

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN



Optimización de la Gestión de Proyectos de Construcción Civil Mediante el Monitoreo en Tiempo Real con Dispositivos IoT y Ciencia De Datos, en proyectos de infraestructura vial de Medellín – Antioquia

Cindy Paola Cordero Sandoval

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

junio de 2024

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Optimización de la Gestión de Proyectos de Construcción Civil Mediante el Monitoreo en Tiempo Real con Dispositivos IoT y Ciencia De Datos, en proyectos de infraestructura vial de Medellín – Antioquia

Cindy Paola Cordero Sandoval

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

Asesor
Sergio Andrés Zabala Vargas
PhD en Tecnología Educativa.

Corporación Universitaria Minuto de Dios
Rectoría Virtual
Programa Especialización en Gerencia de Proyectos
junio de 2024

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Contenido

Lista de tablas	5
Resumen	6
Abstract.....	8
Introducción.....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Descripción del problema.....	13
1.2 La pregunta de investigación.....	15
1.3 Los objetivos de investigación	15
1.3.1 Objetivo general.....	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Justificación de la investigación.....	16
2. MARCO DE REFERENCIA.....	19
2.1. Marco de Antecedentes.....	19
2.2. Marco Teórico	29
2.3. Marco normativo	33
3. METODOLOGÍA	36
3.1. Enfoque y alcance de la investigación	36
3.2. Población y muestra.....	37
3.2.1. Definición de la población	37
3.2.2. Cálculo y selección de la muestra.....	38
3.3. Instrumento(s)	39
3.4. Descripción de procedimientos	61
3.5. Análisis de información.....	62
3.6. Consideraciones éticas.....	63
3.6.1. Análisis de consideraciones éticas.....	63
3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización	65
4. HIPÓTESIS.....	67
4.1. Las variables	67

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

4.1.1.	Variable(s) independiente(s)	68
4.1.2.	Variable(s) dependiente(s)	68
4.2.	Planteamiento de hipótesis	68
5.	RESULTADOS	70
5.1.	Resultado y análisis del instrumento	70
5.2.	Discusión	81
5.2.1.	Inversión en Sistemas de Información	81
5.2.2.	Análisis de Datos de Clientes	81
5.2.3.	Nivel de Integración de Tecnologías Digitales	82
5.2.4.	Adopción de Sistemas Inteligentes.....	82
5.2.5.	Importancia de las soluciones y tecnologías relacionadas con los habilitadores de Industria 4.0	83
5.3.	Lineamientos y recomendaciones para el sector vial en Medellín.....	83
6.	CONCLUSIONES.....	85
	Referencias.....	91

Lista de tablas

Tabla 1	70
Tabla 2	71
Tabla 3	71
Tabla 4	72
Tabla 5	72
Tabla 6	73
Tabla 7	73
Tabla 8	74
Tabla 9	74
Tabla 10	74
Tabla 11	75
Tabla 12	75
Tabla 13	76
Tabla 14	76
Tabla 15	76
Tabla 16	77
Tabla 17	77
Tabla 18	78
Tabla 19	78
Tabla 20	78
Tabla 21	79
Tabla 22	79

Resumen

Palabras clave: Tecnologías emergentes, Internet de las Cosas (IoT), Ciencia de Datos, Industria 4.0, Gestión de Proyectos de Construcción Civil, Infraestructura Vial, Medellín – Antioquia.

La industria de la construcción en Medellín – Antioquia, a pesar de su rol fundamental en el desarrollo económico y social, presenta un rezago notable en la adopción de tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Esta situación, replicada a nivel global, limita la eficiencia y productividad de los proyectos, impactando negativamente en costos, calidad y seguridad de las obras.

Diversos factores contribuyen a este rezago, incluyendo la fragmentación de la industria, la resistencia al cambio y la falta de cultura de innovación en las empresas constructoras. La complejidad de los proyectos y los altos costos asociados a la implementación de nuevas tecnologías también han dificultado su adopción generalizada.

La aparición de tecnologías emergentes como la ciencia de datos y los sensores IoT (Internet de las Cosas) ofrece un enorme potencial para transformar el sector de la construcción. Estas tecnologías permiten una mejor toma de decisiones, un aumento en la productividad y una mejora en la calidad de las obras.

En la presente investigación se realizó una revisión sistemática de estudios académicos sobre la aplicación de ciencia de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos de

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

construcción. Se diseñó y aplicó un instrumento de investigación para evaluar la percepción y disposición de las constructoras hacia la adopción de estas tecnologías.

Los resultados obtenidos revelan un panorama de oportunidades y desafíos. Existe un interés creciente en la implementación de estas tecnologías, pero aún queda un largo camino por recorrer para aprovechar al máximo su potencial, así mismo se identificaron las siguientes necesidades:

- Mayor análisis de datos mediante la ciencia de datos.
- Integración de tecnologías digitales en los procesos.
- Adopción de sistemas inteligentes.
- Reconocimiento de la importancia de las tecnologías de Industria 4.0.

La adopción efectiva de tecnologías emergentes tiene el potencial de transformar el sector de la construcción vial en Medellín, Antioquia. Para lograrlo, es necesario que empresas constructoras, entidades gubernamentales e instituciones educativas trabajen conjuntamente para crear un entorno favorable. Esto no solo mejorará la eficiencia, productividad, calidad y seguridad en la construcción, sino que también contribuirá al desarrollo sostenible de la ciudad.

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Abstract

Keywords: Emerging Technologies, Internet of Things (IoT), Data Science, Industry 4.0, Civil Construction Project Management, Road Infrastructure, Medellín – Antioquia.

The construction industry in Medellín – Antioquia, despite its fundamental role in economic and social development, shows a notable lag in the adoption of information and communication technologies (ICT). This situation, replicated globally, limits the efficiency and productivity of projects, negatively impacting costs, quality, and safety of the works.

Several factors contribute to this lag, including industry fragmentation, resistance to change, and a lack of innovation culture within construction companies. The complexity of projects and the high costs associated with the implementation of new technologies have also hindered widespread adoption.

The emergence of technologies such as data science and IoT (Internet of Things) sensors offers enormous potential to transform the construction sector. These technologies enable better decision-making, increased productivity, and improved quality of works.

This research conducted a systematic review of academic studies on the application of emerging technologies in construction project management. A research instrument was designed and applied to evaluate the perception and willingness of construction companies towards adopting these technologies.

The results reveal a landscape of opportunities and challenges. There is growing interest in implementing these technologies, but much work remains to fully harness their potential. The following needs were identified:

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

- Greater data analysis through data science.
- Integration of digital technologies into processes.
- Adoption of intelligent systems.
- Recognition of the importance of Industry 4.0 technologies.

The effective adoption of emerging technologies has the potential to transform the road construction sector in Medellín, Antioquia. To achieve this, it is necessary for construction companies, government entities, and educational institutions to work together to create a favorable environment. This will not only enhance efficiency, productivity, quality, and safety in construction but also contribute to the sustainable development of the city.

Introducción

La gestión de proyectos es una disciplina esencial que se ha convertido en una actividad profesional clave en la concepción y ejecución de proyectos en diversas industrias, incluida la construcción. Esta disciplina implica la planificación, organización, seguimiento y control de todas las actividades necesarias para asegurarse de que un proyecto se complete con éxito y cumpla con los objetivos establecidos. Como señala Fonseca, (2021), la gestión de proyectos es un componente crítico en la garantía de que los proyectos se desarrollen de manera eficiente y dentro de los parámetros de tiempo y presupuesto previamente definidos.

En el sector de la construcción, la gestión de proyectos requiere una importancia aún mayor debido a la naturaleza compleja y a gran escala de los proyectos de infraestructura civil, como carreteras, puentes, edificios y sistemas de transporte. Estos proyectos involucran inversiones importantes y requieren una gestión precisa y efectiva para garantizar que se ejecute con éxito. La gestión de proyectos en la construcción aborda desafíos fundamentales, como la coordinación de recursos, la gestión de costos, la planificación de plazos, la supervisión de la calidad y la seguridad en el lugar de trabajo.

En el actual panorama de avances tecnológicos, la complejidad de los proyectos en el sector de la construcción, caracterizados por la participación de numeroso personal y una amplia gama de actividades, genera una constante y considerable cantidad de datos. La gestión, revisión y transmisión eficientes de estos datos representan un desafío, ya que con frecuencia no se dispone del tiempo necesario para llevar a cabo un análisis exhaustivo. (Araújo-Rey & Sebastián, 2021) En este contexto, las tecnologías emergentes desempeñan un papel crucial en la optimización de la gestión de proyectos de construcción. Dos áreas destacadas son la ciencia de

datos y el monitoreo de dispositivos IoT (Internet de las Cosas). La ciencia de datos proporciona la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos, permitiendo extraer información valiosa que respalde la toma de decisiones fundamentadas. Por otro lado, el monitoreo de dispositivos IoT presenta una relevancia significativa al ofrecer datos en tiempo real sobre el progreso de la obra. Esta capacidad facilita la anticipación de posibles problemas antes de que adquieran dimensiones críticas, lo que contribuye a la prevención de crisis y a la mejora general de la eficiencia en el desarrollo de proyectos de construcción.

El enfoque principal de esta investigación radica en la propuesta de estrategias y orientaciones para la integración efectiva de la ciencia de datos y la tecnología IoT en la gestión de proyectos de construcción. Estas tecnologías emergentes se han vuelto esenciales para mejorar la eficiencia, reducir costos, garantizar la calidad, fortalecer la seguridad y abordar los desafíos de sostenibilidad en la industria de la construcción. La implementación exitosa de estas tecnologías puede marcar la diferencia en la competitividad de las empresas de construcción en un mercado en constante evolución y globalizado.

Esta investigación se enfoca en la propuesta de estrategias y orientaciones para la integración efectiva de la ciencia de datos y la tecnología IoT en la gestión de proyectos de construcción. La adopción de estas tecnologías emergentes se presenta como una necesidad fundamental para mejorar la eficiencia, reducir costos, garantizar la calidad, fortalecer la seguridad y abordar los desafíos de sostenibilidad en la industria de la construcción. La implementación exitosa de estas herramientas puede marcar la diferencia en la competitividad de las empresas constructoras en un mercado globalizado y en constante evolución.

Para comprender el panorama actual de la adopción de estas tecnologías en la gestión de proyectos de construcción en Medellín – Antioquia, se realizará un estudio del estado del arte y una encuesta a empresas constructoras de la región. Los resultados del estudio del estado del arte y la encuesta se analizarán utilizando gráficos y tablas, permitiendo identificar tendencias y patrones en la percepción y adopción de estas tecnologías.

A partir del análisis de los datos recopilados, se propondrán recomendaciones específicas para la implementación efectiva de la ciencia de datos y la tecnología IoT en la gestión de proyectos de construcción en Medellín – Antioquia. Se espera que estas recomendaciones contribuyan a la mejora de la eficiencia, productividad, calidad y seguridad en los proyectos de construcción de la región, impulsando así el desarrollo sostenible de la ciudad.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Las tecnologías emergentes han cambiado las formas de acceso al conocimiento, de comunicación y de relacionarse, a tal punto que la generación, procesamiento y divulgación de información se está convirtiendo en factor de poder y productividad en la sociedad del aprendizaje. La productividad y la competitividad dependen con mayor necesidad de la capacidad de concebir y poner en práctica la información transformada en conocimiento. (Álvarez, 2021).

La industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) se destaca como uno de los sectores económicos más dinámicos a nivel mundial, desempeñando un papel esencial en el impulso del crecimiento económico, especialmente en el contexto post pandemia de COVID-19. Según investigaciones recientes, se proyecta que el valor de mercado de este sector alcance la impresionante cifra de 14,7 billones de dólares para el año 2030. Además, la AEC está directamente vinculada al 13% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial y sustenta la ocupación de más de 200 millones de personas en todo el planeta (Oxford Economics, 2021, como se citó en, (Zabala-Vargas et al., 2023).

Pese a estos indicadores que destacan el crecimiento significativo de la AEC, el sector de la construcción ha experimentado avances tecnológicos en diversas áreas, excepto en el ámbito de las tecnologías de la información y la comunicación, donde ha quedado rezagada en comparación con otros sectores. Este fenómeno podría atribuirse a diversos factores, siendo uno de los más prominentes la estructura fragmentada que caracteriza a la industria de la construcción, según señalan investigaciones recientes. (Hosseini et al., 2012) Este rezago

tecnológico plantea desafíos importantes para la eficiencia y la productividad en la AEC, destacando la necesidad apremiante de abordar y superar las barreras que han limitado la adopción de tecnologías de la información y la comunicación en este sector crucial.

En la actualidad, en nuestro país, Colombia, el sector de la construcción se caracteriza por su resistencia en la adopción de nuevas tecnologías. Existe una carencia de herramientas efectivas que la recopilación de datos pertinentes y su análisis para la toma de decisiones informadas y el monitoreo en tiempo real del avance de las obras. Esta tendencia se refleja claramente en un informe de productividad compartido por la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), (Cámara Colombiana de la Construcción, citado en el Documento de referencia del Proyecto Nodo, 2018):

- El nivel de adopción, en 2018 (fecha del informe) de tecnologías analíticas alcanzadas para determina patrones y tendencias; era de tan solo 7%. No se encuentra en la revisión realizada por los autores del proyecto información más recientemente publicada en esta vía.
- El uso de tecnologías de señores para la detección de problemas, monitoreo de variables críticas e incorporación de IOT (Internet de las cosas) también es de tan solo un 7%.
- El sector de la construcción en Colombia se encuentra en una etapa muy temprana de sofisticación para la gestión del riesgo, cumpliendo solamente los estándares básicos.

La baja calidad de la planeación a largo plazo, los retrasos en los trámites requeridos para la construcción, mitigación de la productividad, la incertidumbre normativa, entre otros; son aspectos críticos del sector. (Zabala Vargas, 2023)

A pesar de los notables avances tecnológicos, la aplicación de la ciencia de datos y la implementación de dispositivos IoT (Internet de las Cosas) en la gestión de proyectos de construcción siguen siendo limitadas. Por tanto, el propósito de la presente investigación es doble: en primer lugar, se busca evaluar la utilidad de la ciencia de datos y los sensores IoT en la gestión de proyectos, con un enfoque en la capacidad de anticipar y resolver problemas de manera eficiente. En segundo lugar, se pretende determinar el nivel actual de utilización de la ciencia de datos en el sector de la construcción, y se aspira a establecer una hoja de ruta con el fin de implementar IoT de manera sostenible en la gestión de proyectos de construcción, considerando cuidadosamente la relación costo-beneficio.

1.2 La pregunta de investigación

¿Cómo la implementación de tecnologías emergentes (Ciencia de datos y sensores con IoT) permite el mejoramiento en la efectividad de la gestión de proyectos del sector de la construcción en la ciudad de Medellín – Antioquia?

1.3 Los objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Elaborar una propuesta de estrategias basadas en Ciencia de datos y Sensores con Iot con el fin de mejorar la efectividad en la gestión de proyectos de infraestructura vial en Medellín – Antioquia.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar estudios académicos publicados en Google Académico sobre la aplicación de tecnologías emergentes (Ciencia de datos y sensores con IoT) para la mejora de la efectividad en la gestión de proyectos de construcción.

Diseñar y aplicar un instrumento de investigación para evaluar la percepción y disposición de las constructoras de infraestructura vial en Medellín hacia la adopción de tecnologías de IoT y ciencia de datos en sus proyectos.

Proponer estrategias para superar las barreras identificadas y potenciar los facilitadores para la adopción de estas tecnologías.

1.4 Justificación de la investigación

La capacidad de adquirir y procesar grandes volúmenes de datos tiene el potencial de transformar nuestra comprensión de las tendencias y dinámicas, tanto en un ámbito global como en las interacciones entre lo global y lo local o regional. Por lo tanto, se podría anticipar que la aplicación de técnicas vinculadas a las ciencias de datos conduzca a análisis cada vez más precisos. Las oportunidades metodológicas que se despliegan con la ciencia de datos representan un avance significativo para examinar información y proponer nuevas interpretaciones sobre los fenómenos específicos. (Lemus-Delgado & Pérez Navarro, 2020)

El empleo de tecnologías emergentes como la ciencia de datos y los dispositivos IoT está adquiriendo una relevancia significativa en el sector de la construcción. Estas tecnologías, al

procesar datos de manera inteligente, ofrecen un enfoque altamente informado, eficiente y sostenible para la planificación, ejecución y mantenimiento de proyectos constructivos.

La complejidad de los proyectos de construcción en la actualidad conlleva la generación constante de una cantidad masiva de datos que albergan información valiosa. Este flujo de datos requiere ser gestionado, revisado y transmitido de manera eficiente, aunque frecuentemente se carece del tiempo necesario para un análisis exhaustivo. La capacidad de analizar y extraer información crucial de este vasto conjunto de datos no solo es una necesidad, sino una oportunidad para respaldar a los gerentes en la toma de decisiones fundamentadas. Por lo tanto, resulta imperativo contar con herramientas que faciliten la gestión e interpretación de estos datos.(Araújo-Rey & Sebastián, 2021)

A pesar de los beneficios previamente destacados asociados a las tecnologías emergentes, ciencia de datos y dispositivos IoT en la gestión de proyectos de construcción, se observa una carencia significativa en su desarrollo e implementación actual en Colombia. Este diagnóstico se sustenta en información proporcionada por la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), la cual se encuentra citada en el Documento de referencia del Proyecto Nodo (2018). Según estos datos, en el año 2018, el nivel de adopción de tecnologías analíticas destinadas a la determinación de patrones y tendencias en el sector de la construcción apenas alcanzó el 7%. Esta cifra indica claramente una etapa temprana en la incorporación de estas tecnologías en nuestro país.

A través de esta propuesta de investigación, se pretende obtener el desarrollo de un modelo de aplicación específico destinado a la industria de la construcción de infraestructura vial en Medellín – Antioquia. Paralelamente, la investigación se orienta hacia la recopilación exhaustiva del estado del arte actual y la generación de nuevos conocimientos que aporten al

cuerpo académico, materializándose en la elaboración de artículos destinados a revistas indexadas. Este enfoque no solo procura solucionar desafíos específicos en el ámbito local, sino que aspira a contribuir al avance del conocimiento a nivel global, consolidándose como referencia para investigaciones venideras en el campo de la gestión de proyectos de construcción.

Adicionalmente, la propuesta se propone contribuir significativamente al desarrollo tecnológico e innovación en el sector. Se anticipa la creación de innovaciones empresariales, herramientas de software especializadas y otros productos que no solo optimizarán la eficiencia en la gestión de proyectos de construcción, sino que también podrían tener aplicaciones más amplias en los ámbitos tecnológico y empresarial. Este esfuerzo conjunto tiene como objetivo proporcionar una mayor visibilidad a esta iniciativa, al mismo tiempo que se busca validar la optimización de los procesos de gestión de proyectos de construcción en Colombia.

En esencia, este enfoque integral pretende abordar la brecha existente entre el vasto potencial de estas tecnologías y su aplicación efectiva en el ámbito de la construcción en el país, contribuyendo de manera significativa a la transformación y mejora continua de la gestión de proyectos en la industria de la construcción colombiana.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Marco de Antecedentes

La gestión eficiente de proyectos de construcción ha experimentado una transformación significativa en los últimos años gracias a la integración de tecnologías emergentes. En este contexto, la aplicación de estas tecnologías ha emergido como elementos cruciales para mejorar la supervisión y el rendimiento de proyectos de construcción a escala global. Numerosos estudios han explorado los beneficios derivados de estas tecnologías, evidenciando mejoras sustanciales en la toma de decisiones informada, la eficiencia operativa y la optimización de recursos en proyectos de construcción de diversa índole. Sin embargo, a pesar de la abundancia de investigaciones a nivel mundial, persiste la necesidad de analizar la aplicabilidad y los resultados específicos de estas tecnologías en el ámbito local de las constructoras de infraestructura vial en Medellín – Antioquia. Este marco de antecedentes busca llenar este vacío, examinando críticamente los estudios previos relevantes y proporcionando una base sólida para la presente investigación centrada en la optimización de la gestión de proyectos mediante el uso de dispositivos IoT y la aplicación de la ciencia de datos en el ámbito local.

En el marco de la presente investigación, se llevó a cabo una exhaustiva búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos científicas con el objetivo de recopilar información relevante y actualizada sobre la temática de estudio. Las bases de datos consultadas fueron: Science Direct, Scopus, Google Scholar.

Para enfocar la búsqueda en el tema específico de investigación, se empleó la siguiente ecuación de búsqueda:

((ciencia de datos) OR (data science) OR (análisis de datos) OR (big data) OR (inteligencia artificial) OR (IA)) AND (project management) OR (gestión de proyectos)) AND ((infraestructura vial) OR (obra civil)) AND ((IoT) OR (internet de las cosas) OR (sensores) OR (dispositivos conectados) OR (monitoreo en tiempo real) OR (monitoreo remoto)).

Esta ecuación combinó términos clave relacionados con la ciencia de datos, gestión de proyectos, infraestructura vial y obra civil, el Internet de las Cosas (IoT) y el monitoreo en tiempo real. Los operadores booleanos se utilizaron para garantizar que los resultados de búsqueda incluyeran artículos que abordaran todos los temas especificados

1. Título: The Applied Exploration of Big Data Technology in Prefabricated Construction Project Management.

Síntesis: El estudio de Zixin & Yaowo, (2017) proporciona una revisión sobre cómo la implementación de la tecnología Big Data ofrece ventajas significativas en diversas áreas de los proyectos de construcción, especialmente en la cadena industrial de la construcción prefabricada. Los autores destacan su aplicación en la gestión del diseño, la producción de componentes y el montaje in-situ de construcciones prefabricadas. En resumen, concluyen que la tecnología Big Data ha demostrado su eficacia al mejorar los niveles de gestión en la construcción prefabricada y elevar la calidad de las construcciones, estableciéndose como una herramienta fundamental de análisis de datos para el desarrollo de esta modalidad constructiva.(Zixin & Yaowo, 2017)

2. Título: Building a rough sets-based prediction model for classifying large-scale construction projects based on sustainable success index.

Síntesis: En el estudio de Akbari, (2018), los autores proponen un modelo basado en la Teoría de Conjuntos Ásperos (Rough Set Theory - RST) para clasificar proyectos de construcción a gran escala según su nivel de éxito, utilizando un indicador llamado Índice de

Éxito Sostenible (SSI, por sus siglas en inglés). Este índice se deriva de reglas de clasificación generadas ponderando 20 factores de éxito y 15 criterios de éxito, considerando pilares de sostenibilidad, sociedad y medio ambiente. La información para el modelo proviene del análisis de 26 proyectos de construcción a gran escala en Irán y otros 5 países.

En conclusión, los autores logran desarrollar un indicador numérico (SSI) que permite clasificar el nivel de éxito de proyectos a gran escala desde las perspectivas económica, social y ambiental. Además, plantean la posibilidad de establecer un modelo predictivo para los SSI combinando RST con otros sistemas inteligentes como redes neuronales. (Akbari, 2018)

3. Título: A framework for data-driven informatization of the construction company.

Síntesis:

La investigación de You & Wu, (2019) presenta la propuesta de una infraestructura Big Data llamada EIDP (Enterprise Integrated Data Platform), diseñada específicamente para compañías constructoras. Esta solución de informatización proporciona las bases teóricas y el modelo conceptual para facilitar el intercambio de datos y la interoperabilidad entre la gestión empresarial y la gestión de proyectos. Se espera que esta integración mejore la eficiencia operativa de la compañía y la entrega de proyectos al optimizar los procesos empresariales y respaldar la toma de decisiones.

Los autores concluyen que el sistema EIDP cerrará la brecha en la consideración de datos entre la gerencia y el departamento de proyectos al eliminar la separación de los sistemas de información. Además, discuten un sistema de apoyo de decisiones basado en datos para EIDP, destacando su contribución a la alerta temprana de riesgos, la predicción de tendencias y la evaluación del rendimiento de la compañía. (You & Wu, 2019)

4. Título: Investigating profitability performance of construction projects using big data: A project analytics approach.

Síntesis: La investigación de Bilal et al., (2019) destaca la importancia de establecer y monitorear márgenes de ganancia adecuados en proyectos de construcción, recalcando que la toma de decisiones basada en datos es esencial. Se señala que las decisiones actuales se basan en emulaciones de prácticas exitosas, pero estas no consideran las características específicas del proyecto, lo que puede resultar en estimaciones erróneas y márgenes inusuales debido a gastos superiores o inferiores a lo esperado.

Ante este desafío, los autores proponen una arquitectura Big Data basada en analizar la distribución de ganancias en diferentes tipos de proyectos de construcción. En sus conclusiones, evidencian la utilidad de su enfoque al alimentar datos de 1048 proyectos a la arquitectura propuesta, creando diversos mapeos y distribuciones en las ganancias de acuerdo el tipo de contrato, actividades, sector, región y duración del proyecto. Esta evidencia sugiere que un enfoque basado en monitoreo y estimación de ganancias uniformes es poco fiable, destacando la importancia de considerar las particularidades de cada proyecto para decisiones más precisas y fundamentadas. (Bilal et al., 2019)

5. Título: Artificial intelligence in the AEC industry: Scientometric analysis and visualization of research activities

Síntesis: El trabajo Darko et al., (2020) realiza una revisión de literatura sobre el uso de herramientas de inteligencia artificial en la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción). La revisión se realiza sobre 41827 registros recopilados desde 1973 en la base de datos Scopus, resaltando el uso predominante de tecnologías como algoritmos genéticos, redes neuronales, lógica difusa y aprendizaje automático, orientadas a gestionar problemas complejos

en proyectos del sector de la construcción. Se resalta la mejora en la gestión de proyectos, simulación y manejo de la incertidumbre como beneficios asociados.

Entre las conclusiones relevantes se destaca que la inteligencia artificial, como tecnología emergente, mejora la eficiencia y eficacia en diversas labores de la construcción, pero señala sobre la complejidad y costos asociados. La aceptación del cambio y la realización de procesos de reingeniería en las organizaciones son aspectos críticos. Se destaca la necesidad de cambios organizativos, tecnológicos y culturales, incluyendo la formación del talento humano en nuevas formas de pensamiento, metodologías ágiles y manejo de grandes volúmenes de datos (Big-Data). Los autores sugieren la formación inhouse como preferible a programas externos, argumentando que estos últimos pueden no alinearse completamente con la visión de la organización. (Darko et al., 2020)

6. Título: Construction with digital twin information systems

Síntesis: En el trabajo presentado por Sacks et al., (2020), se presenta el concepto de gemelo digital como una herramienta para la gestión y control de sistemas basados en datos. Aunque este enfoque ha sido ampliamente aplicado en sectores como la manufactura y la gestión de operaciones, el estudio acentúa la falta de exploración y consenso en la aplicación de gemelos digitales en el ámbito de la construcción y obras civiles. (Sacks et al., 2020)

7. Título: Deep learning in the construction industry: A review of present status and future innovations

Síntesis: La investigación de Akinosho et al., (2020) aborda los desafíos propios de la industria de la construcción, como la planificación de recursos, gestión de riesgos y logística, que frecuentemente resultan en problemas de diseño, retrasos, sobrecostos y disputas contractuales. El estudio propone la aplicación de algoritmos avanzados de aprendizaje automático,

especialmente aprendizaje profundo (Deep-Learning), para abordar análisis diagnósticos y prospectivos en la construcción.

Los autores resaltan desafíos específicos, como limpieza de datos, preprocesamiento, gestión de Big-Data, ajuste de hiperparámetros y validación del modelo, fundamentales para obtener modelos óptimos. En conclusión, argumentan cómo el aprendizaje profundo puede aplicarse con éxito en el sector de la construcción, ofreciendo resultados significativos en términos de productividad. (Akinosho et al., 2020)

8. Título: Research trend of the application of information technologies in construction and demolition waste management

Síntesis: En el trabajo de Li et al., (2020), se presenta una revisión de literatura enfocada en el manejo de residuos en procesos de construcción y demolición (C&D Waste) mediante el análisis de diversas tecnologías emergentes.

La revisión recalca que las tecnologías más utilizadas en este contexto son: Building Information Model (BIM) con un 47%, con aplicaciones como la minimización de desechos de varillas de refuerzo y sistemas de estimación de residuos en demolición; Geographic Information System (GIS) con un 27%, utilizado para el manejo in-situ de equipo y material en la construcción para reducir desechos potenciales; y Big Data (BD) con un 14%, utilizado para evaluar el rendimiento en el manejo de residuos en procesos de construcción.

Las conclusiones destacan que estas tecnologías aplicadas a C&D Waste se encuentran en etapas iniciales, pero experimentan un crecimiento rápido. Además, la revisión suministra una visión del estado actual de la aplicación de estas tecnologías en la disciplina del manejo de residuos en construcción y demolición. (Li et al., 2020)

9. Título: Research Status and Challenges of Data-Driven Construction Project Management in the Big Data Context

Síntesis: En la revisión realizada por Huang et al., (2021), se aborda la creciente avalancha de datos en el sector de la construcción y el potencial de las tecnologías de la información (IT), particularmente Big Data, para gestionar eficazmente esta información. La revisión exhaustiva de literatura, que abarca desde 1999 hasta 2020, se enfoca en la aplicación de IT en la gestión de proyectos de construcción (CPM).

Las conclusiones sugieren que el camino hacia un CPM basado en datos implica la visualización de gemelos digitales (DT) en la gestión de proyectos mediante BIM, modelos analíticos basados en geometrías 3D, localización y contextualización para realizar análisis visuales, y una infraestructura colaborativa basada en tecnología Blockchain. (Huang et al., 2021)

10. Título: Options for and Challenges of Employing Digital Twins in Construction Management.

Síntesis: En el trabajo de Salem & Dragomir, (2022), se realiza una sistemática revisión de literatura basada en la gestión de proyectos de construcción, con un enfoque específico en los gemelos digitales (Digital Twins) y su aplicabilidad en el campo para mejorar los resultados operativos. La revisión, propone un modelo de 3 etapas para el análisis y supervisión de los Digital Twins. Estas etapas incluyen la adaptación del conocido BIM, modelos de monitoreo y acción basados en digital twins utilizados en entornos inteligentes, y la futura etapa DTCP (Digital Twins for Construction Projects), que contempla la toma automatizada de decisiones en el sitio de construcción.

Entre las conclusiones clave, los autores destacan el potencial de adaptar los Digital Twins al sector de la construcción como apoyo a la gestión estratégica de las empresas. Sin embargo, destacan desafíos como la visualización precisa del sistema completo, la relación con el modelo físico y el desarrollo de una inteligencia artificial completa que dirija el modelo digital. Con la exploración de Big Data y el análisis de datos con realidad aumentada, se sugiere que los Digital Twins pueden ser herramientas valiosas para procesos complejos de toma de decisiones en todas las fases de los proyectos de construcción, desde la planificación hasta la implementación, mejorando la oportunidad y eficiencia en dichos procesos. (Salem & Dragomir, 2022)

11. Título: Overview of Applications of the Sensor Technologies for Construction Machinery.

Síntesis: En el trabajo de (Jiang & He, 2020) se realiza una revisión de la literatura sobre el uso de tecnologías de sensores en maquinarias de construcción, enfocándose en el monitoreo de condiciones, la construcción autónoma y el Internet de las Cosas (IoT). La revisión destaca cómo la aplicación de sensores basados en IoT ha emergido como un área de gran interés en la investigación. Los autores argumentan que la introducción del IoT y tecnologías como RFID permitirá la recopilación de grandes volúmenes de datos, por lo que el almacenamiento y análisis de estos datos, conocido como Big Data, es crucial para la informatización avanzada de la maquinaria de construcción.

Más específicamente, al monitorear el ciclo de vida de la maquinaria, la gestión de la construcción y el estado de los trabajadores con alta frecuencia y en periodos cortos, se puede integrar esta información con sistemas BIM (Building Information Modelling). Esta integración ofrece una visión en tiempo real de la programación del uso de la

maquinaria, el consumo de materiales, el monitoreo del progreso de la construcción y, en general, el control del avance del proyecto. (Jiang & He, 2020)

12. Título: Emerging Applications of Artificial Intelligence in Structural Engineering and Construction Industry.

Síntesis: (Hooda et al., 2021) realizan una revisión bibliográfica sobre el impacto de la inteligencia artificial (AI) y los principios de la Industria 4.0 en la Ingeniería Civil.

Destacan las siguientes áreas de aplicación de la AI:

- Monitores de la salud estructural (SHM): Utilización de sensores y modelado mediante elementos finitos para evaluar la integridad estructural post terremoto, monitorear estructuras afectadas y detectar daños.
- Toma de decisiones en la construcción modular: Empleo de redes neuronales para apoyar en la elección entre modelos convencionales o modificaciones, basándose en datos recolectados de diversas construcciones e industrias.
- Sistemas de gestión en la construcción: Aplicación de redes neuronales para predecir mejores diseños, calcular mezclas de concreto y cargas estructurales, generar planes de proyecto, y utilizar Machine Learning en la producción de concreto y la identificación de eslabones estructuralmente débiles.
- Incorporación de AI con IoT en sistemas SHM: Recolección y procesamiento de datos mediante sensores y Machine Learning, y uso en ciudades inteligentes para optimizar recursos y servicios. Esto incluye el empleo de materiales nanotecnológicos y sensores de nanotubos de carbono para el monitoreo de condiciones estructurales mediante técnicas de Deep Learning y Machine Learning (Hooda et al., 2021)

13. Título: Research on Key Construction Technology of Building Engineering under the Background of Big Data.

Síntesis: En la investigación de (Qian et al., (2021)se revisan tecnologías clave en la ingeniería de la construcción con Big Data como contexto principal. Los autores proponen varios esquemas de trabajo, que incluyen una arquitectura técnica para computación en la nube y el diseño de una plataforma de supervisión de la gestión de la construcción, dividida en tres aspectos:

- Directorio de servicios: Lista de directorios accesibles de forma independiente.
- Innovación en la interacción con el usuario: Diseño que permite seleccionar y enviar peticiones para implementar funciones específicas.
- Servicio de monitoreo y estadísticas: Para supervisar y analizar datos.

También presentan esquemas para integrar BIM con tecnología Big Data, una ruta de trabajo para el procesamiento de Big Data mediante BIM, y una plataforma de gestión integrada de la construcción para Big Data. Proponen un modelo para optimizar la minería de datos, complementando Big Data, minería de datos y BIM. Los autores indican que la plataforma propuesta puede mejorar el aprendizaje de tecnología de construcción del personal técnico, mejorar la gestión de calidad in situ y garantizar virtualmente la calidad de la construcción (Qian et al., 2021)

14. Título: Research on digital collaborative management model of engineering projects based on BIM and IPD.

Síntesis: El trabajo de Pan & Rao, (2021) sugiere que la gestión de Big Data en proyectos de ingeniería debe ser coordinada por un departamento especial,

proponiendo esquemas para integrar Big Data con BIM y Blockchain. También destacan la importancia de la seguridad en proyectos de construcción, desarrollando un sistema de evaluación de seguridad que considera factores de personal, equipo, gestión y ambiente. Usan un modelo de red neuronal BP para predecir la seguridad, verificando su precisión con MATLAB y concluyendo que los factores relacionados con el personal son los más cruciales para garantizar la seguridad en la construcción (Pan & Rao, 2021)

15. Título: Exploring the Application of BIM Technology in the Whole Process of Construction Cost Management with Computational Intelligence.

Síntesis: En la investigación de Tang & Liu, (2022), se discute cómo lograr una gestión de costos en la construcción basada en BIM. Los autores destacan que los principales objetivos de la gestión de proyectos son la duración, calidad y costos, considerando estos últimos tanto desde la perspectiva del propietario como del contratista. Se analiza el estado actual de la gestión de costos en la industria de la construcción en China y se proponen etapas y esquemas de trabajo que muestran la interconexión entre ellas. Se concluye que BIM puede mejorar la eficiencia de la gestión de costos en todas las fases del proyecto, controlar el coste total y facilitar la coordinación y cooperación entre todas las partes implicadas, siendo esencial para resolver los problemas actuales de gestión de costos en China (Tang & Liu, 2022)

2.2. Marco Teórico

2.1.1. Proyectos de infraestructura

En términos generales, los proyectos de infraestructura se definen como aquellas construcciones a gran escala que se llevan a cabo con el objetivo de mejorar la funcionalidad y el bienestar de una comunidad. Estas obras se caracterizan por su impacto significativo en el entorno social, económico y ambiental, y por su capacidad para generar beneficios a largo plazo (VQ Ingeniería, 2022)

2.1.2. Gestión de proyectos

Según los principios establecidos en el PMBOK, define un proyecto como un esfuerzo temporal con un inicio y un final, cuyo propósito es proporcionar un producto, un servicio o un resultado específico. Este enfoque implica la aplicación de conocimientos, técnicas, herramientas y habilidades a las diversas tareas del proyecto con el objetivo de alcanzar sus metas. La eficiencia y eficacia en la ejecución se logran mediante la adaptación, aplicación e integración de los procesos de dirección de proyectos apropiados (Universidad Internacional de La Rioja, s. f.)

La dirección o gestión de proyectos, se concibe como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para cumplir con sus requisitos específicos. Este logro se materializa mediante la aplicación e integración apropiadas de una serie de procesos organizados en cinco grupos: inicio, planificación, ejecución, seguimiento-control y cierre. La sinergia entre estos procesos proporciona el marco necesario para abordar los desafíos y cumplir exitosamente con los objetivos del proyecto. (Ameijide García, 2016)

2.1.3. Gestión integrada de proyectos

La gestión integrada de proyectos es un enfoque que combina todos los aspectos del proyecto para garantizar su éxito. Involucra la coordinación de diferentes procesos y áreas de conocimiento, asegurando que todos los componentes del proyecto trabajen juntos de manera

armoniosa. Este enfoque incluye la planificación integrada, que abarca todas las fases y áreas de conocimiento en un plan unificado, el control integrado de cambios, que gestiona las modificaciones de manera que se minimicen los impactos negativos y se maximicen las oportunidades de mejora, y la comunicación efectiva, que establece canales claros entre todos los stakeholders para asegurar la coherencia y alineación de objetivos.

En combinación con el monitoreo en tiempo real mediante dispositivos IoT y el uso de la ciencia de datos, la gestión integrada de proyectos proporciona un enfoque robusto y eficiente que puede optimizar significativamente los proyectos de construcción civil. En el contexto de los proyectos de infraestructura vial, este enfoque puede resultar en una mejora notable en la eficiencia, reducción de costos, aumento de la calidad y mitigación de riesgos, facilitando un desarrollo sostenible y eficiente de la infraestructura vial en la región (Wrike, 2023)

2.1.4. Tecnologías emergentes, Ciencia de datos e Internet de las cosas

Las tecnologías emergentes es un término generalmente empleado para describir una nueva tecnología, aunque también puede referirse al desarrollo continuo de una tecnología ya existente. Este concepto suele hacer referencia a tecnologías que están actualmente en desarrollo o se espera que estén disponibles en los próximos cinco a diez años. Se reserva especialmente para aquellas tecnologías que están generando o se espera que generen impactos sociales o económicos significativos. (StartupEable, s. f.)

La ciencia de datos constituye el estudio de los datos con el propósito de extraer información significativa. Se trata de un enfoque multidisciplinario que abarca principios y prácticas provenientes de campos como las matemáticas, la estadística, la ingeniería de computación, la inteligencia artificial, las técnicas de machine learning o aprendizaje automático, así como la minería de datos, entre otros. Estas disciplinas convergen para contribuir al análisis

de grandes cantidades de datos, facilitando la obtención de conocimientos valiosos. (Vidal Ledo et al., 2023)

El Internet de las cosas (IoT) implica el uso de dispositivos capaces de medir diversos parámetros del entorno en el que se ubican. Estos dispositivos generan datos que enriquecen el conocimiento del negocio y posibilitan la activación de acciones automáticas de manera inmediata.(Ferrovial, s. f.)

Contexto del entorno: La ciencia de datos se consolida como la herramienta fundamental para la explotación de datos y la generación de conocimiento en la actualidad. Sus objetivos incluyen la búsqueda de modelos que describan patrones y comportamientos a partir de los datos, con el fin de tomar decisiones informadas o realizar predicciones. Este campo ha experimentado un crecimiento significativo con el acceso extendido a grandes volúmenes de datos y su tratamiento en tiempo real. La ciencia de datos demanda técnicas sofisticadas para abordar desafíos prácticos como la escalabilidad, la robustez ante errores y la adaptabilidad a modelos dinámicos (García et al., 2018)

2.1.5. Optimización de la gestión de proyectos

La optimización de la gestión de proyectos de construcción de obra civil se ve potenciada mediante el monitoreo en tiempo real con dispositivos IoT y ciencia de datos. En este contexto, el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones, así como su integración en la vida cotidiana, ha generado innovaciones que permiten nuevas formas de gestionar la información y el conocimiento. Este cambio impulsa la necesidad de adoptar un nuevo enfoque en los procesos de toma de decisiones. El internet de las cosas, el manejo de la información y el procesamiento exponencial de datos, incluyendo el concepto de "datos masivos" o Big Data, están transformando el presente y el futuro. Este escenario fomenta la aplicación de tecnologías

disruptivas basadas en la ciencia de datos, fortaleciendo el proceso de transformación digital de la sociedad y generando cambios culturales, especialmente en el ámbito de las investigaciones. Por ende, se requieren experiencias, métodos y herramientas para aprender, implementar y desarrollar estas nuevas formas de análisis de la realidad. (Vidal Ledo et al., 2023)

2.3. Marco normativo

El presente proyecto de investigación se enmarca en un contexto normativo complejo y cambiante, que exige el cumplimiento de diversos requisitos legales y técnicos para su desarrollo exitoso. Por lo tanto, este marco normativo tiene como objetivo principal identificar y analizar las normas, leyes, decretos y regulaciones aplicables al proyecto, tanto a nivel nacional como internacional, con el fin de garantizar su viabilidad y legalidad.

En este sentido, el marco normativo se estructura en torno a las regulaciones relevantes a nivel nacional y local, así como normativas técnicas específicas.

Marco Normativo Nacional

Ley 1581 de 2012 - Protección de Datos Personales:

Establece las disposiciones generales para la protección de datos personales y regula el tratamiento de estos (Congreso de la República de Colombia, 2012b).

Ley 1341 de 2009 - Ley de TIC:

Regula el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones, incluyendo la infraestructura, el uso de dispositivos IoT y la transmisión de datos (Congreso de la República de Colombia, 2009).

Ley 1508 de 2012 - Asociaciones Público-Privadas (APP):

Regula la estructura y el desarrollo de proyectos de infraestructura bajo el modelo de asociaciones público-privadas, aplicable a proyectos viales (Congreso de la República de Colombia, 2012a)

Ley 80 de 1993 y Ley 1150 de 2007 - Contratación Pública:

Normas que regulan la contratación con entidades estatales, aplicable a la adjudicación de proyectos de infraestructura (Congreso de la República de Colombia, 1993, 2007).

Marco Normativo Local (Medellín y Antioquia)

Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Medellín:

Define las directrices y regulaciones para el desarrollo urbano e infraestructura dentro del territorio de Medellín (Alcaldía de Medellín, 2020)

Normativas Relacionadas con IoT y Ciencia de Datos

Ley 1955 de 2019:

Ley de Transformación Digital. Esta ley establece los principios y lineamientos para la adopción y el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones en Colombia (MinTIC, 2019).

Decreto 1263 de 2022:

Decreto Nacional que establece los requisitos para la implementación de las tecnologías de la información y las comunicaciones en el sector público con el fin de definir lineamientos y estándares aplicables a la Transformación Digital Pública (MinTIC, 2022).

Normativa internacional, gestión de proyectos

Project Management Institute (PMI): El PMI es una organización profesional que desarrolla estándares y buenas prácticas para la gestión de proyectos. El PMBOK Guide es la guía principal del PMI y se considera una referencia global para la gestión de proyectos (Project Management Institute, 2021).

En definitiva, el marco normativo presentado en este documento constituye una herramienta fundamental para la planificación, ejecución y seguimiento del proyecto, asegurando su cumplimiento con la normativa vigente y contribuyendo a su éxito.

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque y alcance de la investigación

La metodología propuesta para la presente investigación se basa en el desarrollo de una ruta cuantitativa con un enfoque específico. La definición del diseño de investigación se determina tanto por la naturaleza de la investigación como por la hipótesis que se someterá a prueba a lo largo del estudio.

Según la perspectiva de Bernal Torres (2022), la investigación experimental busca demostrar la relación causal entre variables, estableciendo de manera sistemática y controlada que la variación en la variable independiente incide directamente en cambios predecibles en las variables dependientes identificadas. En este caso, se optará por un diseño cuasiexperimental, especialmente adecuado para entornos donde la asignación aleatoria de participantes no es factible o práctica.

La elección de un diseño cuasiexperimental proporciona flexibilidad sin sacrificar la rigurosidad metodológica, implicando la formulación y comprobación de hipótesis específicas.

La aplicación de esta metodología incluirá el uso de técnicas cuantitativas para la recolección y análisis de datos, permitiendo una aproximación objetiva y cuantificable a los fenómenos estudiados. La adherencia rigurosa a esta metodología, particularmente al diseño cuasiexperimental, se reflejará en resultados sólidos y generalizables, fortaleciendo la validez interna y externa de los hallazgos obtenidos durante el desarrollo de la investigación.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Definición de la población

La investigación se enfocará en las empresas constructoras de infraestructura vial legalmente establecidas y operando en Medellín, Antioquia, Colombia. Se considerarán empresas de todos los tamaños, con experiencia en la ejecución de proyectos de infraestructura vial en los últimos cinco años. Esta definición incluye tanto a grandes corporaciones como a pequeñas y medianas empresas que cumplen con los siguientes criterios específicos: empresas registradas y operando legalmente en Colombia, con todas las licencias y permisos necesarios para llevar a cabo proyectos de construcción de infraestructura vial; empresas que hayan completado al menos un proyecto de infraestructura vial en los últimos cinco años, lo que garantiza que tienen experiencia reciente y relevante en el campo; inclusión de empresas de diversos tamaños para obtener una muestra representativa que refleje las diferentes capacidades y desafíos que enfrentan las empresas grandes, medianas y pequeñas; y empresas que operan principalmente en Medellín y sus alrededores, para asegurar que las condiciones locales y los desafíos específicos de la región estén bien representados.

La selección de la muestra se realizará utilizando una técnica de muestreo probabilístico que garantice la representatividad de la población.

3.2.2. Cálculo y selección de la muestra

La población objetivo de esta investigación se enfocará en empresas del sector de la Construcción en el Departamento de Antioquia, específicamente en el municipio de Medellín, seleccionadas de acuerdo con infraestructura.org, totalizando 50 empresas. La temporalidad de la investigación se sitúa en 2023, con la aplicación de una encuesta diseñada y remitida a las 50 empresas identificadas, con el objetivo de recoger información, procesarla y generar resultados. Con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, la muestra se establece en 45 empresas para garantizar representatividad y confiabilidad en los resultados.

En la realización de las encuestas se evidencia una baja participación. De las 45 organizaciones que componen la muestra, se logró obtener 12 respuestas del sector. La baja participación en las encuestas representa un desafío común en la investigación, especialmente cuando se trata de encuestas dirigidas a un sector específico. Esta limitada respuesta reduce la representatividad de los datos y puede afectar la confiabilidad de los resultados.

Sin embargo, para el ejercicio académico y pese a esta poca participación del sector, es posible realizar un análisis e interpretación de los datos obtenidos de manera responsable. Con estas 12 respuestas, se llevará a cabo el ejercicio de esta investigación, evaluando los datos disponibles y extrayendo conclusiones que, aunque limitadas, pueden ofrecer valiosas perspectivas sobre el sector estudiado.

3.3.Instrumento(s)

En el marco de la presente investigación, se dispone de un instrumento de recolección de datos centrado en la realización de una encuesta. Esta encuesta se enfoca en evaluar el uso y la apropiación de tecnologías, ciencia de datos y sensores IoT, por parte de las empresas del sector de la construcción en el municipio de Medellín, con especial atención a aquellas relacionadas con infraestructura vial.

La encuesta, recopila información inicial relevante sobre cada empresa participante. En las preguntas de interés, se ha implementado una escala Likert como método de evaluación. Esta escala permite determinar el nivel de madurez en la incorporación tecnológica dentro de las organizaciones, ofreciendo una medición cuantificable y sistemática de la adopción de tecnologías específicas en el ámbito de la construcción de infraestructura vial.

A continuación, se presenta formato de encuesta realizada a las organizaciones:

Encuesta identificación uso tecnologías emergentes en la gestión de proyectos.

Objetivo:

Conocer el nivel de apropiación de tecnologías emergentes (Big-Data y Data Science) en la gestión de proyectos de las organizaciones del sector Construcción y Obra Civil.

Autor:

Equipo de investigación Especialización en Gerencia de Proyectos 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.

CARACTERIZACIÓN

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

1. ¿Está de acuerdo con la declaración inicial y desea continuar con la encuesta?
 - Si
 - No
2. Nombre o razón social de la organización.
3. NIT o identificación equivalente.
4. Clasificación según su actividad económica:
 - Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca.
 - Industria manufacturera.
 - Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.
 - Suministro de agua, gestión de aguas residuales y gestión de desechos y actividades de saneamiento.
 - Construcción.
 - Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas.
 - Transporte y almacenamiento.
 - Alojamiento y servicio de comidas.

- Tecnologías de la información y comunicación - TIC.
 - Actividades financieras y de seguros.
 - Actividades inmobiliarias.
 - Actividades profesionales, científicas y técnicas.
 - Actividades de servicios administrativos y de apoyo.
 - Educación.
 - Salud humana y servicios sociales.
 - Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas.
 - Otras.
- 5. Número de empleados**
- Menos de 10
 - Entre 11 y 50
 - Entre 51 y 200
 - Más de 200
- 6. Nivel de ingresos anuales:**
- Menos de 1.000 SMMLV
 - Entre 1.001 y 2000 SMMLV
 - Entre 2.001 y 10.000 SMMLV
 - Más de 10.001 SMMLV
- 7. Nombre de quien presenta la encuesta**
- 8. Posición dentro de la organización de quien presenta la encuesta**
- 9. Correo electrónico de contacto.**
- 10. Teléfono móvil (opcional)**

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 con la afirmación seleccione cuál nivel representa mejor la organización.

	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En implementación	En acción
Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cuenta con indicadores para medir nivel del transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial,	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

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).

1|¿En qué área de su empresa ha invertido en los dos últimos años?

Nula inversión Pequeña inversión Mediana inversión Gran inversión

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

12. ¿En qué área de su empresa proyecta invertir en los próximos 5 años?

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

Sistemas de información
(herramientas software).

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.

13. De acuerdo con las siguientes afirmaciones seleccione cuál nivel representa mejor su organización.

	No se realiza	No se realiza	No se realiza	No se realiza
Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

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

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

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

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

conocimiento (situación personal, preferencias, ubicación, puntuación crediticia).

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.

15. ¿Cuál de las siguientes tecnologías utiliza en su organización?

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

16. De acuerdo con las máquinas y equipos de su organización. ¿Cuál es el grado de implementación de las siguientes funcionalidades?

Nulo

Parcialmente

Implementado

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

INTEROPERABILIDAD**17. Su empresa realiza:**

- PRODUCCIÓN DE BIENES O PRODUCTOS
- PRESTACIÓN DE SERVICIOS

ORGANIZACIÓN DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE BIENES O PRODUCTOS

18. Identifique el nivel de cumplimiento de las siguientes afirmaciones en su proceso de producción de bienes o productos.

	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Tiene una visión en tiempo real de su producción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Su producción es lo suficientemente flexible para reaccionar a cambio en la demanda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Registra datos de máquinas o equipos

Registra datos de sus procesos de producción

Aprovecha los datos para tomar decisiones en el proceso de producción

Integración de tecnologías digitales en el proceso de producción

Usa herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la producción

Digitalización de la gestión de inventarios y recursos

ORGANIZACIÓN DEDICADA A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS

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

	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Nivel de integración de tecnologías digitales en la prestación de nuestros servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la prestación de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Registran datos o información del proceso de prestación de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprovecha los datos y análisis digitales para tomar decisiones en la prestación de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nivel de adopción de tecnologías de automatización en la entrega de servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

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

Parte 4 de 5: INFRAESTRUCTURA Y SEGURIDAD

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

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

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

Comercial y ventas.

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

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

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

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

Para evaluación de datos

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

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

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

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

25. Califique las siguientes preguntas según la escala establecida:

	Totalmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
La información de su organización se	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

encuentra segura
en el contexto de la
transformación
digital.

La información de
su organización se
encuentra segura
en el contexto de la
transformación
digital.



La información de
su organización se
encuentra segura
en el contexto de la
transformación
digital.



La información de
su organización se
encuentra segura
en el contexto de la
transformación
digital.



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.)? Opción única.

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

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

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

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

	Irrelevante / no aplica	No capacitado	Capacitado, pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente
Infraestructura.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnología de automatización.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Análisis de datos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Seguridad de los datos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Seguridad de las comunicaciones.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Software de colaboración.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desarrollo o aplicación de sistemas de asistencia.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Habilidades no técnicas, como el pensamiento sistémico y la comprensión de procesos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

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

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

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

Inteligencia artificial: es un campo de la informática que se centra en desarrollar sistemas y programas que pueden realizar tareas que normalmente requerirían inteligencia

humana, como el aprendizaje, la toma de decisiones y el reconocimiento de patrones, mediante algoritmos y procesamiento de datos.

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

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

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

Realidad virtual y aumentada: Para facilitar aspectos tales como el prototipado, mantenimiento, servicio postventa, etc.

Plataformas y comunicaciones: Tanto soluciones específicas (ERP, CRM, MES, GMAO, etc.), como soluciones conectadas con la cadena de valor (proveedores, clientes, logística y otros agentes clave), soluciones de movilidad (tablets, pdas, etc.), etc.

Tecnologías en la nube (Cloud): que reduzcan la necesidad de infraestructuras físicas, promuevan la escalabilidad de los sistemas de información, la movilidad, la disponibilidad de espacios de almacenamiento elevados, la colaboración entre personas, etc.

Ciberseguridad: para auditar, monitorizar y asegurar los servicios TIC, tanto a nivel de red informática, como de dispositivos, aplicaciones, operaciones e información.

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

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

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

	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia
Inteligencia artificial.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fabricación aditiva.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internet de las cosas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Big data y análisis de datos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realidad virtual y aumentada.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Plataformas y comunicaciones.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnologías en la nube (Cloud).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ciberseguridad.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Marketing digital.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Formación y personas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robótica y automatización.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3.4.Descripción de procedimientos

La investigación se realizará mediante una encuesta en formato de Excel en línea, dirigida a empresas constructoras de infraestructura vial en Medellín, Colombia. La encuesta, previamente diseñada y validada, será enviada a las empresas seleccionadas a través de un enlace web proporcionado por correo electrónico. Este correo incluirá una carta de presentación detallando el propósito del estudio, la importancia de su participación y asegurando la confidencialidad de la información proporcionada.

Los encuestados podrán acceder al enlace, completar la encuesta en línea y enviar sus respuestas directamente a través de la plataforma. Toda la información recopilada será almacenada de manera segura en la plataforma en línea, lo que permitirá un acceso eficiente y organizado a los datos para su posterior análisis.

Los datos recopilados serán analizados estadísticamente para identificar patrones, tendencias y relaciones entre las variables. Se utilizarán técnicas estadísticas avanzadas para asegurar la precisión y validez de los resultados. Los hallazgos del análisis serán presentados en informes detallados, destacando las conclusiones clave y proporcionando recomendaciones basadas en la evidencia.

Con una aplicación cuidadosa y rigurosa del instrumento de recolección de información, se espera obtener datos confiables y válidos para el estudio de investigación.

3.5. Análisis de información

El análisis de datos es una etapa fundamental en cualquier investigación, ya que permite extraer información valiosa y comprender los patrones y tendencias presentes en la información recopilada. En esta investigación, se adoptará un enfoque descriptivo para analizar los datos, utilizando diversas herramientas estadísticas y gráficas para resumir, visualizar y describir las características esenciales de los datos. Para ello, se empleará la herramienta Microsoft Excel, la cual nos brinda la capacidad de organizar y gestionar datos de manera eficiente.

En el contexto de esta investigación, se utilizarán medidas de tendencia central, principalmente la moda, para analizar los datos más frecuentes y contrastarlos con el estado del arte en el campo de estudio, el análisis de la moda se centrará en identificar los valores más frecuentes en cada variable de interés. Esto permitirá comprender la distribución de los datos y obtener una idea general de las tendencias predominantes, facilitando así la interpretación y permitiendo el desarrollo de estrategias o recomendaciones. Estas estrategias se centrarán en la implementación efectiva de tecnologías emergentes, como la Ciencia de Datos y sensores con IoT, con el objetivo de mejorar la eficacia y eficiencia en la gestión de proyectos dentro del sector de la construcción.

3.6.Consideraciones éticas

3.6.1. Análisis de consideraciones éticas

La implementación de tecnologías emergentes como los Dispositivos IoT y la Ciencia de Datos en la optimización de la gestión de proyectos de construcción civil, específicamente en proyectos de infraestructura vial en Medellín – Antioquia, requiere una atención cuidadosa a las consideraciones éticas. Las pautas éticas definidas por Uniminuto y la comunidad científica en general deben ser aplicadas rigurosamente para proteger tanto a las organizaciones involucradas como a la población objeto de investigación.

Aplicación de Consideraciones Éticas

Respeto a las Personas

El respeto a las personas fue un principio fundamental en este proyecto. Se aseguraron la privacidad, la autonomía y los derechos de todas las partes involucradas en todas las fases del proyecto mediante las siguientes acciones:

- **Consentimiento Informado:** Se implementaron procedimientos claros y transparentes para obtener el consentimiento informado de todas las personas cuyos datos fueron recopilados o utilizados. Las personas comprendieron claramente cómo se recopilarían, almacenarían y utilizarían sus datos, y tuvieron la opción de retirar su consentimiento en cualquier momento sin repercusiones.

- **Transparencia en el Uso de Datos:** Se garantizó la transparencia en la recolección y el uso de datos, proporcionando información accesible y comprensible sobre los objetivos del proyecto y el tratamiento de los datos personales.

Beneficencia

El proyecto buscó activamente el beneficio de todas las partes involucradas al investigar la implementación de tecnologías emergentes como el internet de las cosas IoT y ciencia de datos para mejorar la eficacia de la gestión de proyectos. Esto incluye:

- **Mejora de Resultados:** Asegurarse de que las tecnologías implementadas mejoren los resultados de los proyectos, beneficiando a la comunidad con infraestructuras más seguras y eficientes.
- **Innovación Responsable:** Adoptar un enfoque responsable en la implementación de tecnologías, buscando constantemente formas de optimizar procesos sin comprometer la seguridad ni la integridad de las personas.

Justicia

El principio de justicia guio todas las decisiones y acciones dentro del proyecto, asegurando equidad y no discriminación. Esto se garantizó mediante:

- **Imparcialidad en la Recolección y Análisis de Datos:** Se adoptaron medidas para asegurar que la recolección y análisis de datos fueran imparciales, evitando cualquier forma de discriminación basada en género, raza, orientación sexual u otras características personales.

- **Distribución Equitativa de Beneficios:** Los beneficios derivados del proyecto, como mejoras en la infraestructura vial, estuvieron disponibles para toda la comunidad sin importar su posición socioeconómica.

No Maleficencia

El proyecto evitó causar daño a cualquier persona o grupo involucrado. Esto se logró mediante:

- **Prevención de Riesgos:** Se identificaron y previnieron los riesgos asociados con la recolección y uso de datos, implementando salvaguardias para minimizar la posibilidad de resultados perjudiciales.

3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización

El instrumento de aceptación y autorización utilizado en el proyecto garantizó que se respetaran los derechos y la privacidad de todas las partes involucradas, asegurando una gestión ética y transparente de los datos y las actividades del proyecto. Este procedimiento no solo facilitó el cumplimiento normativo, sino que también fortaleció la confianza y la colaboración entre todas las partes interesadas, contribuyendo al éxito general del proyecto.

En la encuesta realizada a las organizaciones se incluye una declaración inicial para asegurar la conformidad con las normas y expectativas de todas las partes involucradas. A continuación, se presenta esta declaración:

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.

4. HIPÓTESIS

El sector de la construcción civil se enfrenta a constantes desafíos para optimizar la gestión de proyectos, buscando mejorar la eficiencia, la productividad y el control de costos. En este contexto, las tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y la ciencia de datos ofrecen un gran potencial para transformar la forma en que se ejecutan los proyectos de construcción.

En el caso de Medellín – Antioquia, ciudad en constante crecimiento y desarrollo, la optimización de la gestión de proyectos de infraestructura vial es crucial para garantizar el uso eficiente de los recursos públicos y el cumplimiento de los cronogramas establecidos. Es por ello que surge la necesidad de investigar y evaluar el impacto del uso de tecnologías emergentes en este ámbito.

4.1.Las variables

En el ámbito de la investigación científica, es fundamental establecer una clara distinción entre las variables independiente y dependiente para comprender la relación causal que se busca estudiar. En el contexto de este proyecto, la variable independiente y la variable dependiente juegan un papel crucial en la evaluación del impacto de la implementación de tecnologías emergentes como lo son el internet de las cosas IoT y ciencia de datos en la optimización de la gestión de proyectos de construcción civil, en el sector de infraestructura vial de la ciudad Medellín.

4.1.1. Variable(s) independiente(s)

La variable independiente en este estudio es la incorporación de tecnología en la gestión de proyectos, específicamente el uso de monitoreo en tiempo real con dispositivos IoT y ciencia de datos en la gestión de proyectos de construcción civil en infraestructura vial en Medellín – Antioquia.

4.1.2. Variable(s) dependiente(s)

La variable dependiente en este estudio es las buenas prácticas en la gestión de proyectos, medidas a través de la eficiencia, efectividad y calidad en la gestión de proyectos de construcción civil en infraestructura vial en Medellín – Antioquia.

4.2. Planteamiento de hipótesis

Esta investigación tiene como objetivo principal analizar el estado del arte y un sondeo mediante encuesta a organizaciones del sector sobre la implementación de tecnologías emergentes como los con el internet de las cosas mediante dispositivos IoT y ciencia de datos en la gestión de proyectos de construcción civil en proyectos de infraestructura vial de Medellín – Antioquia. A partir de una revisión exhaustiva de la literatura científica y estudios de caso relevantes, se busca identificar las mejores prácticas, los desafíos y las oportunidades que presenta la adopción de estas tecnologías en el contexto local.

Los resultados de este estudio pueden tener un impacto significativo en el sector de la construcción civil, proporcionando a las empresas constructoras, las entidades contratantes y las autoridades locales una visión completa de la implementación de estas tecnologías y las potenciales ventajas que pueden aportar a la optimización de la gestión de proyectos. Además, los hallazgos pueden servir como base para el desarrollo de estrategias y políticas públicas que fomenten la adopción de estas tecnologías en el sector de la construcción vial.

A continuación, se presenta el planteamiento de hipótesis:

El uso de tecnologías emergentes, como el monitoreo en tiempo real con dispositivos IoT y ciencia de datos, permitirá la optimización de la gestión de proyectos de construcción civil en proyectos de infraestructura vial de Medellín – Antioquia.

....

5. RESULTADOS

5.1. Resultado y análisis del instrumento

Los datos obtenidos a través de la encuesta realizada a las empresas constructoras en el sector de infraestructura vial de la ciudad de Medellín son cruciales para alcanzar el objetivo de esta investigación. Esta información nos permite comprender la situación actual del sector en cuanto a la adopción de tecnologías emergentes, así como las barreras y facilitadores que existen para su implementación. A continuación, se presentan los resultados de la encuesta a través de tablas de frecuencia, destacando la moda en cada pregunta para facilitar el análisis.

16. De acuerdo con la afirmación seleccione cuál nivel representa mejor la organización.

Tabla 1

Distribución de frecuencias para pregunta No 11

Criterio	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En implementación	En acción
Cuenta con estrategia de transformación digital formulada desde la alta dirección.	16,7%	33,3%	33,3%	16,7%	-
Cuenta con indicadores para medir nivel de la transformación digital.	33,3%	33,3%	33,3%	-	-
Tiene interés en la capacitación del talento humano en transformación digital.	16,7%	33,3%	33,3%	16,7%	-
Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).	33,3%	41,7%	16,7%	8,3%	-

Reconoce importancia que tiene el uso y análisis de información.	8,3%	33,3%	25,0%	33,3%	-
Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.	8,3%	33,3%	33,3%	16,7%	8,3%
Cuenta con claridad en los procesos y protocolos para llevar a cabo proyectos con alta incorporación tecnológica.	41,7%	16,7%	25,0%	16,7%	-
Reconoce los conceptos de tecnologías emergentes	33,3%	25,0%	16,7%	16,7%	8,3%

Nota: elaboración propia.

17. ¿En qué área de su empresa ha invertido en los dos últimos años?

Tabla 2

Distribución de frecuencias para pregunta No 12

Criterio	Nula inversión	Pequeña inversión	Mediana inversión	Gran inversión
Investigación y desarrollo.	41,7%	33,3%	25,0%	-
Producción de productos o servicios.	8,3%	33,3%	50,0%	8,3%
Procesos administrativos internos (Contabilidad, talento humano).	-	41,7%	50,0%	8,3%
Logística de recepción y distribución.	8,3%	33,3%	41,7%	16,7%
Comercial y ventas.	16,7%	41,7%	25,0%	16,7%
Sistemas de información (herramientas software).	-	58,3%	25,0%	16,7%

Nota: elaboración propia.

18. ¿En qué área de su empresa proyecta invertir en los próximos 5 años?

Tabla 3

Distribución de frecuencias para pregunta No 13

Criterio	Nula inversión	Pequeña inversión	Mediana inversión	Gran inversión
Investigación y desarrollo.	25,0%	41,7%	25,0%	8,3%
Producción de productos o servicios.	8,3%	41,7%	25,0%	25,0%
Procesos administrativos internos (Contabilidad, talento humano).	-	50,0%	25,0%	25,0%
Logística de recepción y distribución.	8,3%	41,7%	41,7%	8,3%
Comercial y ventas.		58,3%	25,0%	16,7%
Sistemas de información (herramientas software).		58,5%	25%	16,7%

Nota: elaboración propia.

19. De acuerdo con las siguientes afirmaciones seleccione cuál nivel representa mejor su organización.

Tabla 4

Distribución de frecuencias para pregunta No 14

Criterio	No se realiza	En algunos casos	En la mayoría de los casos	Se realiza permanentemente
Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de proveedores.	8.3%	58.3%	33.3%	
Implementa sistemas de información (herramientas software) para la gestión de clientes.	16.7%	33.3%	41.7%	8.3%
Analiza información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios.	8.3%	41.7%	50.0%	
Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus clientes.	9.1%	54.5%	27.3%	9.1%
Integra múltiples canales de comunicación en las interacciones con sus proveedores.	8.3%	41.7%	41.7%	8.3%
Cuenta con la planificación y dirección de la cadena de suministros desde los clientes hasta los proveedores.	16.7%	33.3%	33.3%	16.7%

Nota: elaboración propia.

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

Tabla 5

Distribución de frecuencias para pregunta No 15

Criterio	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Digitalización de trabajo con clientes.	8.3%	25.0%	50.0%	16.7%	-
Digitalización de trabajo con proveedores.	8.3%	16.7%	58.3%	16.7%	-
Intercambio de información digitalmente con socios, proveedores y clientes.	8.3%	-	66.7%	25.0%	-
Uso de múltiples canales de venta integrados para comercializar sus productos a sus clientes.	8.3%	25.0%	41.7%	25.0%	-
Sistema de precios dinámico y adaptado al cliente.	8.3%	16.7%	50.0%	16.7%	8.3%

Analiza los datos de los clientes para aumentar su conocimiento (situación personal, preferencias, ubicación, puntuación crediticia).	16.7%	-	50.0%	25.0%	8.3%
Diseña soluciones considerando los datos de los clientes.	16.7%	8.3%	33.3%	33.3%	8.3%

Nota: elaboración propia.

21. ¿Cuál de las siguientes tecnologías utiliza en su organización?

Tabla 6

Distribución de frecuencias para pregunta No 16

Criterio	Resultado
Sensores	16,7%
Dispositivos móviles	100,0%
Identificador de radiofrecuencia - RFID	-
Ciencia de datos para evaluación de información en tiempo real.	-
Sistemas de localización en tiempo real	41,7%
Big Data para almacenamiento de grandes volúmenes de datos	25,0%
Las tecnologías de la nube como infraestructura de TI escalable	50,0%
Inteligencia artificial para la toma de decisiones.	-
Sistemas de tecnologías de la información integrados	16,7%

Nota: elaboración propia.

22. De acuerdo con las máquinas y equipos de su organización. ¿Cuál es el grado de implementación de las siguientes funcionalidades?

Tabla 7

Distribución de frecuencias para pregunta No 17

Criterio	Nulo	Parcialmente	Implementado
Las máquinas y sistemas se pueden controlar a través de tecnologías.	41.7%	58.3%	-
Comunicación entre maquinas / sistemas - M2M	66.7%	33.3%	-
Capacidad de integrarse y colaborar con otras máquinas /	66.7%	33.3%	-

Nota: elaboración propia.

23. Su empresa realiza:

Tabla 8*Distribución de frecuencias para pregunta No 18*

Criterio	Resultados
Producción de bienes o productos	8,3%
Prestación de servicios	91,7%

Nota: elaboración propia.

24. Identifique el nivel de cumplimiento de las siguientes afirmaciones en su proceso de producción de bienes o productos.

Tabla 9*Distribución de frecuencias para pregunta No 19*

Criterio	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Tiene una visión en tiempo real de su producción			100.0%		
Su producción es lo suficientemente flexible para reaccionar a cambio en la demanda			100.0%		
Registra datos de máquinas o equipos			100.0%		
Registra datos de sus procesos de producción			100.0%		
Aprovecha los datos para tomar decisiones en el proceso de producción			100.0%		
Integración de tecnologías digitales en el proceso de producción			100.0%		
Usa herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la producción			100.0%		
Digitalización de la gestión de inventarios y recursos			100.0%		

Nota: elaboración propia.

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

Tabla 10*Distribución de frecuencias para pregunta No 20*

Criterio	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Nivel de integración de tecnologías digitales en la	9.1%	45.5%	27.3%	18.2%	-

prestación de nuestros servicios					
Uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia en la prestación de servicios		27.3%	45.5%	27.3%	-
Registran datos o información del proceso de prestación de servicios	9.1%	18.2%	36.4%	27.3%	9.1%
Aprovecha los datos y análisis digitales para tomar decisiones en la prestación de servicios	18.2%	9.1%	36.4%	27.3%	9.1%
Nivel de adopción de tecnologías de automatización en la entrega de servicios	18.2%	18.2%	45.5%	18.2%	-
Digitalización de la gestión de datos y registros en nuestra	18.2%	9.1%	45.5%	27.3%	-

Nota: elaboración propia.

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

Tabla 11

Distribución de frecuencias para pregunta No 21

Criterio	Si	Parcialmente	No	El área no existe
Investigación y desarrollo.	16.7%	41.7%	25.0%	16.7%
Producción de productos o servicios.	16.7%	58.3%	16.7%	8.3%
Procesos administrativos internos (contabilidad, talento humano, etc).	50.0%	50.0%	-	-
Logística, recepción y distribución.	41.7%	41.7%	16.7%	-
Comercial y ventas.	33.3%	25.0%	25.0%	16.7%

Nota: elaboración propia.

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

Tabla 12

Distribución de frecuencias para pregunta No 22

Criterio	Si	Parcialmente	No	El área no existe
Investigación y desarrollo.		58.3%	25.0%	16.7%
Producción de productos o servicios.	25.0%	41.7%	25.0%	8.3%

Procesos administrativos internos (contabilidad, talento humano, etc).	33.3%	66.7%		
Logística, recepción y distribución.	41.7%	41.7%	16.7%	
Comercial y ventas.	25.0%	33.3%	25.0%	16.7%

Nota: elaboración propia.

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

Tabla 13

Distribución de frecuencias para pregunta No 23

Criterio	Si	No, pero lo planeamos	No
Software desde la nube	58.3%	25.0%	16.7%
Para almacenamiento de datos	75.0%	25.0%	-
Para evaluación de datos	58.3%	25.0%	16.7%

Nota: elaboración propia.

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

Tabla 14

Distribución de frecuencias para pregunta No 24

Criterio	Resultados
Sin departamento de TI propio (implicación de un proveedor de servicios).	83,3%
Departamento central de TI.	8,3%
Departamento de TI descentralizado en las áreas especializadas (producción, desarrollo de productos, etc.).	8,3%
Expertos en TI integrados en los departamentos especializados.	-

Nota: elaboración propia.

30. Clasifique las siguientes afirmaciones de acuerdo con el nivel de cumplimiento de estos criterios en su organización

Tabla 15

Distribución de frecuencias para pregunta No 25

Criterio	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Equipos de última tecnología	16.7%	16.7%	58.3%	8.3%	-
Equipos o maquinas conectadas a servidores	8.3%	33.3%	41.7%	8.3%	8.3%

Nota: elaboración propia.

31. Califique las siguientes preguntas según la escala establecida:

Tabla 16

Distribución de frecuencias para pregunta No 26

Criterio	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.	16.7%	25.0%	25.0%	33.3%	-
Realiza evaluaciones y auditorías de seguridad de la información en su organización como parte de la estrategia de transformación digital.	16.7%	41.7%	16.7%	25.0%	-
Promueve la conciencia y la capacitación en seguridad de la información entre los empleados de acuerdo a la transformación digital.	8.3%	41.7%	25.0%	25.0%	-
Las medidas de respuesta ante incidentes de seguridad de la	8.3%	50.0%	25.0%	16.7%	-

Nota: elaboración propia.

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

Tabla 17

Distribución de frecuencias para pregunta No 27

Criterio	Resultados
No registra información de los procesos.	8,3%
Todos los procesos se registran en papel.	8,3%
Algunos procesos se registran en papel y otros están digitalizados.	50,0%
Todos los procesos están completamente digitalizados.	33,3%

Nota: elaboración propia.

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

Tabla 18

Distribución de frecuencias para pregunta No 28

Criterio	Resultados
No dispone de roles especializados.	8,3%
Se dispone de un rol especializado.	8,3%
Se dispone de varios roles especializados.	50,0%
Se dispone de una gran especialización de roles digitales claves para la Industria	33,3%

Nota: elaboración propia.

34. ¿Cómo evalúa las capacidades de sus empleados en relación con los requisitos futuros de la Industria 4?

Tabla 19

Distribución de frecuencias para pregunta No 29

Criterio	Irrelevante / no aplica	No capacitado	Capacitado, pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente
Infraestructura.	-	33.3%	58.3%	8.3%
Tecnología de automatización.	8.3%	58.3%	33.3%	-
Análisis de datos.	8.3%	58.3%	25.0%	8.3%
Seguridad de los datos.		58.3%	33.3%	8.3%
Seguridad de las comunicaciones.	-	41.7%	41.7%	16.7%
Software de colaboración.	-	53.3%	33.3%	8.3%
Desarrollo o aplicación de sistemas de asistencia.	-	66.7%	25.0%	8.3%
Habilidades no técnicas, como el pensamiento sistémico y la	-	75.0%	16.7%	8.3%

Nota: elaboración propia.

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

Tabla 20

Distribución de frecuencias para pregunta No 30

Criterio	Resultados
No hay una adopción significativa de sistemas inteligentes (aun utilizando sistemas manuales o semiautomáticos)	83,3%

Sistemas inteligentes introducidos parcialmente en áreas cruciales para superar las ineficiencias locales.	16.7%
Se adaptaron importantes sistemas inteligentes en toda la empresa que ayudaron a optimizar los procesos.	-

Nota: elaboración propia.

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

Tabla 21

Distribución de frecuencias para pregunta No 31

Criterio	Resultados
No se ha considerado todavía. No se contemplan beneficios/oportunidades.	41,7%
Se ha considerado pasar a la Industria 4.0 pero se desconoce cómo hacerlo.	33,3%
Se conocen los beneficios de la industria 4.0 y se tiene intención de implementarla.	16,7%
Se ha iniciado el proceso de implementación de la industria.	-

Nota: elaboración propia.

37. ¿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?

Tabla 22

Distribución de frecuencias para pregunta No 32

Criterio	Sin importancia	Importancia baja	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta
Inteligencia artificial.	25.0%	25.0%	25.0%	16.7%	8.3%
Fabricación aditiva.	41.7%	16.7%	16.7%	25.0%	-
Internet de las cosas.	8.3%	33.3%	25.0%	33.3%	-
Big data y análisis de datos.	25.0%	25.0%	16.7%	25.0%	8.3%
Realidad virtual y aumentada.	33.3%	25.0%	16.7%	16.7%	8.3%
Plataformas y comunicaciones.	-	33.3%	25.0%	33.3%	8.3%
Tecnologías en la nube (Cloud).	8.3%	25.0%	33.3%	33.3%	-
Ciberseguridad.	33.3%	33.3%	25.0%	8.3%	-
Marketing digital.	-	50.0%	16.7%	25.0%	8.3%

Formación y personas.	25.0%	33.3%	33.3%	8.3%	-
Robótica y automatización.	25.0%	25.0%	33.3%	16.7%	-

Nota: elaboración propia.

5.2.Discusión

El presente análisis se fundamenta en los resultados obtenidos en la investigación sobre la adopción de tecnologías emergentes en el sector de la construcción de infraestructura vial en la ciudad de Medellín. El objetivo principal radica en examinar los hallazgos en el contexto del estado del arte presentado en el Capítulo 2 de esta investigación, con el fin de identificar las áreas que requieren mayor atención y desarrollo.

5.2.1. Inversión en Sistemas de Información

Los resultados revelan un aumento en la inversión de recursos en sistemas de información (herramientas software) por parte de las empresas constructoras de Medellín. Esta tendencia coincide con los hallazgos de Li et al. (2020), quienes señalan que la aplicación de estas tecnologías en el sector de la construcción se encuentra en sus etapas iniciales, pero experimenta un crecimiento rápido. (Li et al., 2020)

5.2.2. Análisis de Datos de Clientes

Si bien las empresas constructoras analizan información de sus clientes para generar o mejorar productos o servicios, el nivel de diseño de soluciones para el manejo de datos de clientes se encuentra en un nivel medio. Esto contrasta con la ausencia de evidencia sobre el uso de Ciencia de Datos para la evaluación de información en tiempo real, lo cual permitiría un mejor análisis de la información.

En este sentido, la investigación de Bilal et al. (2019) resalta la importancia de establecer y monitorear márgenes de ganancia adecuados en proyectos de construcción, enfatizando que la toma de decisiones basada en datos es esencial. La falta de implementación de Ciencia de Datos podría estar limitando la capacidad de las empresas para optimizar sus márgenes de ganancia. (Bilal et al., 2019)

5.2.3. Nivel de Integración de Tecnologías Digitales

Los resultados de la encuesta indican un nivel bajo de integración de tecnologías digitales en la prestación de servicios. Esto se refleja en la práctica común de registrar la información generada por los procesos (producción, comercial, calidad, mantenimiento, administración, etc.) en papel o en formatos digitales no integrados.

Esta situación coincide con los hallazgos de Darko et al. (2020), quienes señalan que la aceptación del cambio y la realización de procesos de reingeniería en las organizaciones son aspectos críticos para la adopción de tecnologías digitales. Se destaca la necesidad de cambios organizativos, tecnológicos y culturales, incluyendo la formación del talento humano en nuevas formas de pensamiento, metodologías ágiles y manejo de grandes volúmenes de datos. (Darko et al., 2020)

5.2.4. Adopción de Sistemas Inteligentes

Los resultados muestran que el 83.3% de las constructoras no utilizan sistemas inteligentes, lo que les impide aprovechar los beneficios de estas tecnologías. El estudio de Zixin

& Yaowo (2017) demuestra la eficacia de las tecnologías en los procesos de construcción, mejorando los niveles de gestión. (Zixin & Yaowo, 2017)

5.2.5. Importancia de las soluciones y tecnologías relacionadas con los habilitadores de Industria 4.0

Se logra evidenciar que el nivel de importancia otorgado por las organizaciones a las soluciones y tecnologías relacionadas con los habilitadores de Industria 4.0 oscila entre baja importancia e importancia media. Esto indica una etapa muy temprana en la implementación de estas tecnologías en las empresas del sector de la construcción vial. Esta situación contrasta con la investigación de Akinosho et al. (2020), que argumenta cómo el aprendizaje profundo puede aplicarse con éxito en el sector de la construcción, ofreciendo resultados significativos en términos de productividad. Por lo tanto, nos encontramos en una fase inicial de adopción de estas tecnologías en este sector. (Akinosho et al., 2020)

5.3. Lineamientos y recomendaciones para el sector vial en Medellín

La optimización de la gestión de proyectos de construcción civil en infraestructura vial es un aspecto fundamental para el éxito de estos proyectos en Medellín – Antioquia. La adopción de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), la Ciencia de Datos y otras herramientas digitales representa un cambio radical en la forma en que se planifican, ejecutan y controlan estos proyectos, conduciendo a una mayor eficiencia, productividad, calidad y seguridad.

En esta investigación se ha evidenciado ampliamente el impacto positivo que las tecnologías emergentes tienen en la gestión de proyectos, por lo cual se presenta las siguientes recomendaciones para aplicar en el sector:

- Fomentar la inversión en Ciencia de Datos: implementar tecnologías de ciencia de datos y capacitar al personal en el uso de esta herramienta para soluciones y evaluación de información en tiempo real, permitiendo una toma de decisiones y optimización de procesos acorde con estos análisis.
- Promover la integración de tecnologías digitales: Implementar soluciones tecnológicas que integren la información generada por los diferentes procesos de la empresa, mejorando la eficiencia y la productividad.
- Impulsar cambios organizativos y culturales: Generar una cultura de apertura al cambio y la innovación, fomentando la adopción de nuevas tecnologías y metodologías de trabajo.
- Fortalecer la formación del talento humano: Brindar capacitación al personal en el manejo de grandes volúmenes de datos, nuevas formas de pensamiento y metodologías ágiles, permitiéndoles adaptarse a las demandas de la industria 4.0.
- Incentivar la adopción de sistemas inteligentes: Promover la implementación de sistemas inteligentes en los procesos de construcción, destacando sus beneficios en términos de eficiencia, productividad y calidad.
- Aumentar la relevancia de los habilitadores de Industria 4.0: Difundir el conocimiento sobre los beneficios de los habilitadores de Industria 4.0 y brindar apoyo a las empresas para su implementación efectiva.

6. CONCLUSIONES

El sector de la construcción vial se encuentra en una etapa de transformación significativa, impulsado por la adopción de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), la ciencia de datos y la Industria 4.0. Este estudio ha explorado el estado actual de la implementación de estas tecnologías en el ámbito de la construcción vial en Medellín – Antioquia, identificando los principales hallazgos, desafíos y oportunidades que presenta este panorama tecnológico.

Hallazgos clave

La investigación revela un creciente interés por parte de las empresas constructoras de Medellín en incorporar tecnologías emergentes en sus procesos. El aumento en la inversión en sistemas de información evidencia una clara conciencia del potencial de estas herramientas para mejorar el rendimiento y la competitividad del sector.

Sin embargo, el estudio también destaca la necesidad de avanzar en la integración y el aprovechamiento efectivo de estas tecnologías. Es fundamental profundizar en el análisis de datos mediante la ciencia de datos, permitiendo una toma de decisiones más informada y oportuna. Así mismo, se requiere una mayor integración de las tecnologías digitales en todos los procesos de las empresas, desde la planificación hasta la ejecución y el control de proyectos.

En cuanto a la adopción de sistemas inteligentes, los resultados muestran un margen de mejora significativo. La implementación de estas tecnologías, capaces de automatizar tareas y optimizar procesos, tiene un gran potencial para mejorar la eficiencia y la calidad de las obras.

Finalmente, el estudio resalta la baja importancia que aún se otorga a las tecnologías de Industria 4.0, un conjunto de tecnologías disruptivas que transforman la forma en que se opera en diversos sectores. La industria de la construcción vial no es ajena a este potencial transformador, pero se requiere un mayor conocimiento y comprensión de sus beneficios para impulsar su adopción.

Desafíos y oportunidades

La adopción de tecnologías emergentes en el sector de la construcción vial de Medellín – Antioquia presenta tanto desafíos como oportunidades. Entre los principales desafíos se encuentran:

Necesidad de fortalecer las capacidades en ciencia de datos: Es fundamental capacitar al personal en el uso y manejo de herramientas de ciencia de datos, permitiendo el análisis y la gestión efectiva de grandes volúmenes de información.

Gestión de las limitaciones presupuestarias: La inversión en nuevas tecnologías puede representar un costo significativo para las empresas, especialmente para las pequeñas y medianas. Se requieren estrategias de financiamiento y modelos de inversión adaptados a las realidades del sector.

Gestión del cambio organizacional y cultural: Los cambios organizacionales y culturales necesarios para adoptar nuevas tecnologías pueden encontrar resistencia. Se requiere un enfoque integral que fomente la comunicación, la capacitación y el involucramiento de todos los actores involucrados.

Establecimiento de estándares de interoperabilidad: La falta de interoperabilidad entre los diferentes sistemas y tecnologías puede dificultar la integración de datos y la comunicación

fluida. Se requiere el desarrollo e implementación de estándares que faciliten la comunicación entre las diferentes plataformas.

A pesar de estos desafíos, las oportunidades que ofrecen las tecnologías emergentes son considerables:

Mejora en la eficiencia y la productividad: La automatización de tareas, la optimización de procesos y la toma de decisiones basada en datos pueden conducir a una reducción significativa de costos y tiempos de ejecución.

Mayor calidad de las obras: La monitorización en tiempo real, el control de calidad automatizado y la detección temprana de problemas pueden mejorar sustancialmente la calidad de las infraestructuras construidas.

Mayor seguridad en el trabajo: La implementación de sistemas de seguridad inteligentes y la reducción de la exposición humana a riesgos laborales pueden contribuir a un entorno de trabajo más seguro.

Innovación y nuevos modelos de negocio: La adopción de tecnologías emergentes puede abrir la puerta a nuevas formas de diseñar, construir y gestionar proyectos de infraestructura vial, impulsando la innovación y la competitividad del sector.

Instrumento de Evaluación

El instrumento de evaluación utilizado en esta investigación, encuesta en línea distribuida a través de un enlace web, demostró ser efectivo para recolectar datos precisos y relevantes. La plataforma en línea garantizó la seguridad y organización de la información, permitiendo un

análisis estadístico riguroso. Esta metodología aseguró la recopilación de datos confiables y válidos, proporcionando una base sólida para alcanzar los objetivos planteados en el estudio.

Las estrategias propuestas para responder adecuadamente a los objetivos planteados incluyen la promoción de programas de capacitación en ciencia de datos y el uso de tecnologías emergentes, el desarrollo de modelos de financiamiento adaptados a las necesidades del sector y la implementación de estándares de interoperabilidad. Además, se recomienda fomentar una cultura organizacional que valore la innovación y la adopción de nuevas tecnologías, mediante campañas de sensibilización y la participación de todos los actores involucrados en el proceso de transformación tecnológica.

Recomendaciones para un futuro transformado digitalmente

Para aprovechar al máximo las oportunidades que ofrecen las tecnologías emergentes en el sector de la construcción vial de Medellín – Antioquia, se proponen las siguientes recomendaciones:

Fomentar la inversión en ciencia de datos:

Establecer programas de formación en ciencia de datos: Diseñar e implementar programas de formación especializados para el personal del sector de la construcción, brindándoles las habilidades y conocimientos necesarios para el análisis y la gestión de datos.

Promover la colaboración entre empresas y academia: Fomentar la colaboración entre las empresas constructoras y las universidades o centros de investigación para desarrollar e implementar soluciones de ciencia de datos específicas para el sector.

Adoptar plataformas y herramientas tecnológicas: Facilitar la adopción de plataformas y herramientas tecnológicas que faciliten el análisis y la gestión de grandes volúmenes de datos, permitiendo la extracción de información valiosa para la toma de decisiones.

Impacto en el campo de estudio

Este estudio contribuye al campo de estudio de la gestión de proyectos de construcción civil de varias maneras:

Proporciona una visión general actualizada de la implementación de tecnologías emergentes en el sector de la construcción vial.

Identifica los desafíos y las oportunidades que enfrentan las empresas constructoras al adoptar estas tecnologías.

Propone recomendaciones para que las empresas y las entidades gubernamentales fomenten la adopción de tecnologías emergentes en el sector.

Nuevos temas de investigación

A partir de los hallazgos de este estudio, se sugieren los siguientes temas de investigación para futuras investigaciones:

Análisis en profundidad del uso de ciencia de datos para la optimización de proyectos de construcción civil.

Estudios de caso sobre la implementación exitosa de sistemas inteligentes en proyectos de construcción vial.

Evaluación del impacto de las tecnologías de Industria 4.0 en la productividad, la eficiencia y la calidad de los proyectos de construcción vial.

Análisis de las barreras culturales y organizacionales para la adopción de tecnologías emergentes en el sector de la construcción vial.

En general el estudio realizado sobre la adopción de tecnologías emergentes en el sector de la construcción vial en Medellín – Antioquia revela un panorama de oportunidades y desafíos. Si bien existe un creciente interés en la implementación de estas tecnologías, como lo demuestra el aumento en la inversión en sistemas de información, aún queda un largo camino por recorrer para aprovechar al máximo su potencial.

Se identificó la necesidad de un mayor análisis de datos mediante la ciencia de datos, la integración de tecnologías digitales en los procesos, la adopción de sistemas inteligentes y el reconocimiento de la importancia de las tecnologías de Industria 4.0. Para superar estos desafíos, se proponen recomendaciones como fomentar la inversión en ciencia de datos, promover la integración tecnológica, impulsar cambios organizacionales y culturales, fortalecer la formación del talento humano, incentivar la adopción de sistemas inteligentes y aumentar la relevancia de los habilitadores de Industria 4.0.

La adopción efectiva de estas tecnologías emergentes tiene el potencial de transformar el sector de la construcción vial en Medellín – Antioquia, mejorando la eficiencia, la productividad, la calidad y la seguridad de los proyectos de infraestructura vial. Se requiere un esfuerzo conjunto por parte de las empresas constructoras, las entidades gubernamentales y las instituciones educativas para crear un entorno propicio para la adopción de estas tecnologías y así impulsar el desarrollo sostenible de la ciudad.

Referencias

- Akbari, S. (2018). Building a rough sets-based prediction model for classifying large-scale construction projects based on sustainable success index.
- Akinosho, T. D., Oyedele, L. O., Bilal, M., Ajayi, A. O., Delgado, M. D., Akinade, O. O., & Ahmed, A. A. (2020). Deep learning in the construction industry: A review of present status and future innovations.
- Alcaldía de Medellín. (2020). Plan de Desarrollo Medellín Futuro 2020 – 2023.
- Álvarez, O. de J. J. (2021). Las Tecnologías Emergentes en la Sociedad del Aprendizaje. *Revista Científica Hallazgos*21, 6(1), 101-110.
- Ameijide García, L. (2016). Gestión de proyectos según el PMI.
- Araújo-Rey, C., & Sebastián, M. A. (2021). Evaluación del uso de software de visualización y análisis de datos en el desarrollo de proyectos de construcción industriales.
- Bilal, M., Oyedele, L. O., Kusimo, H. O., Owolabi, H. A., Akanbi, L. A., Ajayi, A. O., Akinade, O. O., & Davila Delgado, J. M. (2019). Investigating profitability performance of construction projects using big data: A project analytics approach.
- Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 80 de 1993—Contratación Pública.
- Congreso de la República de Colombia. (2007). Ley 1150 de 2007—Contratación Pública.
- Congreso de la República de Colombia. (2009). Ley 1341 de 2009—Ley de TIC.
- Congreso de la República de Colombia. (2012a). Ley 1508 de 2012—Asociaciones Público-Privadas (APP).
- Congreso de la República de Colombia. (2012b). Ley 1581 de 2012—Protección de Datos Personales.
- Darko, A., Chan, A. P. C., Adabre, M. A., Edwards, D. J., Hosseini, M. R., & Ameyaw, E. E. (2020). Artificial intelligence in the AEC industry: Scientometric analysis and visualization of research activities.

Ferrovial. (s. f.). Tecnologías emergentes. Ferrovial. <https://www.ferrovial.com/es/innovacion/digital-hub/tecnologias-emergentes/>

Fonseca, B. B., Cornelio, O. M., & Pupo, I. P. (2021). Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software. *Revista Cubana de Informática Médica*, 13(2).

García, J., Molina, J., Berlanga, A., Patricio, M., Bustamante, A., & Padilla, W. (2018). *Ciencia de datos. Técnicas Analíticas y Aprendizaje Estadístico*. Bogotá, Colombia. Publicaciones Altaria, SL.

Hooda, Y., Kuhar, P., Sharma, K., & Verma, N. K. (2021). Emerging Applications of Artificial Intelligence in Structural Engineering and Construction Industry.

Hosseini, R., Chileshe, N., Zou, J., & Baroudi, B. (2012). Approaches of implementing ICT technologies within the construction industry. 1(2), 1-12.

Huang, Y., Shi, Q., Zuo, J., Pena-Mora, F., & Chen, J. (2021). Research Status and Challenges of Data-Driven Construction Project Management in the Big Data Context.

Jiang, Y., & He, X. (2020). Overview of Applications of the Sensor Technologies for Construction Machinery.

Lemus-Delgado, D., & Pérez Navarro, R. (2020). Ciencia de datos y estudios globales: Aportaciones y desafíos metodológicos. *Colombia Internacional*, 102, 41-62.

Li, C. Z., Zhao, Y., Xiao, B., Yu, B., Tam, V. W. Y., Chen, Z., & Ya, Y. (2020). Research trend of the application of information technologies in construction and demolition waste management.

MinTIC. (2019). Ley 1955 del 2019—Ley de Transformación Digital.

MinTIC. (2022). Decreto 1263 de 2022—Lineamientos y estándares aplicables a la transformación digital pública.

Pan, J., & Rao, Y. (2021). Research on digital collaborative management model of engineering projects based on BIM and IPD.

Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide) (7th ed.)*.

- Qian, Z., Yang, X., Xu, Z., & Cai, W. (2021). Research on Key Construction Technology of Building Engineering under the Background of Big Data.
- Sacks, R., Brilakis, I., Pikas, E., Xie, H. S., & Girolami, M. (2020). Construction with digital twin information systems.
- Salem, T., & Dragomir, M. (2022). Options for and Challenges of Employing Digital Twins in Construction Management.
- StartupEable. (s. f.). Tecnologías emergentes [<https://startupeable.com/glosario/tecnologias-emergentes/>].
- Tang, D., & Liu, k. (2022). Exploring the Application of BIM Technology in the Whole Process of Construction Cost Management with Computational Intelligence.
- Universidad Internacional de La Rioja. (s. f.). Metodologías PMI.
<https://www.unir.net/ingenieria/revista/metodologias-pmi/#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20de%20proyectos%20consiste,de%20manera%20eficiente%20y%20eficaz>
- Vidal Ledo, M. J., Delgado Ramos, A., Gutiérrez Vera, D., & Rodríguez Díaz, A. (2023). Ciencia de Datos en Salud. *Educación Médica Superior*, 37(1).
- VQ Ingeniería. (2022). ¿Por qué son importantes los proyectos de infraestructura para el desarrollo de un país?
- Wrike. (2023). ¿Qué es la gestión de la integración de proyectos?
- You, Z., & Wu, C. (2019). A framework for data-driven informatization of the construction company.
- Zabala Vargas, S. A. (2023). Inteligencia Artificial, Big-Data Y Ciencia De Datos Para La Optimización De La Gestión De Proyectos En Colombia.
- Zabala-Vargas, S., Jaimes-Quintanilla, M., & Jimenez-Barrera, M. H. (2023). Big Data, Data Science, and Artificial Intelligence for Project Management in the Architecture, Engineering, and Construction Industry: A Systematic Review. *Buildings*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/buildings13122944>
- Zixin, H., & Yaowo, W. (2017). The Applied Exploration of Big Data Technology in Prefabricated Construction Project Management.

