempre se materializa en acciones concretas.

De forma similar, el 70 % de las empresas se ubica entre los niveles existe la iniciativa, en desarrollo, en implementación y en acción respecto a la identificación del papel de la innovación tecnológica en el desarrollo organizacional, destacándose un 33 % en el nivel de acción. Este resultado confirma que la innovación tecnológica es percibida como un factor clave a nivel estratégico, aun cuando su implementación presenta rezagos.

En cuanto a la claridad en los procesos y protocolos para proyectos con alta incorporación tecnológica, las respuestas se distribuyen de manera equilibrada entre los distintos niveles, con un 26 % en nivel nulo y un 19 % en cada una de las demás categorías. Esta dispersión evidencia la ausencia de un enfoque estratégico homogéneo y la existencia de distintos niveles de madurez organizacional entre las empresas participantes.

Finalmente, el análisis del reconocimiento de los conceptos de tecnologías emergentes muestra que el 37 % de las empresas se encuentra en un nivel de desarrollo, seguido por un 22 % en iniciativa y un 15 % en acción. Aunque estos resultados indican un avance conceptual relevante, aún se evidencian brechas en la apropiación estratégica de estos conocimientos y en su traducción a prácticas organizacionales concretas.

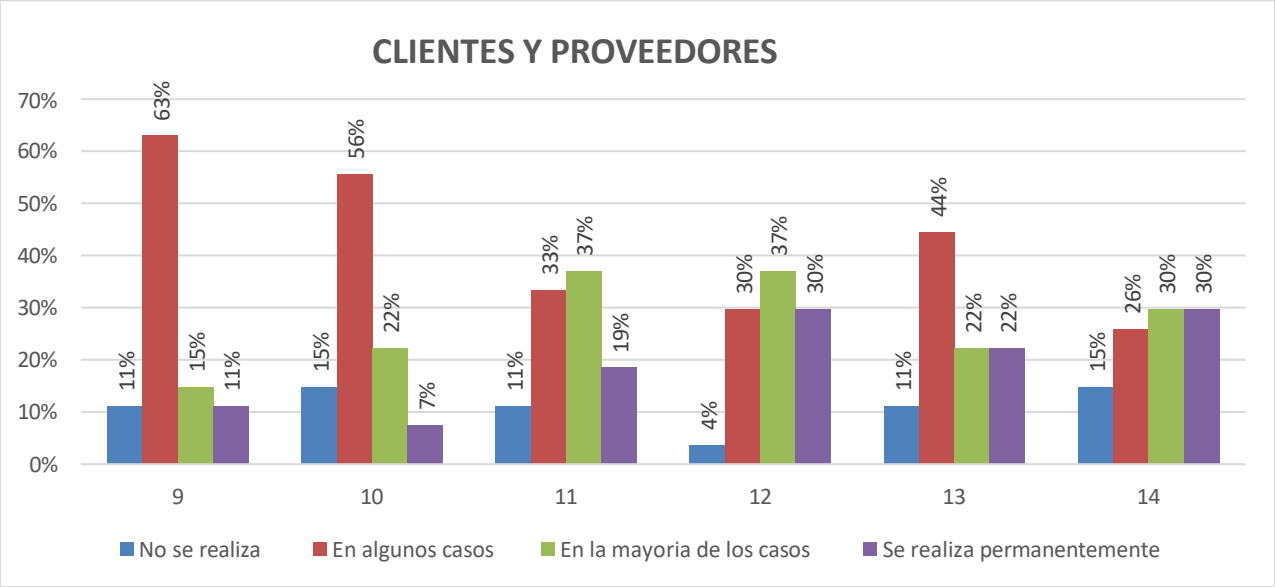
5.1.2.2. Dimensión: Clientes y Proveedores

Tabla 17
Clientes y Proveedores

CLIENTES Y PROVEEDORES					
ITEM	**PREGUNTA**	**OPCIONES DE RESPUESTA**			
		No se realiza	**En algunos casos**	**En la mayoría de los casos**	**Se realiza permanentemente**
9	Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.	11%	63%	15%	11%
10	Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.	15%	56%	22%	7%
11	Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.	11%	33%	37%	19%
12	Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.	4%	30%	37%	30%
13	Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus proveedores.	11%	44%	22%	22%
14	Cuenta con la planificación y dirección de la cadena de suministros desde los clientes hasta los proveedores.	15%	26%	30%	30%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 2
Clientes y Proveedores



Fuente: Elaboración Propia

El análisis de datos de la dimensión Clientes y proveedores se fundamenta en las respuestas obtenidas para las preguntas 9 a 14 de la encuesta, las cuales permiten evaluar el nivel de utilización de sistemas de información, la gestión de la relación con clientes y proveedores, y el grado de integración de la cadena de suministro en las empresas constructoras del Departamento del Meta.

En relación con la implementación de sistemas de información para la gestión de proveedores, los resultados muestran que el 63 % de las empresas realiza esta práctica en algunos casos, mientras que solo el 11 % la ejecuta de forma permanente. Adicionalmente, un 11 % indica que no se realiza, lo cual evidencia que la gestión de proveedores mediante herramientas tecnológicas aún no se encuentra plenamente institucionalizada y se aplica de manera parcial en la mayoría de las organizaciones.

Un comportamiento similar se observa en la implementación de sistemas de información para la gestión de clientes, donde el 56 % de las empresas señala que esta práctica se realiza en algunos casos, y el 22 % indica que se aplica en la mayoría de los casos. Sin embargo, solo el 7% manifiesta que se realiza de forma permanente, lo que refleja una utilización limitada de herramientas tecnológicas para la gestión sistemática de la información de clientes.

En cuanto al análisis de la información de los clientes para generar o mejorar productos o servicios, los resultados muestran una tendencia más favorable. El 37 % de las empresas indica que esta práctica se realiza en la mayoría de los casos y el 19 % de manera permanente, lo que sugiere una mayor orientación hacia el uso de información de clientes como insumo para la toma de decisiones, aunque aún existen oportunidades de mejora para su implementación continua.

Respecto a la integración de múltiples canales de comunicación con los clientes, los datos reflejan un mayor nivel de avance, ya que el 37 % de las empresas señala que esta práctica se realiza en la mayoría de los casos y el 30 % de forma permanente. Este resultado evidencia una mayor madurez en la gestión de la comunicación con los clientes, impulsada por el uso de herramientas digitales y canales virtuales.

Por su parte, la integración de múltiples canales de comunicación con los proveedores presenta un nivel de adopción intermedio. El 44 % de las empresas indica que esta práctica se realiza en algunos casos, mientras que el 22 % señala que se ejecuta tanto en la mayoría de los casos como de manera permanente. Esta distribución sugiere que, aunque existe un avance en la comunicación con proveedores, aún no se logra una integración tecnológica completa y sistemática.

Finalmente, en lo relacionado con la planificación y dirección de la cadena de suministros desde los clientes hasta los proveedores, los resultados muestran que el 30 % de las empresas realiza esta actividad en la mayoría de los casos y otro 30 % de manera permanente. No obstante, un 15 % indica que no se realiza y un 26 % que solo se ejecuta en algunos casos, lo cual evidencia la coexistencia de distintos niveles de madurez en la gestión integral de la cadena de suministro.

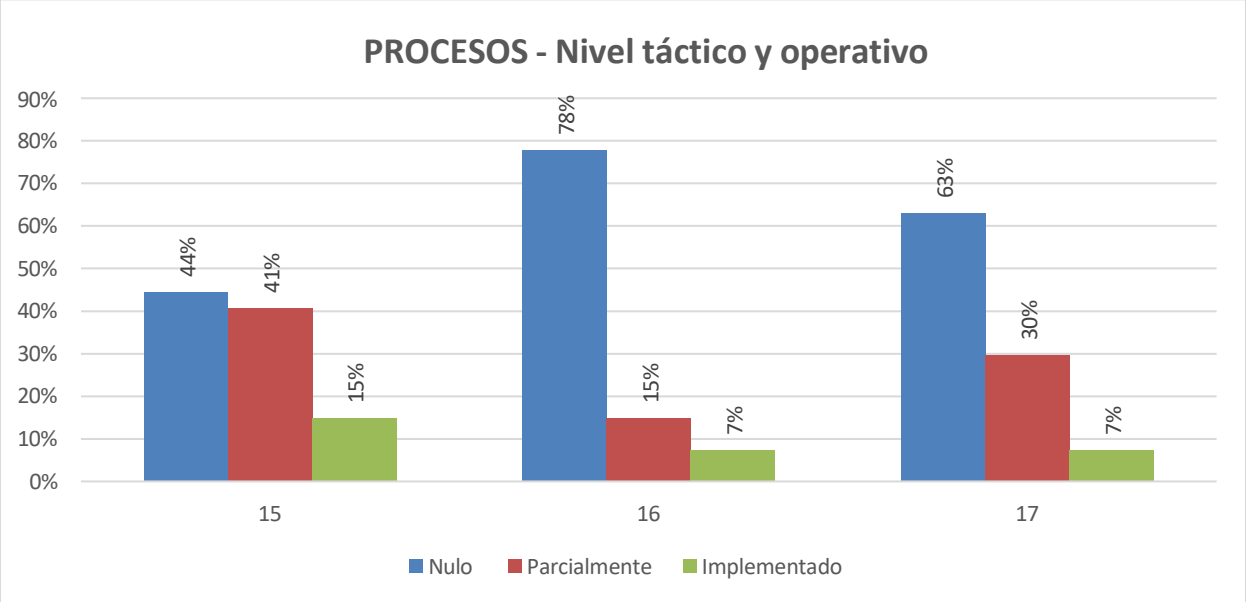
5.1.2.3. Dimensión: PROCESOS - Nivel táctico y operativo

Tabla 18
PROCESOS - Nivel táctico y operativo

PROCESOS - Nivel táctico y operativo				
ITEM	**PREGUNTA**	**OPCIONES DE RESPUESTA**		
		Nulo	**Parcialmente**	**Implementado**
15	Las máquinas y sistemas se pueden controlar a través de tecnologías.	44%	41%	15%
16	Comunicación entre maquinas / sistemas - M2M	78%	15%	7%
17	Capacidad de integrarse y colaborar con otras maquinas / sistemas - INTEROPERABILIDAD	63%	30%	7%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 3
PROCESOS - Nivel táctico y operativo



Fuente: Elaboración Propia

El análisis de datos de la dimensión Procesos – Nivel táctico y operativo se fundamenta en las respuestas obtenidas para las preguntas 15 a 17 de la encuesta, las cuales permiten evaluar el nivel de automatización, digitalización e integración tecnológica de los procesos operativos en las empresas constructoras del Departamento del Meta.

En relación con la capacidad de control de máquinas y sistemas a través de tecnologías, los resultados muestran que el 44 % de las empresas se encuentra en un nivel nulo, lo que indica que una proporción significativa de las organizaciones no cuenta con mecanismos tecnológicos para el control de sus equipos y sistemas operativos. Por su parte, el 41 % señala que esta capacidad se presenta de manera parcial, mientras que solo el 15 % indica que se encuentra implementada. Estos resultados evidencian un bajo nivel de automatización en los procesos productivos y una dependencia predominante de métodos manuales o tradicionales de control.

Al analizar la comunicación entre máquinas y sistemas (Machine to Machine – M2M), se observa un rezago aún más marcado. El 78 % de las empresas reporta un nivel nulo, lo que refleja que la mayoría de las organizaciones no cuenta con infraestructura tecnológica que permita la comunicación automática entre equipos o sistemas. Apenas el 15 % indica una implementación parcial y solo el 7 % señala que esta capacidad se encuentra implementada, lo cual confirma una limitada adopción de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 en el ámbito operativo.

De manera similar, los resultados relacionados con la capacidad de integración e interoperabilidad entre máquinas y sistemas muestran que el 63 % de las empresas se encuentra en un nivel nulo, mientras que el 30 % reporta una implementación parcial y únicamente el 7 % indica que esta capacidad está implementada. Esta distribución evidencia importantes restricciones para la integración de procesos, el intercambio de información en tiempo real y la optimización de operaciones mediante sistemas interconectados.

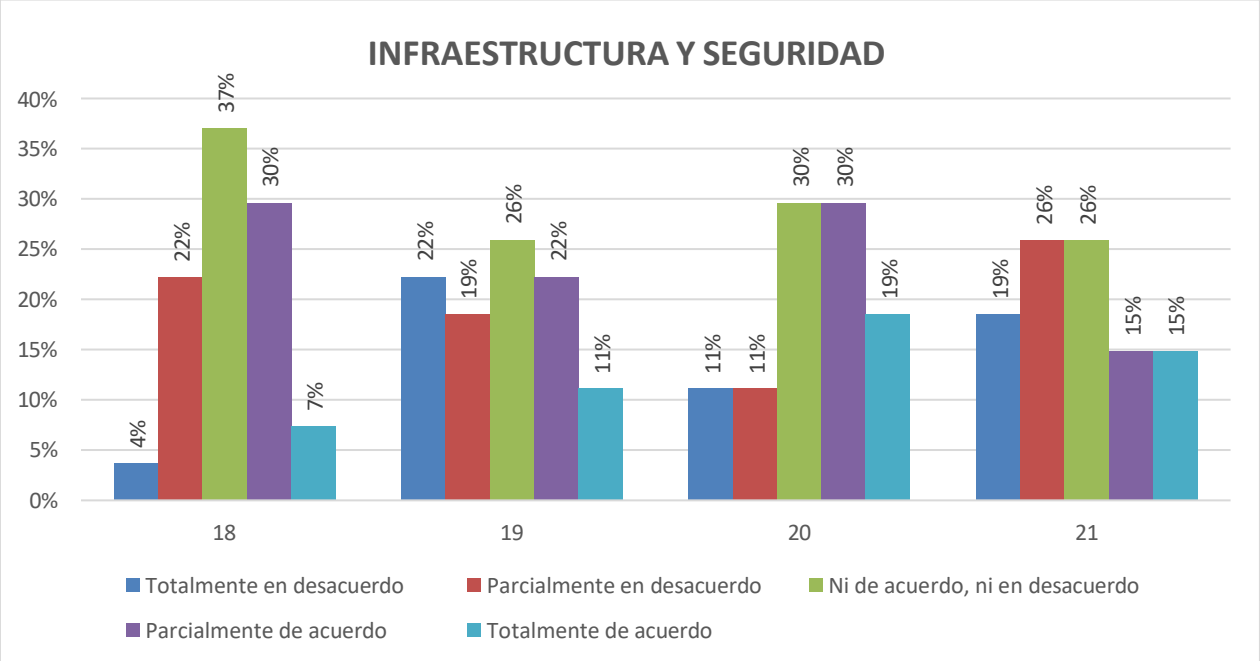
5.1.2.4. Dimensión: INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD

Tabla 19
INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD

INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD						
ITEM	**PREGUNTA**	**OPCIONES DE RESPUESTA**				
		Totalmente en desacuerdo	**Parcialmente en desacuerdo**	**Ni de acuerdo, ni en desacuerdo**	**Parcialmente de acuerdo**	**Totalmente de acuerdo**
18	La información de su organización se encuentra segura en el contexto de la transformación digital.	4%	22%	37%	30%	7%
19	Realiza evaluaciones y auditorías de seguridad de la información en su organización como parte de la estrategia de transformación digital.	22%	19%	26%	22%	11%
20	Promueve la conciencia y la capacitación en seguridad de la información entre los empleados de acuerdo a la transformación digital.	11%	11%	30%	30%	19%
21	Las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la información en su organización son efectivas	19%	26%	26%	15%	15%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4
INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD



Fuente: Elaboración Propia

El análisis de datos de la dimensión Infraestructura y seguridad se fundamenta en las respuestas obtenidas para las preguntas 18 a 21 de la encuesta, las cuales permiten evaluar la percepción de las empresas constructoras del Departamento del Meta frente a la protección de la información, la gestión de la seguridad digital y la preparación organizacional ante incidentes de seguridad en el contexto de la transformación digital.

En relación con la seguridad de la información organizacional, el 37 % de las empresas se ubica en una posición neutral (ni de acuerdo ni en desacuerdo), mientras que un 30 % manifiesta estar parcialmente de acuerdo y solo un 7 % totalmente de acuerdo. Por el contrario, un 26 % expresa algún nivel de desacuerdo. Esta distribución evidencia que, aunque existe una percepción moderadamente positiva sobre la seguridad de la información, una proporción importante de las empresas no tiene plena certeza sobre la efectividad de sus mecanismos de protección, lo que sugiere debilidades en la infraestructura tecnológica o en la gestión de la seguridad digital.

Respecto a la realización de evaluaciones y auditorías de seguridad de la información como parte de la estrategia de transformación digital, los resultados muestran una dispersión significativa. El 22 % de las empresas se encuentra totalmente en desacuerdo y el 19 % parcialmente en desacuerdo, lo que indica que una parte considerable de las organizaciones no incorpora de manera sistemática este tipo de prácticas. Aunque un 33 % manifiesta algún nivel de acuerdo (parcial o total), la elevada proporción de respuestas neutrales (26 %) y en desacuerdo refleja una limitada formalización de la seguridad de la información como componente estratégico.

En cuanto a la promoción de la conciencia y capacitación en seguridad de la información entre los empleados, los resultados presentan una tendencia más favorable. Un 30 % de las empresas se declara parcialmente de acuerdo y un 19 % totalmente de acuerdo, lo que indica que cerca de la mitad de las organizaciones reconoce la importancia de fortalecer la cultura de seguridad digital. Sin embargo, la presencia de un 30 % de respuestas neutrales y un 22 % en desacuerdo evidencia que estas iniciativas no se encuentran plenamente consolidadas en todas las empresas.

Finalmente, al analizar la efectividad de las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la información, se observa que el 26 % de las empresas mantiene una posición neutral, mientras que el 30 % manifiesta algún nivel de acuerdo y un 45 % se distribuye entre el desacuerdo total o parcial. Estos resultados sugieren que las capacidades de respuesta ante incidentes no son percibidas como sólidas o confiables en una proporción significativa de las organizaciones, lo que representa un riesgo para la continuidad operativa y la gestión de la información en entornos digitalizados.

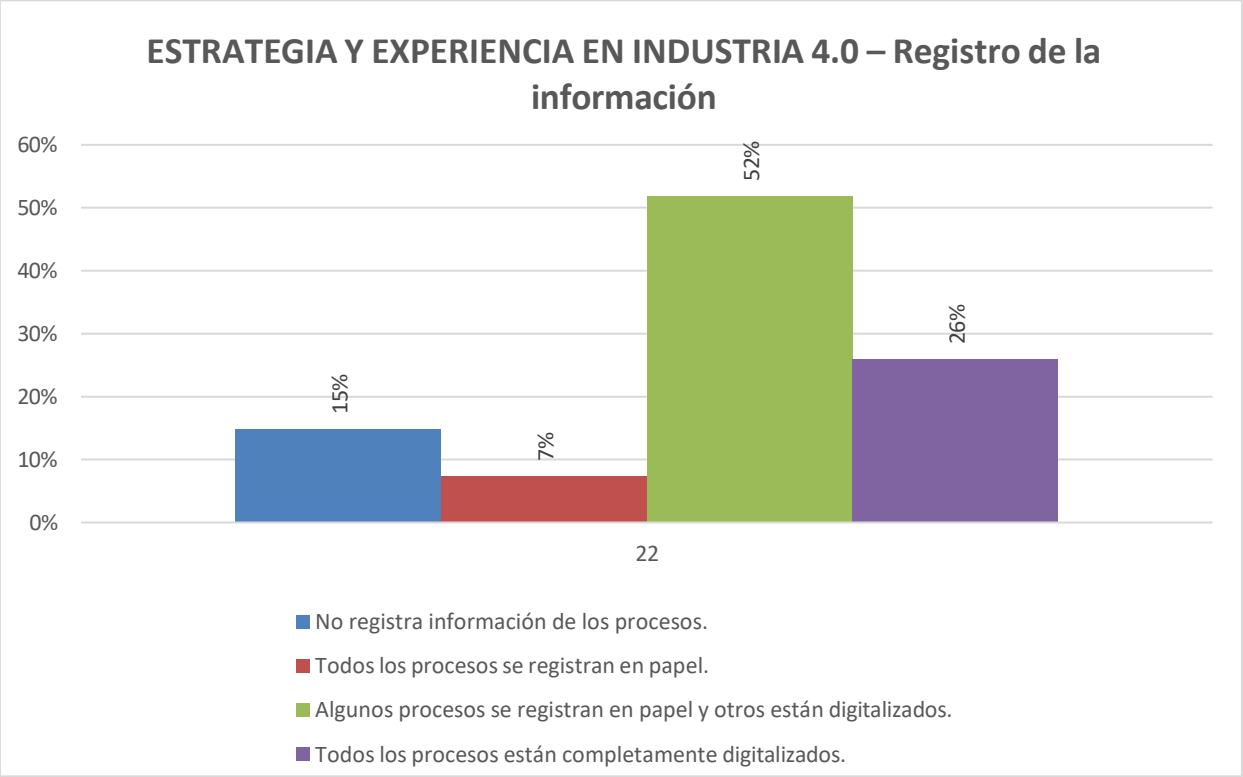
5.1.2.5. Dimensión: ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 – Registro de la Información

Tabla 20
ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 – Registro de la información

ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 – Registro de la información					
ITEM	**PREGUNTA**	**OPCIONES DE RESPUESTA**			
		No registra información de los procesos.	**Todos los procesos se registran en papel.**	**Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.**	**Todos los procesos están completamente digitalizados.**
22	¿Cómo realiza la organización el registro de la información generada por los procesos (producción, comercial, calidad, mantenimiento, administración, etc.)?	15%	7%	52%	26%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5
ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 – Registro de la información



Fuente: Elaboración Propia

El análisis de datos de la dimensión Estrategia y experiencia en Industria 4.0 – Registro de la información se fundamenta en las respuestas obtenidas para la pregunta 22 de la encuesta, la cual evalúa la forma en que las empresas constructoras del Departamento del Meta gestionan y registran la información generada por sus procesos organizacionales, incluyendo producción, comercialización, calidad, mantenimiento y administración.

Los resultados evidencian que la mayoría de las empresas se encuentra en un nivel intermedio de digitalización de la información. En particular, el 52 % de las organizaciones manifiesta que algunos procesos se registran en papel y otros se encuentran digitalizados, lo que indica una transición parcial hacia esquemas de gestión de la información más modernos, pero aún sin una adopción completa de sistemas digitales integrados.

Por su parte, el 26 % de las empresas señala que todos sus procesos están completamente digitalizados, lo que refleja un avance significativo en la implementación de prácticas alineadas con los principios de la Industria 4.0. Este grupo representa a las organizaciones con mayor madurez en la gestión de la información y mayor capacidad para aprovechar herramientas digitales en la toma de decisiones.

En contraste, el 15 % de las empresas indica que no registra la información de sus procesos, lo cual evidencia una debilidad importante en la gestión organizacional y limita la trazabilidad, el control y el análisis de la información. Adicionalmente, un 7 % reporta que todos los procesos se registran en papel, lo que refleja un bajo nivel de digitalización y una dependencia de métodos tradicionales para la gestión de la información.

5.1.2.6. Dimensión: ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 - Responsable de la transformación digital

Tabla 21
ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 - Responsable de la transformación digital

ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 - Responsable de la transformación digital					
ITEM	**PREGUNTA**	**OPCIONES DE RESPUESTA**			
		No dispone de roles especializados.	**Se dispone de un rol especializado.**	**Se dispone de varios roles especializados.**	**Se dispone de una gran especialización de roles digitales claves para la Industria 4.0.**
23	¿Dispone de alguna persona en la organización responsable de la transformación digital?	44%	41%	15%	0%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 6
ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0 - Responsable de la transformación digital



Fuente: Elaboración Propia

El análisis de datos de la dimensión Estrategia y experiencia en Industria 4.0 – Responsable de la transformación digital se fundamenta en las respuestas obtenidas para la pregunta 23 de la encuesta, la cual evalúa la existencia de roles organizacionales especializados encargados de liderar los procesos de transformación digital en las empresas constructoras del Departamento del Meta.

Los resultados evidencian que el 44 % de las empresas no dispone de roles especializados responsables de la transformación digital, lo que refleja una debilidad estructural en la gobernanza y gestión estratégica de los procesos de digitalización. La ausencia de un responsable claramente definido limita la capacidad de las organizaciones para planificar, coordinar y ejecutar iniciativas asociadas a la Industria 4.0 de manera sistemática.

Por otra parte, el 41 % de las empresas indica disponer de un rol especializado, lo cual representa un avance relevante en términos de formalización de la transformación digital dentro de la estructura organizacional. Sin embargo, la presencia de un único responsable puede resultar insuficiente para abordar de manera integral los retos tecnológicos, organizacionales y estratégicos asociados a la adopción de tecnologías emergentes.

Asimismo, el 15 % de las empresas manifiesta contar con varios roles especializados, lo que evidencia un mayor nivel de madurez organizacional y una mejor preparación para gestionar proyectos de transformación digital de forma transversal. En contraste, ninguna de las empresas participantes reporta disponer de una alta especialización de roles digitales clave, lo que pone de manifiesto que el sector aún no alcanza niveles avanzados de organización y especialización alineados con los estándares de la Industria 4.0.

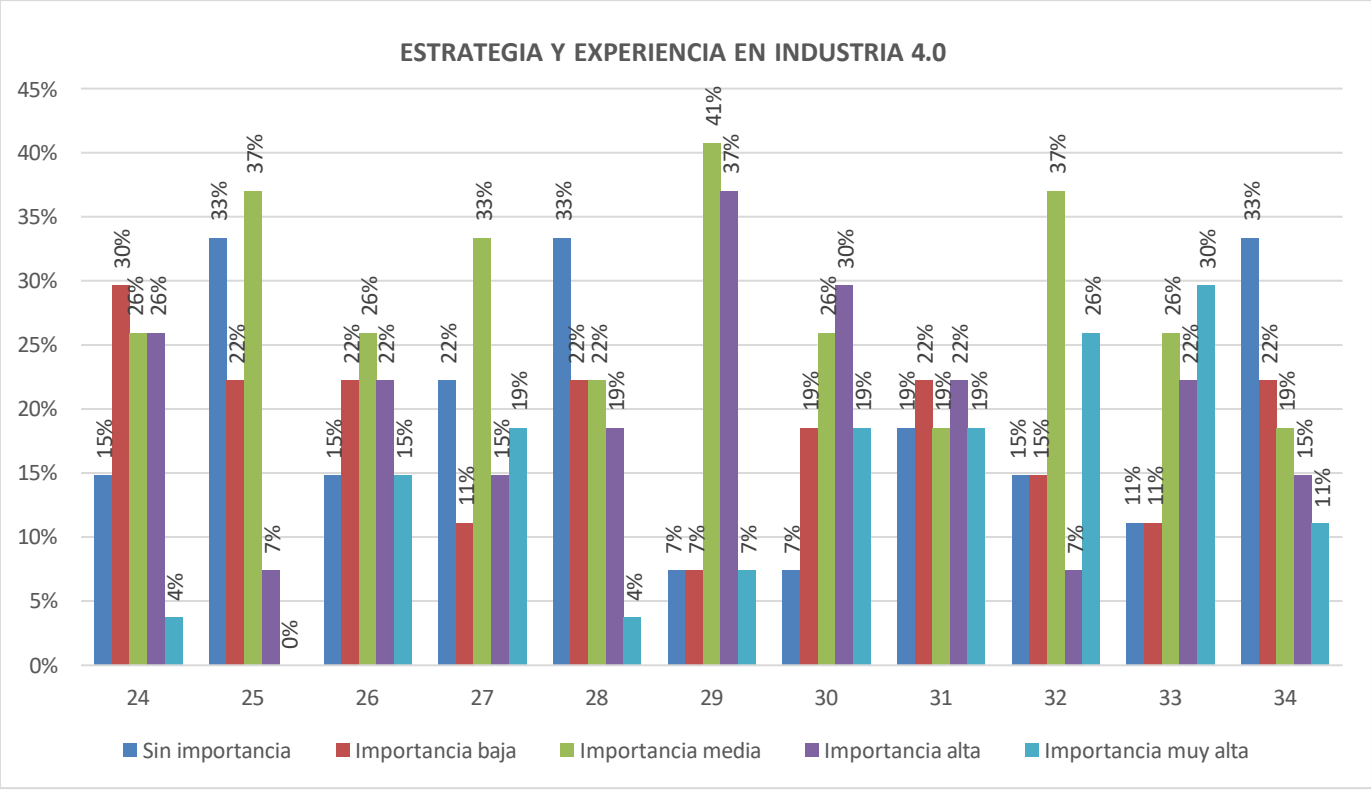
5.1.2.7. Dimensión: ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0

Tabla 22
ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0

ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0						
ITEM	**PREGUNTA**	**OPCIONES DE RESPUESTA**				
		Sin importancia	**Importancia baja**	**Importancia media**	**Importancia alta**	**Importancia muy alta**
24	Inteligencia artificial.	15%	30%	26%	26%	4%
25	Fabricación aditiva.	33%	22%	37%	7%	0%
26	Internet de las cosas.	15%	22%	26%	22%	15%
27	Big data y análisis de datos.	22%	11%	33%	15%	19%
28	Realidad virtual y aumentada.	33%	22%	22%	19%	4%
29	Plataformas y comunicaciones.	7%	7%	41%	37%	7%
30	Tecnologías en la nube (Cloud).	7%	19%	26%	30%	19%
31	Ciberseguridad.	19%	22%	19%	22%	19%
32	Marketing digital.	15%	15%	37%	7%	26%
33	Formación y personas.	11%	11%	26%	22%	30%
34	Robótica y automatización.	33%	22%	19%	15%	11%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 7
ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0



Fuente: Elaboración Propia

El análisis de datos de la dimensión Estrategia y experiencia en Industria 4.0 se fundamenta en las respuestas obtenidas para las preguntas 24 a 34 de la encuesta, las cuales permiten evaluar la percepción de las empresas constructoras del Departamento del Meta frente a la importancia de distintas tecnologías y capacidades asociadas a la Industria 4.0.

En relación con la Inteligencia Artificial, los resultados muestran que el 56 % de las empresas se ubica entre importancia media e importancia alta, mientras que un 45 % la considera de baja o nula importancia. Este comportamiento evidencia que, aunque existe un reconocimiento creciente sobre su relevancia, aún persisten reservas o desconocimiento frente a su aplicación en el sector.

La fabricación aditiva presenta uno de los niveles más bajos de valoración estratégica, ya que el 55 % de las empresas la considera de importancia baja o sin importancia, y solo el 7 % la califica como de importancia alta. Este resultado sugiere una limitada percepción de aplicabilidad de esta tecnología en los procesos constructivos actuales.

Respecto al Internet de las Cosas (IoT), los datos reflejan una percepción más equilibrada. El 63 % de las empresas la valora entre importancia media y muy alta, lo que indica un reconocimiento de su potencial para mejorar la conectividad, el monitoreo y el control de procesos, aunque aún no se posiciona de manera dominante.

En cuanto al Big Data y análisis de datos, el 67 % de las empresas lo considera entre importancia media y muy alta, destacándose un 19 % que lo califica como de importancia muy alta. Este resultado evidencia una conciencia estratégica relevante sobre el valor del análisis de datos para la toma de decisiones, a pesar de que su implementación práctica aún presenta limitaciones.

La realidad virtual y aumentada muestra una valoración moderada, con un 45 % de las empresas que la considera de importancia media a alta, mientras que un 55 % la ubica en niveles bajos de importancia. Esto sugiere que estas tecnologías aún no son percibidas como prioritarias dentro del sector analizado.

En contraste, las plataformas y comunicaciones se posicionan como una de las tecnologías mejor valoradas estratégicamente. El 85 % de las empresas las considera de importancia media, alta o muy alta, destacándose un 37 % en importancia alta. Este resultado refleja la relevancia que las organizaciones otorgan a la conectividad y a las herramientas de comunicación digital para su operación.

Las tecnologías en la nube (Cloud) también presentan una valoración favorable, ya que el 75% de las empresas las califica entre importancia media y muy alta. Este comportamiento evidencia una mayor aceptación de soluciones digitales para el almacenamiento, acceso y gestión de la información.

En cuanto a la ciberseguridad, los resultados muestran una distribución relativamente equilibrada entre los distintos niveles de importancia. El 60 % de las empresas la considera entre importancia media y muy alta, lo que indica una creciente preocupación por la protección de la información, aunque aún no se consolida como una prioridad absoluta en todas las organizaciones.

Respecto al marketing digital, el 70 % de las empresas lo valora entre importancia media y muy alta, destacándose un 26 % que lo considera de importancia muy alta. Este resultado evidencia que las estrategias digitales orientadas al mercado y a la relación con los clientes tienen una relevancia significativa dentro del sector.

Finalmente, la formación y las personas se posiciona como uno de los aspectos más valorados estratégicamente, con un 78 % de las empresas que la considera entre importancia media y muy alta, y un 30 % en el nivel más alto. Este hallazgo resalta la importancia atribuida al talento humano como factor clave para la adopción de tecnologías de la Industria 4.0.

Por último, la robótica y automatización presenta una percepción estratégica limitada, ya que el 55 % de las empresas la considera de importancia baja o sin importancia. Este resultado sugiere que estas tecnologías aún no son vistas como prioritarias en el corto plazo para la mayoría de las organizaciones del sector.

5.1.2.8. Análisis general de resultados

El análisis de los resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada a las empresas constructoras del Departamento del Meta permite interpretar de manera integral el nivel de adopción de tecnologías emergentes, identificar falencias y necesidades en los sistemas actuales de gestión y toma de decisiones, y establecer insumos técnicos para la formulación de estrategias orientadas a la optimización de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural. Este análisis se desarrolla en coherencia con los objetivos específicos planteados en la investigación.

5.1.2.8.1. Análisis en relación con el Objetivo específico 1 - Identificar las principales falencias y necesidades presentes en los sistemas actuales de gestión y toma de decisiones utilizados por las empresas constructoras del Departamento del Meta en relación con la optimización de recursos en proyectos de vivienda rural.

Los resultados evidencian que las principales falencias se concentran en el nivel estratégico y operativo de las organizaciones. En la dimensión Modelo de negocio y producto, se observa una baja formalización de la transformación digital como política institucional, reflejada en la

ausencia de estrategias definidas desde la alta dirección y, especialmente, en la carencia de indicadores para medir el nivel de transformación digital. Esta situación limita la capacidad de las empresas para tomar decisiones basadas en datos y para evaluar el impacto de las iniciativas tecnológicas sobre la eficiencia en el uso de recursos.

En el nivel táctico y operativo, los resultados muestran un rezago significativo en automatización, interoperabilidad y comunicación entre sistemas, lo cual se traduce en procesos fragmentados, baja trazabilidad de la información y una alta dependencia de métodos manuales. Estas condiciones afectan directamente la optimización de recursos materiales, personal y temporales, especialmente en proyectos de vivienda rural donde las restricciones logísticas y territoriales son más exigentes.

Asimismo, las dimensiones Infraestructura y seguridad y Estrategia y experiencia en Industria 4.0 evidencian debilidades en la gestión de la información, en la formalización de prácticas de seguridad digital y en la asignación de roles especializados para liderar la transformación digital. La ausencia de responsables claros y de estructuras organizacionales dedicadas a estos procesos constituye una necesidad crítica para avanzar hacia esquemas de gestión más eficientes y sostenibles.

En conjunto, los resultados permiten identificar como necesidades prioritarias: i) fortalecer la gobernanza de la transformación digital, ii) mejorar la gestión y análisis de la información, iii) avanzar en la digitalización y automatización de procesos operativos, y iv) desarrollar capacidades organizacionales y humanas para la adopción efectiva de tecnologías emergentes.

5.1.2.8.2. Análisis en relación con el Objetivo específico 2 - Analizar experiencias, metodologías, estrategias y técnicas implementadas en otros territorios, regiones o países para la incorporación de tecnologías como la Inteligencia Artificial y el Big Data en el sector de la construcción, orientadas a la optimización de recursos.

La interpretación de los resultados, contrastada con los antecedentes analizados en el marco teórico y el estado del arte, evidencia una brecha significativa entre las prácticas observadas en las empresas del Departamento del Meta y las experiencias documentadas en otros contextos nacionales e internacionales.

Mientras que en diversos estudios se reporta la implementación de metodologías basadas en análisis predictivo, sistemas de apoyo a la toma de decisiones, automatización de procesos y uso intensivo de datos para la optimización de recursos, en el contexto analizado dichas prácticas se encuentran en etapas iniciales o no han sido adoptadas de manera sistemática. Tecnologías como la Inteligencia Artificial, el Big Data, el Internet de las Cosas y la automatización presentan una valoración estratégica moderada, pero su aplicación práctica aún es limitada.

Esta comparación permite identificar que, a diferencia de otros territorios donde la transformación digital se aborda de manera integral y estratégica, en las empresas constructoras del Meta predomina una adopción fragmentada, centrada principalmente en herramientas de comunicación, plataformas digitales y soluciones en la nube, dejando rezagadas tecnologías con alto potencial para la optimización de recursos en los sistemas constructivos.

El análisis de estas diferencias pone de manifiesto la necesidad de adaptar las metodologías y estrategias exitosas documentadas en otros contextos a las condiciones técnicas, organizacionales y territoriales del Departamento del Meta, evitando enfoques genéricos y promoviendo soluciones progresivas y contextualizadas.

5.1.2.8.3. Análisis en relación con el Objetivo específico 3 - Elaborar una propuesta de estrategias para la implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en las empresas constructoras del Departamento del Meta, que contribuya a mejorar la eficiencia en el uso de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural.

Los resultados obtenidos constituyen la base empírica para la formulación de una propuesta de estrategias orientadas a la implementación gradual y efectiva de tecnologías emergentes en el sector de la construcción del Departamento del Meta. La evidencia muestra que existe una conciencia estratégica creciente sobre la importancia de la información, la innovación tecnológica y la capacitación del talento humano, lo cual representa una oportunidad para estructurar procesos de adopción tecnológica más sólidos.

Sin embargo, la falta de madurez en aspectos como automatización, análisis avanzado de datos, interoperabilidad de sistemas y liderazgo digital exige que las estrategias propuestas prioricen inicialmente el fortalecimiento de capacidades organizacionales, la definición de roles responsables de la transformación digital y la estandarización de procesos de gestión de la información.

En este sentido, los resultados orientan la propuesta hacia estrategias enfocadas en: i) el Fortalecimiento del liderazgo y la gobernanza de la transformación digital, ii) la Digitalización y estandarización de la información para habilitar el uso de Big Data, iii) el Desarrollo de capacidades internas y formación del talento humano iv) la Implementación progresiva de herramientas de análisis de datos e Inteligencia Artificial, y v) el Enfoque territorial y sostenibilidad en proyectos de vivienda rural.

De esta manera, el análisis de resultados no solo permite comprender el estado actual de las empresas constructoras del Departamento del Meta, sino que constituye un insumo clave para la

formulación de estrategias viables y contextualizadas que contribuyan a mejorar la eficiencia, sostenibilidad y competitividad del sector mediante la implementación responsable de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data.

5.2. Propuesta al sector:

A partir del análisis de la revisión documental y de los resultados obtenidos mediante la encuesta aplicada a las empresas constructoras del Departamento del Meta, se evidencia que existe una brecha significativa entre el reconocimiento del potencial de las tecnologías emergentes y su implementación efectiva en los procesos constructivos. En este contexto, se propone un conjunto de estrategias orientadas a facilitar la incorporación progresiva de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) y Big Data en las empresas del sector de la construcción, con el propósito de optimizar el uso de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural.

Las estrategias planteadas se fundamentan en principios de transformación digital, gestión basada en datos y adopción gradual de tecnologías, considerando las capacidades actuales del sector y las condiciones técnicas y organizacionales de las empresas constructoras del Departamento del Meta.

5.2.1. Estrategia 1. Consolidación de bases de datos estructuradas como fundamento del Big Data

La implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data requiere como condición inicial la disponibilidad de información estructurada y organizada. En el sector de la construcción, gran parte de la información generada durante la ejecución de los proyectos se

encuentra dispersa en documentos físicos, hojas de cálculo o archivos digitales no estandarizados, lo cual dificulta su análisis y aprovechamiento estratégico.

Por esta razón, la primera estrategia consiste en desarrollar sistemas de almacenamiento y gestión de datos que permitan consolidar la información técnica, administrativa y operativa generada en los proyectos de vivienda rural.

Herramientas tecnológicas recomendadas

Para la estructuración de las bases de datos se recomienda utilizar herramientas tecnológicas como:

- Microsoft SQL Server o PostgreSQL, para la creación de bases de datos relacionales.
- Google Cloud Platform o Microsoft Azure, para almacenamiento en la nube y gestión de grandes volúmenes de información.
- Power BI o Tableau, para análisis y visualización de datos.
- Python con librerías como Pandas y NumPy, para procesamiento y análisis de información.

Estas herramientas permiten organizar la información de manera estructurada, facilitando su uso posterior en modelos de análisis y predicción.

Tipos de datos necesarios

Para la optimización de recursos en proyectos de vivienda rural es necesario recopilar información relacionada con:

- costos unitarios de materiales

- consumo de materiales por tipo de vivienda
- rendimientos de mano de obra
- tiempos de ejecución de actividades
- condiciones climáticas del territorio
- características del suelo
- ubicación geográfica de los proyectos
- incidencias o retrasos en obra

La recopilación sistemática de estos datos permite generar bases de conocimiento que posteriormente pueden ser utilizadas para el desarrollo de modelos predictivos.

Actividades necesarias para su implementación

La implementación de esta estrategia requiere las siguientes actividades:

- identificación de fuentes de información dentro de la empresa
- digitalización de registros históricos de proyectos
- estandarización de formatos de registro de información
- creación de repositorios centralizados de datos
- capacitación del personal en gestión de datos

Recursos necesarios

- infraestructura tecnológica básica
- plataformas de almacenamiento en la nube
- capacitación en análisis de datos

- personal responsable de la gestión de información

5.2.2. Implementación progresiva de modelos predictivos en planeación

Una vez consolidada la base de datos, es posible implementar modelos de análisis predictivo que permitan mejorar la toma de decisiones durante la planificación de proyectos de vivienda rural.

Los modelos predictivos utilizan algoritmos de aprendizaje automático para identificar patrones en los datos históricos y generar estimaciones sobre variables clave del proyecto, como costos, tiempos de ejecución o consumo de materiales.

Algoritmos recomendados

Entre los algoritmos que pueden aplicarse en el sector de la construcción se encuentran:

- Regresión lineal múltiple, para estimar costos de construcción.
- Árboles de decisión, para seleccionar sistemas constructivos adecuados.
- Random Forest, para predicción del consumo de materiales.
- Redes neuronales artificiales, para analizar relaciones complejas entre variables.
- Algoritmos de clustering, para identificar patrones en proyectos anteriores.

Herramientas tecnológicas

Para el desarrollo de estos modelos pueden utilizarse herramientas como:

- Python
- R

- TensorFlow
- Scikit-learn
- plataformas de análisis de datos en la nube

Actividades necesarias

- recopilación y depuración de datos históricos
- selección de variables relevantes
- entrenamiento de modelos predictivos
- validación de resultados
- integración de los modelos en procesos de planificación

Aplicaciones prácticas

Los modelos predictivos pueden utilizarse para:

- estimar costos de construcción
- predecir tiempos de ejecución
- optimizar el uso de materiales
- identificar riesgos potenciales en proyectos

5.2.3. Optimización técnica de materiales y sistemas constructivos

La selección adecuada de materiales y sistemas constructivos constituye un factor determinante para la eficiencia técnica y económica de los proyectos de vivienda rural. La incorporación de tecnologías de análisis de datos permite evaluar distintas alternativas constructivas considerando variables técnicas, económicas y ambientales.

Herramientas tecnológicas

Para el análisis y optimización de materiales pueden utilizarse herramientas como:

- software de análisis estadístico
- plataformas de simulación de materiales
- modelos de aprendizaje automático

Datos requeridos

Los modelos de optimización requieren información como:

- resistencia y propiedades técnicas de materiales
- costos de materiales
- disponibilidad local de insumos
- condiciones climáticas
- comportamiento estructural

Actividades necesarias

- análisis comparativo de sistemas constructivos
- evaluación del desempeño de materiales
- simulación de escenarios constructivos
- selección de alternativas más eficientes

Beneficios esperados

La implementación de esta estrategia permite:

- reducir desperdicio de materiales
- mejorar la eficiencia estructural
- disminuir costos de construcción
- aumentar la sostenibilidad de los proyectos

5.2.4. Automatización y simulación en la gestión de proyectos

La automatización de procesos y la simulación digital permiten mejorar la planificación y control de los proyectos de construcción mediante el uso de modelos virtuales y herramientas de gestión.

Una de las tecnologías más relevantes en este ámbito es BIM (Building Information Modeling), que permite integrar la información técnica del proyecto en un modelo digital tridimensional.

Herramientas BIM recomendadas

- Autodesk Revit
- Navisworks
- Civil 3D
- Archicad
- BIM 360

Tipos de modelos BIM

Los modelos BIM pueden desarrollarse en diferentes dimensiones:

- **3D**: modelado arquitectónico y estructural
- **4D**: integración del cronograma de obra
- **5D**: estimación y control de costos

Datos requeridos

- levantamientos topográficos
- estudios de suelos
- especificaciones técnicas
- cronogramas de obra
- costos unitarios

Actividades necesarias

- modelado digital de proyectos
- coordinación interdisciplinaria
- simulación de procesos constructivos
- análisis de interferencias

Recursos necesarios

- software especializado
- equipos de cómputo de alto rendimiento
- capacitación técnica en BIM

5.2.5. Gestión documental inteligente

La gestión documental constituye un componente fundamental en los proyectos de construcción, debido a la gran cantidad de información técnica generada durante el ciclo de vida de las obras.

La incorporación de tecnologías de Inteligencia Artificial permite automatizar la organización, clasificación y búsqueda de documentos técnicos.

Herramientas tecnológicas

- Google Drive
- SharePoint
- bases de datos documentales
- sistemas de búsqueda con procesamiento de lenguaje natural

Actividades necesarias

- digitalización de documentos técnicos
- clasificación automática de archivos
- creación de repositorios documentales
- implementación de sistemas de búsqueda inteligente

Beneficios esperados

- acceso rápido a información técnica
- reducción de tiempos de búsqueda
- mayor trazabilidad documental

- mejora en la gestión del conocimiento organizacional

5.2.6. Modelo de implementación por fases

Con el fin de facilitar la adopción de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en el sector de la construcción del Departamento del Meta, se propone un modelo de implementación gradual estructurado en cuatro fases.

Fase 1: Digitalización de la información

Objetivo: organizar y estructurar la información generada en los proyectos.

Actividades:

- digitalización de registros históricos
- creación de bases de datos
- estandarización de formatos de información

Herramientas:

- Excel
- bases de datos SQL
- almacenamiento en la nube

Fase 2: Implementación de herramientas BIM

Objetivo: mejorar la planificación y coordinación de los proyectos.

Actividades:

- desarrollo de modelos BIM
- capacitación del personal técnico
- integración de modelos arquitectónicos y estructurales

Herramientas:

- Revit
- Navisworks
- BIM 360

Fase 3: Análisis de datos y generación de indicadores

Objetivo: analizar la información generada por los proyectos.

Actividades:

- análisis estadístico de datos
- generación de indicadores de desempeño
- visualización de información

Herramientas:

- Power BI
- Python
- Tableau

Fase 4. Implementación de Inteligencia Artificial

Objetivo: optimizar la toma de decisiones mediante modelos predictivos.

Actividades:

- desarrollo de algoritmos de aprendizaje automático
- simulación de escenarios constructivos
- optimización del uso de recursos

Herramientas:

- Python
- TensorFlow
- Scikit-learn

5.3. Discusión:

La presente discusión tiene como propósito contrastar los hallazgos derivados de la revisión documental con los resultados obtenidos mediante la encuesta aplicada a las empresas constructoras del Departamento del Meta, con el fin de identificar convergencias, divergencias y oportunidades de análisis crítico en torno a la implementación de Inteligencia Artificial (IA) y Big Data en la optimización de recursos en sistemas constructivos de vivienda rural.

Uno de los principales consensos identificados en la literatura es que la IA impacta positivamente la eficiencia en costos, tiempos y calidad en los proyectos constructivos (Mendoza, Quispe & Muñoz, 2022; Carvajal-Rivadeneira et al., 2024). En particular, Carvajal-Rivadeneira et al. (2024) reportan reducciones de hasta el 25 % en costos y 40 % en tiempos de ejecución cuando se integran modelos predictivos en procesos de diseño y planificación. Sin embargo, los resultados de la encuesta evidencian que el 48 % de las empresas del Meta no

integra tecnologías emergentes en sus productos y solo el 7 % reporta encontrarse en nivel de acción respecto a su implementación.

Esta diferencia evidencia una brecha significativa entre el potencial documentado en la literatura y el nivel real de adopción tecnológica en el contexto regional. Si bien la evidencia científica respalda los beneficios cuantificables de la IA, el sector de la construcción en el Departamento del Meta aún se encuentra en etapas iniciales de transformación digital.

En relación con la planeación de proyectos, Erazo Toscano y Velásquez Cuestas (2021) identifican que las deficiencias en la fase de planificación generan sobrecostos y retrasos significativos en proyectos de vivienda. Este hallazgo coincide parcialmente con los resultados obtenidos en la encuesta, donde el 63 % de las empresas manifestó no contar con indicadores para medir su nivel de transformación digital y el 37 % indicó no tener estrategia formal definida desde la alta dirección. La ausencia de planificación estratégica tecnológica podría explicar la persistencia de ineficiencias en la gestión de recursos.

Esta situación encuentra correspondencia con evidencia reciente obtenida en el sector constructor colombiano. Zabala-Vargas y Jaimes-Quintanilla (2026), a partir de la evaluación de madurez tecnológica realizada en 55 organizaciones vinculadas con la construcción y la ingeniería civil, identificaron un nivel promedio de 2,8 sobre 5, evidenciando un desarrollo bajo a moderado y debilidades particularmente relacionadas con los componentes estratégicos y de gobernanza. Estos hallazgos son consistentes con los resultados obtenidos en las empresas del Departamento del Meta y permiten advertir que la adopción efectiva de Inteligencia Artificial y analítica de datos requiere no solo disponibilidad tecnológica, sino también capacidades organizacionales, planificación y una estructura de gestión que facilite su incorporación progresiva.

Desde la perspectiva de estructuración de datos, Álvarez Ochoa (2022) y Barraza García (2024) señalan que la efectividad de los modelos de IA depende de la calidad y organización de la información institucional. Este argumento encuentra respaldo en los resultados empíricos, ya que más del 70 % de las empresas encuestadas presenta niveles nulos o parciales en automatización e interoperabilidad tecnológica. La limitada digitalización de procesos dificulta la implementación de modelos predictivos y sistemas de análisis de datos avanzados.

No obstante, los resultados también muestran un elemento positivo que coincide con la literatura: la percepción favorable hacia la innovación tecnológica. El 70 % de las empresas reconoce que la innovación tecnológica juega un papel importante en su desarrollo organizacional, y más del 56 % manifiesta interés en la capacitación del talento humano en transformación digital. Este hallazgo es consistente con lo planteado por Mendoza, Quispe y Muñoz (2022), quienes identifican que la disposición organizacional es un factor clave para la adopción tecnológica, aunque advierten que la resistencia al cambio puede convertirse en una barrera.

En cuanto al uso de herramientas digitales en vivienda rural, Díaz Hernández (2022) demuestra que la metodología BIM puede reducir inconsistencias y sobrecostos incluso en proyectos de pequeña escala. Sin embargo, los datos de la encuesta sugieren que la integración sistemática de herramientas tecnológicas aún es limitada en el Meta. Esto podría indicar que, aunque la tecnología es viable técnicamente, su implementación depende de factores organizacionales, financieros y culturales.

De manera complementaria, Zambrano y Gamboa (2024) evidencian que el uso de Machine Learning mejora la precisión en la selección de materiales estructurales. En contraste, los resultados locales no muestran aún aplicación concreta de modelos de optimización técnica en la selección de sistemas constructivos, lo que refuerza la necesidad de fortalecer la articulación entre análisis de datos y decisiones técnicas en vivienda rural.

En términos generales, la discusión permite identificar tres conclusiones principales:

- Existe coherencia entre la literatura y la percepción estratégica de las empresas respecto a la importancia de la IA y el análisis de datos.
- Se evidencia una brecha considerable entre el potencial tecnológico documentado y la implementación real en el Departamento del Meta.
- La principal barrera no parece ser la falta de reconocimiento del valor tecnológico, sino la ausencia de estructuración de datos, indicadores y estrategias institucionales claras.

Desde una perspectiva crítica, estos resultados sugieren que el sector de la construcción en el Meta no se encuentra rezagado por desconocimiento conceptual, sino por limitaciones estructurales en gobernanza digital y gestión de información. En este sentido, la implementación progresiva de herramientas de IA y Big Data, fundamentada en la estructuración de datos y la capacitación del talento humano, podría constituir un punto de inflexión para mejorar la eficiencia en la optimización de recursos en sistemas constructivos de vivienda rural.

La discusión, por tanto, confirma la pertinencia del estudio y refuerza la necesidad de transitar de una etapa de reconocimiento estratégico hacia una fase de implementación tecnológica estructurada y sostenible.

6. CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como propósito proponer estrategias para la implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en las empresas del sector de la construcción del Departamento del Meta, orientadas a la optimización de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural. A partir del enfoque mixto adoptado, que integró la revisión documental y el análisis cuantitativo de la encuesta aplicada, fue posible identificar tanto el estado actual del sector como las oportunidades de mejora tecnológica.

En relación con el primer objetivo específico, orientado a identificar las principales falencias y necesidades presentes en los sistemas actuales de gestión y toma de decisiones, se concluye que el sector presenta un nivel principiante de madurez digital. Los resultados de la encuesta evidencian que el 37 % de las empresas no cuenta con una estrategia formal de transformación digital formulada desde la alta dirección y que el 63 % no dispone de indicadores para medir su nivel de digitalización. Asimismo, el 48 % de las organizaciones encuestadas manifestó no integrar tecnologías emergentes como Inteligencia Artificial o Big Data en sus productos o procesos. Estos datos permiten afirmar que, aunque existe reconocimiento conceptual sobre la importancia de la innovación, persisten debilidades estructurales en planeación tecnológica, gestión de información e integración de herramientas digitales, lo cual limita la optimización efectiva de recursos en proyectos de vivienda rural.

En cuanto al segundo objetivo específico, relacionado con el análisis de experiencias y metodologías implementadas en otros contextos, la revisión documental permitió establecer que la Inteligencia Artificial y el Big Data han demostrado impactos positivos en eficiencia, reducción de costos y mejora en la planificación de proyectos constructivos. Estudios como los

de Mendoza, Quispe y Muñoz (2022) evidencian mejoras en productividad y seguridad, mientras que Carvajal-Rivadeneira et al. (2024) reportan reducciones de hasta el 25 % en costos y 40 % en tiempos de ejecución mediante la integración de modelos predictivos. No obstante, también se identificaron limitaciones asociadas a la calidad de los datos, interoperabilidad tecnológica y resistencia organizacional, aspectos señalados por Álvarez Ochoa (2022) y Montesdeoca et al. (2025). Estas experiencias demuestran que la tecnología es viable y efectiva, pero su implementación depende de condiciones institucionales, metodológicas y culturales que deben ser fortalecidas progresivamente.

Respecto al tercer objetivo específico, orientado a elaborar una propuesta de estrategias para la implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en las empresas constructoras del Departamento del Meta, la investigación permitió estructurar una propuesta orientada a fortalecer la eficiencia en el uso de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural. Esta propuesta se compone de cinco estrategias principales: la consolidación de bases de datos estructuradas como soporte para el análisis de información, la incorporación de modelos predictivos en los procesos de planeación de proyectos, la optimización técnica en la selección de materiales y sistemas constructivos, la automatización y simulación de procesos mediante herramientas de modelado BIM y el fortalecimiento de la gestión documental inteligente. De igual manera, se identificaron herramientas tecnológicas, tipos de información necesarios y acciones operativas que facilitan su implementación en las organizaciones del sector. Finalmente, se plantea un modelo de adopción progresiva por fases que permite a las empresas avanzar gradualmente en su proceso de transformación digital, iniciando con la digitalización y organización de la información y evolucionando hacia el uso de análisis de datos y modelos de Inteligencia Artificial para apoyar la toma de decisiones en la gestión de proyectos de vivienda

rural. De esta forma, la propuesta constituye una guía estratégica inicial para promover la incorporación de tecnologías emergentes en el sector de la construcción del Departamento del Meta.

De manera complementaria, los resultados cuantitativos permiten concluir que existe una brecha significativa entre la percepción estratégica y la implementación real de tecnologías emergentes. Aunque más del 70 % de las empresas reconoce la importancia de la innovación tecnológica y manifiesta interés en la capacitación del talento humano, los niveles de automatización e integración tecnológica siguen siendo bajos o parciales. Esta situación evidencia que el principal desafío no radica en la falta de conciencia sobre el valor de la transformación digital, sino en la ausencia de estructuras organizacionales, indicadores de seguimiento y procesos estandarizados que permitan materializar dicha transformación.

En términos generales, la investigación confirma que la aplicación de Inteligencia Artificial y Big Data tiene un alto potencial para contribuir a la optimización de recursos en los sistemas constructivos de vivienda rural en el Departamento del Meta. Sin embargo, su implementación requiere liderazgo institucional, fortalecimiento en la gestión de datos, capacitación técnica y una adopción progresiva basada en metodologías claras. La integración estratégica de estas tecnologías no solo puede reducir sobrecostos y mejorar tiempos de ejecución, sino también favorecer soluciones habitacionales más sostenibles, adaptadas a las condiciones territoriales y climáticas del entorno rural. En consecuencia, la investigación no solo diagnostica una realidad sectorial, sino que plantea una ruta técnica fundamentada para avanzar hacia una construcción más eficiente, digital y orientada a la toma de decisiones basada en datos.

Referencias

Álvarez Ochoa, J. Ó. (2022). La Inteligencia Artificial en la gestión de proyectos de inversión pública del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Ingeniería Industrial, abril, 99-121.

Banco Mundial. (2022). Vivienda y desarrollo urbano en Colombia. World Bank Blogs. https://blogs.worldbank.org/en/latinamerica/vivienda-desarrollo-urbano-colombia

Barraza García, G. J. (2024). Optimización de la gestión de materiales en obras civiles en la Costa Atlántica Colombiana mediante tecnologías emergentes de Big Data e Inteligencia Artificial [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios].

Cámara Colombiana de la Construcción – CAMACOL. (2025). Empresas afiliadas Regional Meta. CAMACOL. https://camacol.co

Carvajal-Rivadeneira, D. D., Guaranda-Mero, B. G., Domínguez-Gálvez, D. L., & Regalado-Jalca, J. J. (2024). Aplicación de la Inteligencia Artificial en proyectos de Ingeniería Civil. Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 7(14), 390–404.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2021). Panorama social de América Latina 2021. Naciones Unidas. https://www.cepal.org

Congreso de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia de 1991. https://www.constitucioncolombia.com

Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1581 de 2012. Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. Diario Oficial No. 48.587. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1581_2012.html

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2023). Proyecciones de población por departamentos y municipios. https://www.dane.gov.co

Departamento Nacional de Planeación. (2019). Documento CONPES 3975: Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial. https://www.dnp.gov.co

Díaz-Hernández, L. E. (2022). Metodología BIM en la gerencia del proyecto para la construcción de viviendas rurales en el municipio de Villeta – Cundinamarca [Trabajo de grado, Especialización en Gerencia de Obras, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional UCatólica.

Erazo-Toscano, G. F., & Velásquez-Cuestas, L. F. (2021). Análisis de los problemas en la planeación de proyectos de construcción de Vivienda de Interés Social, categoría VI, en el departamento de Cundinamarca [Trabajo de especialización, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional UCATOLICA.

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2024). The unjust climate: How the climate crisis impacts women in rural areas. FAO. https://apnews.com/article/6ab3cc6bd9d372dcec4693b366e3b35c

Habitat Worldmap. (2021). Colombia housing deficit. Habitat Worldmap. https://habitat-worldmap.org/en/pais/america/colombia-2

Hernández Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018). Recolección de datos en la ruta cuantitativa. En Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (pp. 224-309). McGraw-Hill.

ICONTEC. (2010). NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

Jiménez, R. (2020). Análisis de vigencia del sistema constructivo LAD-MA para la autoconstrucción asistida de viviendas progresivas. Informes de la Construcción, 72(560), e367. https://doi.org/10.3989/ic.73728

Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think. Houghton Mifflin Harcourt.

Mendoza Peña, J. G., Quispe Vílchez, M. B., & Muñoz Pérez, S. P. (2022). Una revisión sobre el rol de la inteligencia artificial en la industria de la construcción. Ingeniería y Competitividad, 24(2), 1–23.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2020, octubre 19). Política Pública de Vivienda de Interés Social Rural: Documento técnico. Anexo I (Resolución No. 0536). https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-11/anexo-i.-politica-publica-de-vivienda-de-interes-social-rural.pdf

Montesdeoca Loor, R. A., Valdivieso Álvarez, K. A., Loor García, M. J., Lino Calle, V. A., & Carvajal Rivadeneira, D. D. (2025). Aplicación de la inteligencia artificial en planificación de obras civiles: Un análisis textual discursivo. Código Científico Revista de Investigación, 6(E1), 768–787.

Morán, R. G. (2023). Estudio comparativo de sistemas constructivos a través de indicadores de sustentabilidad ambiental.

Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2022). Rural policy review of Colombia 2022. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/c26abeb4-en

Pampliega, C. J. (2019). Inteligencia artificial en el sector de la construcción= Artificial inteligence in construction sector. Building & Management, 3(2), 1-5.

Ramos Cuchala, J. M. (2024). Aplicación de tecnologías de IA en la gestión de proyectos de ingeniería civil: creación de una base de datos relacional y un asistente de búsqueda potenciado con GPT [Informe de práctica, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia.

Russell, S., & Norvig, P. (2016). Artificial intelligence: A modern approach (3rd ed.). Pearson Education.

Soto, M., & Bernal, H. (2021). Aplicación del Big Data en la construcción de infraestructura vial. Revista de Ingeniería Civil, 18(3), 45–59.

United Nations Human Settlements Programme [UN-Habitat]. (2020). Affordable housing: Challenges and solutions. UN-Habitat. https://unhabitat.org

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.

Zambrano-Salazar, M. F., & Gamboa-López, C. D. (2024). Técnica de inteligencia artificial para la selección de concreto en construcciones residenciales: Una revisión sistemática. Revista de Ingeniería, Innovación y Ciencia en Soluciones Sostenibles (REINCISOL), 4(2), 99–120.

Anexos

Anexos 1

Encuesta nivel de madurez tecnológica (apropiación) en la gestión de proyectos en el sector de la construcción de vivienda Rural en el Departamento del Meta - Colombia

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

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

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

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

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

Parte 2 de 5: CLIENTES Y PROVEEDORES

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

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

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

Parte 3 de 5: PROCESOS - Nivel táctico y operativo

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

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

	Nulo	Parcialmente	Implementado
Las máquinas y sistemas se pueden controlar a través de tecnologías.	○	○	○
Comunicación entre maquinas / sistemas - M2M	○	○	○
Capacidad de integrarse y colaborar con otras maquinas / sistemas - INTEROPERABILIDAD	○	○	○

Parte 4 de 5: INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD

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

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

	Totalmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Parcialmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
La información de su organización se encuentra segura en el contexto de la transformación digital.	○	○	○	○	○
Realiza evaluaciones y auditorías de seguridad de la información en su organización como parte de la estrategia de transformación digital.	○	○	○	○	○
Promueve la conciencia y la capacitación en seguridad de la información entre los empleados de acuerdo a la transformación digital.	○	○	○	○	○
Las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la información en su organización son efectivas	○	○	○	○	○

Parte 5 de 5: ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0

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

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

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

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

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

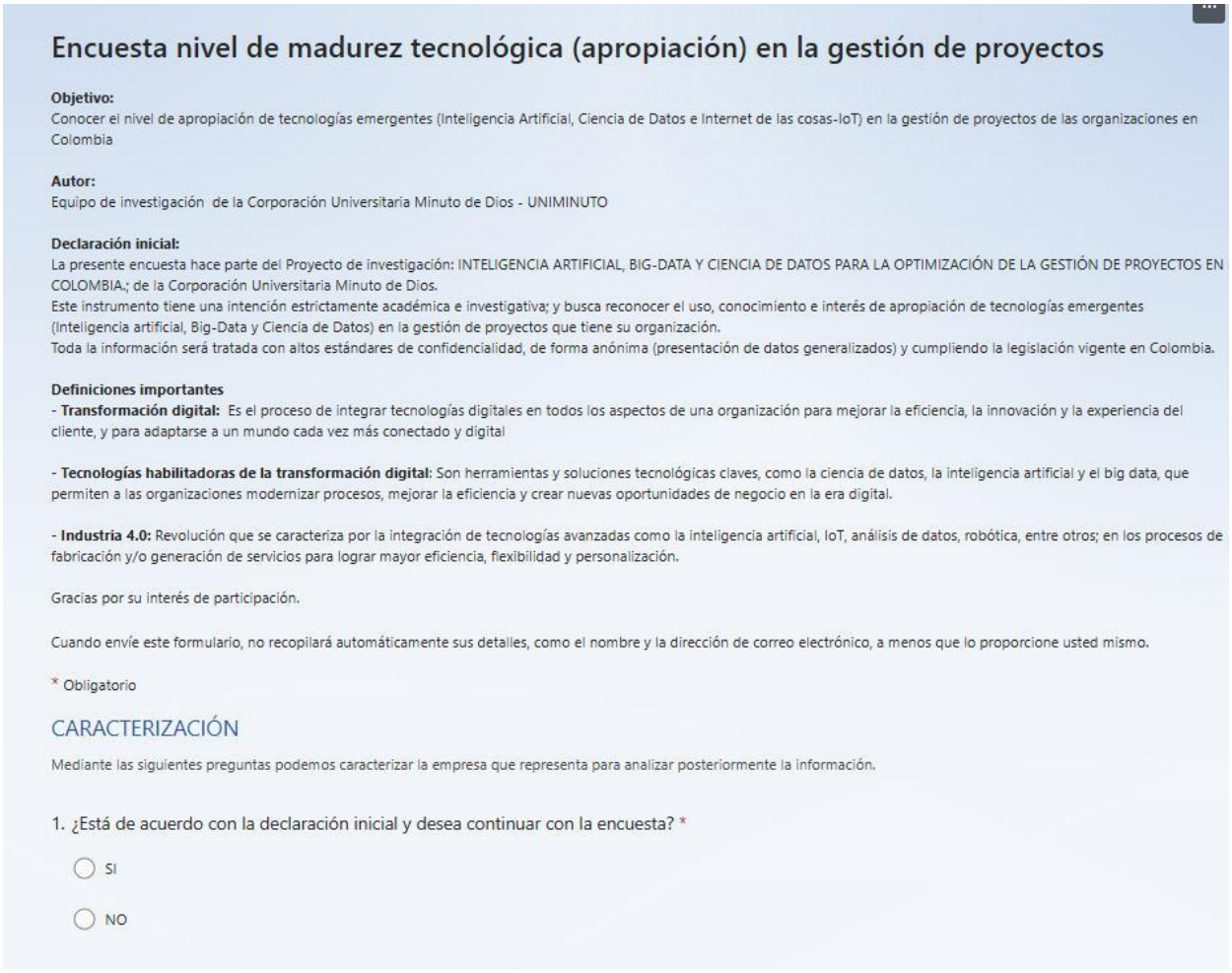
Parte 5 de 5: ESTRATEGIA Y EXPERIENCIA EN INDUSTRIA 4.0

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

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

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

Anexos 2



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

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

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

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

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

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

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

Gracias por su interés de participación.

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

* Obligatorio

CARACTERIZACIÓN

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

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

- ◯ SI
- ◯ NO