

Artículo de Investigación

Tecnologías 4.0 (IOT y ciencia de datos) orientada a optimizar la gestión de proyectos de construcción

Technologies 4.0 (IOT and data science) aimed at optimizing the management of construction projects

Sergio Zabala-Vargas¹: Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia.

sergio.zabala@uniminuto.edu

María Jaimes-Quintanilla: Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia.

maria.jaimes.q@uniminuto.edu

Fecha de Recepción: 05/06/2024

Fecha de Aceptación: 19/11/2024

Fecha de Publicación: 19/02/2025

Cómo citar el artículo

Jaimes-Quintanilla, M. y Zabala-Vargas, S. (2025). Tecnologías 4.0 (IOT y ciencia de datos) orientada a optimizar la gestión de proyectos de construcción [Technologies 4.0 (IOT and data science) aimed at optimizing the management of construction projects.]. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 01-20. <https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1621>

Resumen

Introducción: Este artículo presenta una investigación con el objetivo de establecer los niveles de apropiación de tecnologías emergentes, principalmente ciencia de datos e Internet de las cosas-IoT, en la gestión de proyectos del sector de la construcción. **Metodología:** Se llevó a cabo una investigación cuantitativa centrada en una revisión de literatura y el establecimiento del nivel de madurez tecnológica en la gestión de proyectos en Colombia. Se contó con la participación de 97 empresas. **Resultados:** Los resultados muestran alto interés del sector productivo y de la comunidad académica en el uso de las tecnologías relacionadas

¹ Autor Correspondiente: Sergio Zabala-Vargas. Corporación Universitaria Minuto de Dios (Colombia).

para la gestión de proyectos, priorizando áreas como costos, calidad, tiempos, alcance y riesgos. La incorporación estrategias innovadoras para la gestión de proyectos son claves para el sector **Discusión:** Los resultados son consecuentes con una temática de interés incremental en la comunidad académica. Se viene desarrollando ampliamente los conceptos a nivel internacional y se proyecta consolidación en Colombia. **Conclusiones:** El sector de la construcción Colombia tiene un importante camino en la incorporación de tecnologías emergentes, sin embargo existe el interés y disposición para realizarlo y aplicarlos en sus diferentes ciclos de vida de proyecto.

Palabras clave: gestión de proyectos; Ciencia de datos; Internet de las cosas; sector construcción; cadena de valor; revisión sistemática; gestión de costos; gestión de tiempos.

Abstract

Introduction: This article presents a research with the objective of establishing the levels of appropriation of emerging technologies, mainly data science and Internet of Things-IoT, in project management in the construction sector. **Methodology:** A quantitative research focused on a review of international literature and the establishment of the level of technological maturity in project management in Colombia was carried out. Ninety-seven companies participated. **Results:** The results show high interest of the productive sector and the academic community in the use of technologies related to project management, prioritizing areas such as costs, quality, time, scope and risks. The incorporation of innovative strategies for project management are key for the sector **Discussion:** The results are consistent with a topic of increasing interest in the academic community. Concepts are being widely developed internationally and consolidation is projected in Colombia. **Conclusions:** The Colombian construction sector has a long way to go in the incorporation of emerging technologies, however there is interest and willingness to do so and apply them in their different project life cycles.

Keywords: project management; Data Science; Internet of things; construction sector; value chain; systematic review; cost management; time management.

1. Introducción

El sector de la construcción y desarrollo de obras civiles es un pilar fundamental de la economía global, destacándose por su dinamismo y su capacidad para impulsar el crecimiento económico. Según Oxford Economics (2021) se espera que el valor de mercado del sector alcance aproximadamente los 14.7 billones de dólares para el año 2030. Este sector no solo es crucial desde la perspectiva económica, sino también como un gran empleador, estimando que más de 200 millones de personas trabajan en este ámbito a nivel mundial. La construcción contribuye al menos el 13% del Producto Interno Bruto (PIB) global, reflejando su papel esencial en el desarrollo económico y la infraestructura. En el contexto colombiano, el sector de la construcción también desempeña un papel crítico en la economía nacional. De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2022), durante el tercer trimestre del año 2022, el sector contribuyó cerca del 14% al Producto Interno Bruto del país. Este sector no solo es un importante motor de crecimiento económico, sino que también es un significativo empleador, con más de 1.700.000 personas trabajando en este campo a lo largo del territorio nacional. La industria de la construcción en Colombia ha mostrado una resiliencia notable, especialmente en la recuperación post-pandemia del Covid-19, posicionándose como un sector clave para impulsar la recuperación y el desarrollo económico futuro.

A pesar de la relevancia del sector, este enfrenta desafíos significativos que requieren atención y acción estratégica para asegurar su crecimiento sostenible. Estos desafíos incluyen

la necesidad de modernización, la integración de nuevas tecnologías, y mejorar la gestión y eficiencia de los proyectos para mantener su competitividad tanto en el mercado local como internacional. Estos problemas son multifacéticos e incluyen dificultades en planeación, fallas en la comunicación, gestión ineficiente del alcance del proyecto, control de costos y gestión de riesgos. A continuación, se detallan estos retos: A) Problemas de calidad en los proyectos, defectos de materiales y reclamaciones de clientes insatisfechos (Cooke y Williams, 2013; Saka *et al.*, 2023); B) Retos en el control de costos, generando malas estimaciones iniciales, inflación e precios y en general exceso en el presupuesto (Netscher, 2014); C) Dificultades en la gestión de riesgos, incluyendo demoras en las entregas, problemas de calidad, desafíos de seguridad, y escasez de financiamiento (Larson & Gray, 2014); D) Imprecisa gestión del alcance, considerando la incorporación de cambios no autorizados y la falta de claridad en la inclusión de aspectos claves del proyecto (Lester, 2013) y E) Fallas de comunicación con las partes interesadas, generando malos entendidos, errores de ejecución y afectación del éxito del proyecto (Akbari *et al.*, 2018; Cooke & Williams, 2013; Loyola, 2018).

Todos estos desafíos se vienen gestionando en los últimos años con el manejo de nuevas tecnologías, entre las que se destacan: A-) Inteligencia artificial, la cuál facilita la toma de decisiones por parte de las máquinas “que aprenden” y la automatización de procesos en la dinámica proyectual (Boden, 2017; Rouhiainen, 2018); B-) La Ciencia de datos, orientada a la toma de decisiones a partir de la extracción de información relevante de los datos, facilitando la determinación de tendencias, perfilamiento de patrones y toma de decisiones (Haider, 2015; Kelleher & Tierney, 2018; Zabala-Vargas, Jaimes-Quintanilla, *et al.*, 2023), C-) Big-Data, comprendido como la administración de grandes volúmenes de datos (captura, gestión, almacenamiento y análisis) para generar información relevante y consolidar la interoperabilidad de los datos (Chang & Grady, 2019; Gupta & Rani, 2019) y D-) IoT, también conocido como Internet de las cosas, que permite el monitoreo en tiempo real de las obras, lo que mejora la seguridad y la gestión de recursos. Aquí se incorporan sensores que pueden proporcionar datos instantáneos sobre condiciones críticas de trabajo y rendimiento del material, lo que permite intervenciones oportunas para prevenir incidentes y garantizar el cumplimiento de los plazos y presupuestos (Abdelouahid *et al.*, 2021; Cheng *et al.*, 2020). Con los antecedentes hasta este punto descritos se ha motivado el desarrollo de la presente investigación, que se orienta al reconocimiento de tecnologías emergentes (principalmente Ciencia de Datos e Internet de las Cosas-IoT) para incrementar la calidad en la gestión de proyectos del sector de la construcción; partiendo de un reconocimiento del estado de arte de la temática a nivel mundial y conectándolo con la realidad de incorporación tecnológica (madurez de transformación digital) del sector (Wu & AbouRizk, 2023).

2. Objetivo de la investigación

Este documento describe una investigación soportada por la Corporación Universitaria Minuto de Dios (universidad privada en Colombia); denominada: *Inteligencia artificial, big-data y ciencia de datos para la optimización de la gestión de proyectos en el sector de la construcción en Colombia- Etapa de consolidación*. En este artículo se pretende establecer algunas recomendaciones y estrategias para la incorporación de tecnologías emergentes (particularmente Ciencia de Datos e Internet de las cosas-IoT) en la gestión de proyectos del sector de obra civil y construcción. La intencionalidad principal es poder fomentar la optimización de la administración de las organizaciones y facilitar la toma de decisiones en estas.

3. Marco teórico

Teórica y conceptualmente, el presente artículo se fundamenta en tres grandes áreas: desafíos en la gestión de proyectos, Ciencia de Datos y Big-Data; y el Internet de las cosas-

IoT. Estos temas serán desarrollados con detalle a continuación:

3.1. Principales desafíos en la gestión de proyectos de obra civil

La gerencia de proyectos es un área de alta complejidad y requiere el desarrollo de habilidades y fortalezas de múltiples dimensiones (Mulcahy, 2013; Project Management Institute, 2017). Particularmente cuando se hace referencia a la gestión de proyectos de construcción existe un conjunto de desafíos a tener muy en cuenta (Feng, 2022; Lester, 2013):

- **Gestión de los tiempos:** El desarrollo de los proyectos, tanto en fase de diseño como constructiva, suelen tener plazos ajustados y con alta incertidumbre, en muchas ocasiones por efectos de permisos de construcción, restricciones del contexto, factores climáticos, entre otros.
- **Gestión de costos y presupuestos:** Mantener el proyecto dentro de los valores establecidos en la línea base es otro gran desafío de la gestión en la construcción. La planificación y determinación de costos reales requiere amplia atención.
- **Gestión de riesgos:** Identificar, gestionar y realizar contingencias a los riesgos es también una tarea demandante. Entre los aspectos más importantes están los cambios de requisitos, problemas de calidad, retrasos en entregas de materiales, accidentes del personal, entre otros.
- **Modificaciones y ajustes en los diseños originales:** Es muy probable que suceda esta situación, ya que los diseños muchas veces cambian por nuevas especificaciones, imprevistos en el desarrollo, necesidades cambiantes, entre otros.
- **Regulaciones y sostenibilidad:** Hoy en día, la sostenibilidad y el cumplimiento de las normativas medioambientales son aspectos fundamentales en la realización de proyectos de construcción. La gestión de estos proyectos requiere garantizar que se respeten todas las regulaciones aplicables y que se adopten prácticas sostenibles a lo largo de todo el proceso constructivo.

Todo lo anterior debe articularse con el contexto actual del sector, y la apuesta del mismo se encuentra orientada hacia la incorporación de BIM (Building Information Modeling); incluso existiendo apuestas claras como país a través de la Estrategia Nacional BIM 2020-2026 (Gobierno Nacional de Colombia, 2020). BIM se comprende con un modelo, basado en estrategias colaborativas y utilizando tecnología, para la gestión integral de proyectos; es decir abordar desde la concepción, el diseño, la ejecución, el seguimiento y el cierre de los proyectos. Esta estrategia busca integrar datos como características físicas, funcionales y temporales del proyecto (Begić & Galić, 2021). En ese sentido, articular la incorporación de tecnologías emergentes como las presentadas a continuación, con las rutas y estrategias propuestas por la metodología BIM (Building Information Modeling); se convierte en otro elemento clave para la consecución de las metas de esta propuesta, apuntando hacia la eficiencia en la gestión de proyectos del sector constructor y la orientación de estimular una toma de decisiones pertinente (Leśniak *et al.*, 2021; Parsamehr *et al.*, 2023).

3.2. Ciencia de Datos y Big-Data

La gestión de la información propia de la gestión de proyectos, de las herramientas tecnológicas, de los procesos metodológicos y de las realidades del sector de interés (construcción y obra civil) en el contexto de la región; son elementos claves a considerar en este proyecto. Es por esta razón que la Ciencia de datos y la gestión de grandes datos (Big-Data) son necesarios de revisar en este marco conceptual. El primero a considerar en esta sección es el concepto de Big-Data, comprendido como el uso de grandes conjuntos de datos para analizar patrones, tendencias y comportamientos (Gupta & Rani, 2019; International Data Corporation, 2020). El Big-Data se suele asociar, según algunos recursos nemotécnicos,

a las 7 V's, es decir: Volumen (cantidad de datos), Velocidad (interconexiones y rapidez de creación, almacenamiento y procesamiento de datos), Variedad (diferentes formatos, tipos y fuentes), Veracidad (asociado a la incertidumbre de los datos, en otros términos grado de fiabilidad), Viabilidad (uso eficaz que se le pueden dar a los datos), Visualización (modo de presentación de los datos) y Valor (datos transformador en información que se convierte en conocimiento). Para el desarrollo del Big-Data se requieren sistemas de almacenamiento y procesamiento distribuido, algoritmos de análisis de datos, técnicas de minería de datos, entre otros (Mayer-Schönberger & Cukier, 2013).

Un segundo concepto que se ha popularizado bastante es la Data Science (Ciencia de Datos), entendida como la disciplina encargada de extraer información valiosa de los grandes conjuntos de datos. Esta estrategia combina diferentes elementos estadísticos, matemáticos, programación y dominio del tema para poder extraer información valiosa y generar conocimiento a partir de los datos (conexión clara con el Big-Data) (Haider, 2015). El proceso de Ciencia de Datos involucra varias fases, que incluyen la recopilación y limpieza de datos, la exploración y visualización de datos, el modelado y el análisis estadístico, y la interpretación y comunicación de los resultados. La Ciencia de Datos utiliza herramientas y técnicas avanzadas, como el aprendizaje automático, la minería de datos, la visualización de datos y la inteligencia artificial para extraer información relevante de los conjuntos de datos. Como metas de esta tecnología se considera la identificación de tendencias y segmentaciones en un mercado, la caracterización y perfilamiento de stakeholders, facilitar el manejo del riesgo, entre otros (Kelleher & Tierney, 2018). Un reto que enfrenta el sector de la construcción y que este proyecto espera afrontar es la adopción de este tipo de tecnologías en pequeñas y medianas empresas. En ese sentido afrontar aspectos externos (retos en el mercado, competencia, efecto de la pandemia COVID-19) e internos (falta de estrategia, cultura organizacional, capacidades de los colaboradores) son elemento fundamental para ser estudiado y abordado desde la presente investigación (Justy *et al.*, 2023)

Finalmente, es interesante observar como la literatura más actualizada muestra la gran influencia de la Ciencia de datos (y el Big-Data) en la productividad de las organizaciones, así como en su capacidad de innovación. Elementos tan importantes en la actualidad como la gestión de grandes datos en proyectos de construcción, orientados a mitigar el cambio climático, a la transición energética y al fomento de la sostenibilidad es fundamental que se consideren al incorporar estas tecnologías; y el presente proyecto busca aportar en ese sentido (Sivarajah *et al.*, 2024).

3.3. Internet de las cosas-IoT

El concepto de Internet de las cosas - IoT ha cobrado amplia relevancia en los últimos años en diferentes sectores económicos, y el sector de la construcción y obra civil no ha sido la excepción; recurriendo al monitoreo de variables, la comunicación de estas hacia entornos digitales, el almacenamiento, tratamiento y generación de conclusiones para la toma de decisiones en el sector (Abdelouahid *et al.*, 2021; Coiduras-Sanagustín *et al.*, 2024; Vakalis *et al.*, 2023). Conceptualmente, el Internet de las cosas (IoT en sus siglas en inglés) se refiere a la articulación de diferentes objetos conectados a la red de datos, principalmente orientado al registro de variables de interés (seguramente a través de sensores). Se ha generado en los últimos años un incremento exponencial en el número de sensores en diferentes aplicaciones, los cuales se vienen desplegando en ciudades y zonas rurales, básicamente para tener información en "tiempo real" y poder tomar decisiones al respecto (Abdelouahid *et al.*, 2021; Katiyar & Kumar, 2021; Soori *et al.*, 2023). En el sector de la construcción, la aplicación del IoT se ha fortalecido en cuatro aspectos: Gestión de edificios inteligentes (buscando eficiencia en iluminación, climatización y gestión energética), la monitorización de infraestructura (recopilación de datos para prevenir y predecir fallas), la seguridad y vigilancia (IoT aplicado a la supervisión de edificaciones en términos de intrusión, incendios y otras emergencias); y

la gestión de la cadena de suministro ,orientada la rastreo y gestión de activos (Katiyar & Kumar, 2021).

Para el caso de mayor interés en este artículo, asociado a la gestión integral de proyectos (en fase de diseño y constructiva), el monitoreo de variables como temperatura ambiente, humedad, radiación solar, velocidad del viento, entre otros; son muy importantes para la gestión climática de las edificaciones (Palme *et al.*, 2016). La salud estructural de los proyectos de construcción, orientado a garantizar la calidad, también ha evolucionado bastante en los últimos años; y en ese sentido el monitoreo de esta salud estructural, a través de IoT, se ha popularizado. Este fenómeno es multivariado (depende de materiales, transporte, instalación, mano de obra, entre otros), y por eso articular el IoT y la Inteligencia es clave, y elemento importante en el desarrollo de este proyecto (Elkateb *et al.*, 2024; Mishra *et al.*, 2022)

4. Metodología

Para el desarrollo de esta investigación, el paradigma seleccionado fue el cuantitativo. El procedimiento realizado se divide en dos grandes áreas: un análisis bibliométrico de la temática específica, para determinar la apropiación de la inteligencia artificial en la gestión de proyectos; y la segunda parte la caracterización de 97 empresas del sector de la construcción en Colombia, respecto al nivel de apropiación de inteligencia artificial en el contexto.

4.1. Revisión de literatura

La contextualización bibliográfica se llevó a cabo a través de la revisión del índice bibliográfico Scopus. Los pasos llevados a cabo para el desarrollo de esta sección fueron:

4.1.1. Principales preguntas de investigación

La primera actividad fue la definición de la pregunta (s) centrales de investigación. Las relacionadas para la revisión fueron las siguientes: ¿Cómo se ha implementado la ciencia de datos, Data Science e Internet of Things, en la gestión de proyectos en el área de obras civiles y construcción?; ¿Cuáles son los países y las instituciones con mayor dinámica de publicación en el área de interés?; ¿Cuáles son las metodologías de investigación más utilizadas en las publicaciones realizadas? y ¿Cuáles son las áreas de conocimiento, asociadas al PMI, en la incorporación de tecnologías emergentes?

4.1.2. Bases de datos, términos de búsqueda (ecuación) y criterios de inclusión

Para llevar a cabo la revisión se consideró específicamente el índice bibliográfico Scopus. La ecuación de búsqueda utilizada fue:

("project management" OR "project administration") AND ("Data Science" OR "Big-Data" OR "iot" OR "internet of things" OR "Data Analytics") AND ("buildings" OR "civil engineer*" OR architecture OR "facility management")

La ventana de revisión fue de 2017 al 2023. Los tipos de documentos incluidos en la revisión son artículos científicos, comunicaciones en conferencias, revisiones de literatura y capítulos de libro.

4.1.3. Análisis bibliométrico

En cuanto al análisis bibliométrico se consideran los siguientes aspectos: registros por año, publicaciones por país, principales filiaciones institucionales, principales autores de referencia y mapa de coautorías por países.

4.1.4. Panorama análisis categorial

En esta sección se realizó un análisis categorial en función de las metodologías de

investigación más utilizadas, las áreas de conocimiento del PMI donde más impacto tiene la inteligencia artificial y los principales aportes que se pueden contar para la gestión de proyectos.

4.2. Evaluación del nivel de madurez tecnológica en las empresas del sector construcción.

Como una estrategia para reconocer el nivel de madurez tecnológica de las empresas del sector de la construcción, se implementó una encuesta (instrumento) adaptado de Herramienta de autodiagnóstico Digital Avanzada -HADA (Secretaría General de Industria y de la pyme, 2022) y del instrumento Awareness/Readiness tool (Interreg - North Sea Region - European Regional Development Fund, 2021). Este instrumento contó con 29 preguntas en diferentes dimensiones aplicados 97 empresas. La validación se desarrolló por cinco (5) expertos en el tema de la innovación tecnológica y la industria 4.0. Para el presente artículo se realizó la selección de las preguntas de mayor relevancia asociadas a la intencionalidad de la investigación. Estas son presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1.

Instrumento para medir nivel de madurez tecnológica

Categoría	Pregunta	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
	Cuenta con indicadores para medir nivel de la transformación digital.	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En implementación	En acción
Modelo de negocio	Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En implementación	En acción
	Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En implementación	En acción
Uso de tecnologías en la organización	¿Cuál de las siguientes tecnologías utiliza en su organización?	Dispositivos móviles	Tecnologías nube	Sistemas de localización	Sensores	Big Data
	Continuación- ¿Cuál de las	Ciencia de datos	Inteligencia	Identificación por		

	siguientes tecnologías utiliza en su organización?-		artificial	radiofrecuencia		
Capacidades de los colaboradores	Tecnología de automatización .	Irrelevante	No capacitado	Capacidad o pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente	
	Análisis de datos.	Irrelevante	No capacitado	Capacidad o pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente	
	Seguridad de los datos.	Irrelevante	No capacitado	Capacidad o pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente	
	Seguridad de las comunicaciones.	Irrelevante	No capacitado	Capacidad o pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente	
	Habilidades no técnicas, como el pensamiento sistémico y la comprensión de procesos.	Irrelevante	No capacitado	Capacidad o pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente	
	Inteligencia artificial	Sin importancia	Importancia baja	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta
Nivel de importancia de las tecnologías 4.0	Big data y análisis de datos.	Sin importancia	Importancia baja	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta
	Ciberseguridad .	Sin importancia	Importancia baja	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta
	Tecnologías en la nube (Cloud).	Sin importancia	Importancia baja	Importancia media	Importancia alta	Importancia muy alta
	Marketing	Sin	Importancia	Importancia	Importancia	Importancia

	digital.	importancia	baja	ia media	a alta	muy alta
Ambición estratégica sobre las tecnologías 4.0	¿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/opportunidades.	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.	

Fuente: Elaboración propia (2024).

5. Resultados

Esta sección se divide en tres partes: Resultados de la revisión de literatura, resultados de la medición de nivel de madurez y recomendaciones generales para el sector.

5.1. Revisión de literatura asociada a las tecnologías emergentes en la gestión de proyectos

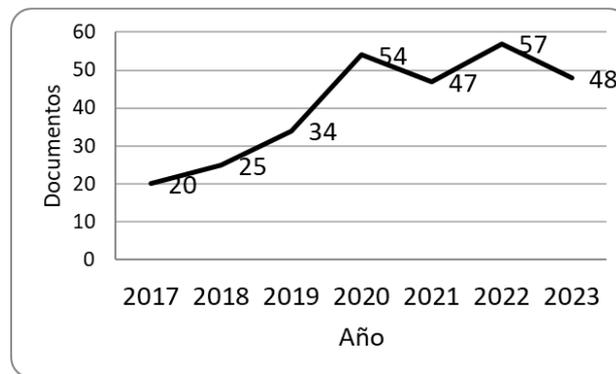
Aplicada la ecuación de búsqueda en el periodo de observación (2017 a 2023) se encuentran 285 registros. De estos se cuenta con 159 artículos o comunicaciones en conferencias, 82 artículos de investigación, 18 revisiones de conferencia, 14 revisiones, 6 libros, 3 capítulos de libro y otros. En la

Figura 1 se presenta la evolución de las publicaciones en los últimos 7 años, destacando una curva ascendente con una meseta en los últimos 2 años. En la Figura 2 se presenta la cantidad de registros por países. Se destaca China que cuenta con 111 seguida por Estados Unidos con 25 y Reino unido con 17 registros. Se observa claramente un liderazgo del país asiático.

En cuanto a las afiliaciones institucionales, los primeros lugares son ocupados de la siguiente manera: The University of Hong Kong (5), Western Sydney University (4), Wuhan University of Technology (4), Shandong University (4) y University of Illinois Urbana-Champaign (3). Respecto a los registros obtenidos en la revisión, en la Tabla 2 se presentan los 20 artículos con mayor número de citas. Varios de estos trabajos no solo contienen los conceptos de Ciencia de Datos o Internet de las cosas; sino que también aportan desde la Inteligencia artificial y el Big-Data. Una revisión más detallada del tema es presentada en (Zabala-Vargas, Jaimes-Quintanilla, *et al.*, 2023; Zabala-Vargas, Jiménez-Barrera, *et al.*, 2023).

Figura 1.

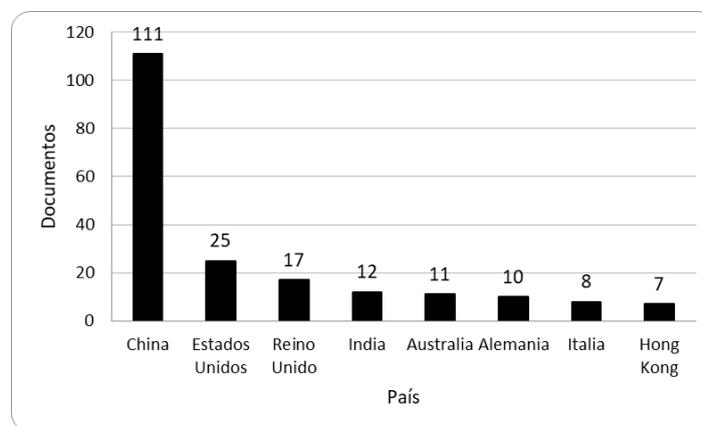
Número de publicaciones por año



Fuente: Elaboración propia (2024) basado en resultados Scopus.

Figura 2.

Número de publicaciones por países



Fuente: Elaboración propia (2024) basado en resultados Scopus.

Tabla 2.

Relación de los artículos más citados en la revisión de literatura

ID	Título	Año	Tipo	Método	Tecnología principal
1	Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework (K. Chen <i>et al.</i> , 2015)	2015	Artículo	Cuantitativo	Big Data/Ciencia de datos
2	Integrating semantic NLP and logic reasoning into a unified system for fully-automated code checking (Zhang & El-Gohary, 2017).	2017	Artículo	Cuantitativo	Inteligencia artificial /Big Data
3	Construction with digital twin information systems (Sacks <i>et al.</i> , 2020).	2020	Artículo	Cuantitativo	Inteligencia artificial/Big Data/Ciencia de datos
4	Deep learning in the construction industry: A review of present status and future innovations (Akinosho <i>et al.</i> , 2020).	2020	Artículo	Cuantitativo	Inteligencia artificial /Big Data

5	Optimizing decisions in advanced manufacturing of prefabricated products: Theorizing supply chain configurations in off-site construction (Arashpour <i>et al.</i> , 2017).	2017	Artículo	Cuantitativo	Ciencia de Datos
6	Comparing AHP and CBA as decision methods to resolve the choosing problem in detailed design (Arroyo <i>et al.</i> , 2015).	2015	Artículo	Mixto	Ciencia de Datos
7	Research trend of the application of information technologies in construction and demolition waste management (C. Z. Li <i>et al.</i> , 2020).	2020	Revisión	Revisión de literatura	Inteligencia artificial /Big Data
8	A framework for data-driven informatization of the construction company (You & Wu, 2019).	2019	Artículo	Cualitativo	Big Data/Ciencia de datos
9	Semantic enrichment of building and city information models: A ten-year review (Xue <i>et al.</i> , 2021).	2021	Artículo	Mixto	Ciencia de Datos
10	Investigating profitability performance of construction projects using big data: A project analytics approach (Bilal <i>et al.</i> , 2019).	2019	Artículo	Cuantitativo	Big Data
11	Evaluating industrial modularization strategies: Local vs. overseas (Nekouvaght Tak <i>et al.</i> , 2020).	2020	Artículo	Cuantitativo	Ciencia de Datos
12	Overview of Applications of the Sensor Technologies for Construction Machinery (Jiang & He, 2020).	2020	Artículo	Cuantitativo	Big Data/Ciencia de datos
13	Options for and Challenges of Employing Digital Twins in Construction Management (Salem & Dragomir, 2022).	2022	Artículo	Cualitativo	Inteligencia artificial/Big Data/Ciencia de datos
14	Research Status and Challenges of Data-Driven Construction Project Management in the Big Data Context (Huang <i>et al.</i> , 2021).	2021	Revisión	Revisión de literatura	Inteligencia artificial/Big Data/Ciencia de datos
15	The effectiveness of project management construction with data mining and blockchain consensus (W. Li <i>et al.</i> , 2021).	2021	Artículo	Mixto	Inteligencia artificial/Big Data/Ciencia de datos
16	An anatomy of waste generation flows in construction projects using passive bigger data (Xu <i>et al.</i> , 2020).	2020	Artículo	Cuantitativo	Big Data
17	Development and Application of an Industry Foundation Classes-Based Metro Protection Information Model (Zhou <i>et al.</i> , 2018).	2018	Artículo	Mixto	Inteligencia artificial/Big Data/Ciencia de datos
18	Implementing Remote-Sensing Methodologies for Construction	2022	Revisión	Revisión de literatura	Ciencia de datos

Research: An Unoccupied Airborne System Perspective (Zhang Su *et al.*, 2022).

19	Construction Project Cost Management and Control System Based on Big Data (S. Chen, 2022).	2022	Artículo	Mixto	Big Data
20	Investigation of intelligent safety management information system for nuclear power construction projects (Fang <i>et al.</i> , 2020).	2020	Artículo de conferencia	Cualitativo	Inteligencia artificial/Big Data/Ciencia de datos

Fuente: Elaboración propia (2024).

En cuanto al tipo de investigación, el 45% de los registros están vinculados a investigaciones cuantitativas, otro 25% a las investigaciones mixtas, 15% adicional a revisión de literatura y 15% a las investigaciones cualitativas.

5.2. Nivel de madurez-Resultados preliminares

En las dimensiones encuestadas en este proyecto, y presentadas previamente en la metodología, se pueden destacar varios resultados importantes. Sobre el modelo de negocio los datos son presentados en la Tabla 3.

Tabla 3.

Relación de resultados modelo de negocio

Preguntas	Nulo	Existe la iniciativa	En desarrollo	En implementación	En acción
Cuenta con indicadores para medir nivel de la transformación digital.	37%	15%	14%	12%	21%
Alguno de sus productos integra tecnologías emergentes (Inteligencia artificial, big data o ciencia de datos).	38%	20%	11%	8%	23%
Identifica que el desarrollo y la innovación tecnológica juega un papel importante.	4%	22%	21%	11%	42%

Fuente: Elaboración propia (2024).

Se puede señalar que un 37% de las empresas no dispone de indicadores para evaluar la transformación digital, y el 50% muestra un bajo interés en capacitar a sus empleados en este ámbito (combinando los niveles de Nulo y Existe la iniciativa). Además, aproximadamente el 58% de las empresas afirma que sus productos incluyen tecnologías emergentes (sumando nuevamente Nulo y Existe la iniciativa), aunque solo un pequeño porcentaje indica que ya están implementadas. Este primer conjunto de preguntas revela que las empresas, según el estadístico moda, reconocen la importancia de la innovación y el desarrollo tecnológico para su crecimiento. Sin embargo, un porcentaje significativo no cuenta con protocolos claros para su incorporación. Respecto al uso de la tecnología en la organización, la relación de se presenta en la Tabla 4. Se resalta que la tecnología más apropiada por las organizaciones, con un 88%, son los dispositivos móviles, seguido de las tecnologías cloud (nube) con un 43% y los sistemas de localización (GPS) en tiempo real con 41%. La tecnología de sensores, fundamental en el IoT, se apropia en un 35% de las empresas y la ciencia de datos en tan solo

un 29% de las organizaciones.

Tabla 4.

Tecnologías más relevantes para las empresas.

Tecnología	Número de empresas	Porcentaje sobre el total
Dispositivos móviles	85	88%
Las tecnologías de la nube como infraestructura de TI escalable	42	43%
Sistemas de localización en tiempo real	40	41%
Sensores	34	35%
Sistemas de tecnologías de la información integrados	33	34%
Big Data para almacenamiento de grandes volúmenes de datos	28	29%
Ciencia de datos para evaluación de información en tiempo real.	26	27%
Inteligencia artificial para la toma de decisiones.	14	14%
Identificador de radiofrecuencia - RFID	9	9%

Fuente: Elaboración propia (2024).

Otro aspecto clave de la encuesta se refiere a la capacitación del personal en temas relacionados con la tecnología. Los resultados, presentados en la Tabla 5, revelan que en todas las áreas evaluadas, la mayoría de los empleados cae en la categoría de "Capacitado, pero no lo suficiente". Esto muestra que los empresarios reconocen, aunque indirectamente, la importancia de las tecnologías, pero también pone en evidencia la falta de inversión en la formación de sus equipos. De hecho, entre un 30% y un 40% del personal no está capacitado o su capacitación es considerada irrelevante para la organización.

Tabla 5.

Capacitación de colaboradores en nuevas tecnologías

Preguntas	Irrelevante / no aplica	No capacitado	Capacitado, pero no lo suficiente	Capacitado suficiente y constantemente
Tecnología de automatización.	6%	32%	38%	23%
Análisis de datos.	6%	26%	43%	24%
Seguridad de los datos.	8%	27%	38%	25%
Seguridad de las comunicaciones.	9%	27%	37%	25%
Habilidades no técnicas, como el pensamiento sistémico y la comprensión de procesos.	13%	26%	33%	28%

Fuente: Elaboración propia (2024).

En cuanto a las tecnologías que más interesan al sector de la construcción en Colombia, se realizó una ponderación de las respuestas en las categorías más altas. Los resultados fueron: 50% para "Importancia muy alta", 30% para "Importancia alta" y 20% para "Importancia media". Según este análisis, las tecnologías de mayor interés son: Tecnologías en la nube (0,29), Marketing digital (0,28), Ciberseguridad (0,27), Big Data y análisis de datos (0,25), Robótica y automatización (0,23) e Inteligencia artificial (0,22). Respecto a la ambición estratégica de las organizaciones hacia la Industria 4.0, las respuestas fueron: 38% indicaron que aún no se ha considerado ni se perciben beneficios u oportunidades; 20% han considerado la transición pero no saben cómo hacerlo; 29% conocen los beneficios y tienen la intención de implementarla; y 12% ya han iniciado el proceso de implementación. Estos resultados muestran que el interés en tecnologías asociadas a la Industria 4.0, incluida la inteligencia artificial, aún es bajo en el sector de la construcción. Aunque el 29% de las empresas reconocen los beneficios potenciales, la implementación está en una fase inicial.

5.3. Principales recomendaciones al sector de la construcción con respecto a la implementación de Ciencia de Datos e IoT

Ahora bien, asociado al uso de Ciencia de Datos y de forma inherente el Big-Data, las principales recomendaciones encontradas son las siguientes (Arashpour *et al.*, 2017; S. Chen, 2022; Fang *et al.*, 2020; Gupta & Rani, 2019; Jiang & He, 2020; Tang & Liu, 2022):

- Potenciar la recopilación, procesamiento, almacenamiento y análisis de grandes volúmenes de datos generados en el sector, proporcionando a los gestores de proyectos elementos fundamentales para la toma de decisiones informadas. Destacan el uso de registros históricos, datos en tiempo real, información de sensores y comentarios de las partes interesadas.
- Mejorar la gestión de riesgos, basada en una amplia gama de datos, permite identificar, gestionar y mitigar los riesgos. Esta herramienta permite facilitar la toma de decisiones sobre los riesgos y la reducción de sus impactos negativos.
- Recurrir al Big Data para generar análisis predictivos, detección de patrones, identificación de tendencias y análisis de correlación para predecir eventos futuros y optimizar el rendimiento.
- Fomentar la calidad y la satisfacción del cliente a partir del análisis del feedback de los interesados en el proyecto. Destaca el análisis de encuestas, aportaciones en redes sociales y otros canales. Esto contribuye a la satisfacción del cliente y mejora la reputación del proyecto.
- Facilitar la toma de decisiones al permitir la recopilación, análisis y visualización de grandes cantidades de datos relacionados con el proyecto. Generar con esto la optimización de la planificación y asignación de recursos: Mediante el análisis de datos históricos y el uso de algoritmos de optimización, la ciencia de datos puede ayudar a los gestores de proyectos a optimizar la planificación y asignación de recursos.
- Mejorar la productividad y la eficiencia, mediante el uso de técnicas de ciencia de datos, los gestores de proyectos pueden identificar áreas de mejora y optimización en el flujo de trabajo. Adicionar el análisis de los datos de rendimiento, como la duración de las tareas, el uso de recursos y los cuellos de botella, se pueden identificar y abordar las ineficiencias, lo que conduce a una mayor productividad y eficiencia en la ejecución del proyecto.
- Incorporar LLM como Chat-Gpt, Gemini, entre otros; para la generación de líneas base de conocimiento en diferentes áreas de trabajo en proyectos. En este proceso aprovechar las

ventajas del lenguaje natural en la gestión de conocimiento. Asociado a esto es importante identificar las tareas más críticas y posible asignación de recursos mediante algoritmos de inteligencia artificial.

Respecto al IoT en la gestión de proyectos de construcción, es posible considerar (Cheng *et al.*, 2020; Coiduras-Sanagustín *et al.*, 2024; Elkateb *et al.*, 2024; Katiyar & Kumar, 2021):

- Implementar estrategias de monitoreo y mantenimiento predictivo, a partir de la instalación de equipos y maquinarias para el seguimiento de los procesos. Los sensores pueden monitorear el rendimiento y detectar problemas potenciales antes de que ocurran fallos significativos.
- Utilizar el IoT en la gestión de inventarios puede optimizar el uso de materiales y recursos en un proyecto de construcción. Mediante etiquetas RFID y sensores IoT, se puede realizar un seguimiento en tiempo real de los materiales en el sitio de construcción.
- Los dispositivos IoT pueden mejorar significativamente la seguridad en los sitios de construcción. Sensores portátiles y dispositivos de rastreo pueden monitorear la ubicación y el estado de los trabajadores en tiempo real, detectando situaciones peligrosas y enviando alertas inmediatas en caso de emergencias, como caídas o exposición a condiciones peligrosas.

6. Discusión y aportes

Esta investigación genera varios puntos importantes. Lo primero es que existe una fuerte base conceptual e investigativa, en el estado de arte, que demuestra el incremento de las aplicaciones de inteligencia artificial y otras tecnologías emergentes en la gestión de proyectos. Investigaciones como las mostradas por (Akbari *et al.*, 2018; Akinosho *et al.*, 2020; Cao & Ashuri, 2020; Darko *et al.*, 2020; C. Z. Li *et al.*, 2020; Sacks *et al.*, 2020; Salem & Dragomir, 2022). De estas, y otras investigaciones, es posible extraer que las principales aplicaciones de la ciencia de datos y el IoT a la gestión de proyectos, las cuales se encuentran resaltadas en (Darko *et al.*, 2020; Pan *et al.*, 2022; Saka *et al.*, 2023; Zabala-Vargas, Jiménez-Barrera, *et al.*, 2023).

De otra parte, la medición del nivel de madurez en la transformación digital de las empresas del sector de la construcción en Colombia evidencia varios resultados importantes: Existe un reconocimiento del sector construcción en Colombia a las nuevas tecnologías que puedan aportar a la competitividad y productividad del sector, sin embargo los niveles de transformación digital, la forma de medirlo y las capacidades desarrolladas al interior de las organizaciones aún se encuentran en niveles bajos. Esto ya era expuesto previamente en el desarrollo de (Zabala-Vargas, Jiménez-Barrera, *et al.*, 2023). En cuanto a las proyecciones de inversión en el futuro reciente la prioridad para las organizaciones sigue siendo a los productos y servicios que actualmente desarrollan, siendo en menor medida el interés de invertir en investigación, desarrollo e innovación. Esto no se aleja mucho de lo expuesto en la revisión de (Darko *et al.*, 2020). Finalmente, existe un reconocimiento a las tecnologías como transformadores de la productividad, sin embargo las denominadas emergentes (inteligencia artificial, big-data y ciencia de datos) no se encuentran en los primeros lugares de interés. Esto conecta también con la declaración de que ubica la puesta en marcha de una transformación digital real en el sector en un 12%. Estos resultados se encuentra en coherencia con lo expuesto por autores como (Akbari *et al.*, 2018; Akinosho *et al.*, 2020; Arashpour *et al.*, 2020).

7. Conclusiones

En resumen, esta investigación muestra un gran interés tanto de la comunidad científica

como del sector empresarial en la adopción de nuevas tecnologías, como la ciencia de datos y el IoT, para la gestión de proyectos. Estas tecnologías ofrecen beneficios como predicciones en tiempo real, estimaciones y automatización de procesos. Sin embargo, en el sector de la construcción y obra civil en Colombia, la incorporación de estas tecnologías es aún limitada, principalmente en la fase de diseño a través del uso de BIM, y menos en la fase constructiva. Por lo tanto, el sector tiene un largo camino por recorrer, desarrollando nuevas capacidades, habilidades y estrategias para innovar tecnológicamente. Esto incluye no solo la adquisición de soluciones, sino también la investigación y desarrollo propios, así como la capacitación del personal en estas áreas.

8. Referencias

- Abdelouahid, R. A., Debauche, O. y Marzak, A. (2021). Internet of Things: A new Interoperable IoT Platform. Application to a Smart Building. *The 18th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC), The 16th International Conference on Future Networks and Communications (FNC), The 11th International Conference on Sustainable Energy Information Technology*, 191, 511-517. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.07.066>
- Akbari, S., Khanzadi, M., & Gholamian, M. R. (2018). Building a rough sets-based prediction model for classifying large-scale construction projects based on sustainable success index. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(4), 534-558. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2016-0110>
- Akinosho, T. D., Oyedele, L. O., Bilal, M., Ajayi, A. O., Delgado, M. D., Akinade, O. O. y Ahmed, A. A. (2020). Deep learning in the construction industry: A review of present status and future innovations. *Journal of Building Engineering*, 32, 101827. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101827>
- Arashpour, M., Bai, Y., Aranda-mena, G., Bab-Hadiashar, A., Hosseini, R. y Kalutara, P. (2017). Optimizing decisions in advanced manufacturing of prefabricated products: Theorizing supply chain configurations in off-site construction. *Automation in Construction*, 84, 146-153. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.032>
- Arashpour, M., Heidarpour, A., Akbar Nezhad, A., Hosseinifard, Z., Chileshe, N. y Hosseini, R. (2020). Performance-based control of variability and tolerance in off-site manufacture and assembly: Optimization of penalty on poor production quality. *Construction Management and Economics*, 38(6), 502-514. <https://doi.org/10.1080/01446193.2019.1616789>
- Arroyo, P., Tommelein, I. D., & Ballard, G. (2015). Comparing AHP and CBA as Decision Methods to Resolve the Choosing Problem in Detailed Design. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(1), 04014063. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000915](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000915)
- Begić, H., & Galić, M. (2021). A Systematic Review of Construction 4.0 in the Context of the BIM 4.0 Premise. *Buildings*, 11(8), 337.
- Bilal, M., Oyedele, L. O., Kusimo, H. O., Owolabi, H. A., Akanbi, L. A., Ajayi, A. O., Akinade, O. O. y Davila Delgado, J. M. (2019). Investigating profitability performance of construction projects using big data: A project analytics approach. *Journal of Building Engineering*, 26, 100850. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100850>
- Boden, M. A. (2017). Inteligencia artificial. Turner.

- Cao, Y., & Ashuri, B. (2020). Predicting the Volatility of Highway Construction Cost Index Using Long Short-Term Memory. *Journal of Management in Engineering*, 36(4), 04020020. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000784](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000784)
- Chang, W. y Grady, N. (2019, octubre 21). NIST Big Data Interoperability Framework: Volume 1, Definitions. Special Publication (NIST SP), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1500-1r2>
- Chen, K., Lu, W., Peng, Y., Rowlinson, S. y Huang, G. Q. (2015). Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework. *International Journal of Project Management*, 33(6), 1405-1416. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.03.006>
- Chen, S. (2022). Construction Project Cost Management and Control System Based on Big Data. *Mobile Information Systems*, 2022, 7908649. <https://doi.org/10.1155/2022/7908649>
- Cheng, M. Y., Cao, M. T. y Herianto, J. G. (2020). Symbiotic organisms search-optimized deep learning technique for mapping construction cash flow considering complexity of project. *Chaos, Solitons & Fractals*, 138, 109869. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.109869>
- Coiduras-Sanagustín, A., Manchado-Pérez, E. y García-Hernández, C. (2024). Understanding perspectives on personal data privacy in Internet of Things (IoT): A Systematic Literature Review (SLR). *Heliyon*, e30357. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30357>
- Cooke, B. y Williams, P. (2013). *Construction planning, programming and control*. John Wiley & Sons.
- Darko, A., Chan, A. P. C., Adabre, M. A., Edwards, D. J., Hosseini, M. R. y Ameyaw, E. E. (2020). Artificial intelligence in the AEC industry: Scientometric analysis and visualization of research activities. *Automation in Construction*, 112, 103081. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103081>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2022). Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/indicadores-economicos-alrededor-de-la-construccion>
- Elkateb, S., Métwalli, A., Shendy, A. y Abu-Elanien, A. E. B. (2024). Machine learning and IoT - Based predictive maintenance approach for industrial applications. *Alexandria Engineering Journal*, 88, 298-309. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.12.065>
- Fang, L., Mei, B., Jiang, L. y Sun, J. (2020). Investigation of intelligent safety management information system for nuclear power construction projects. En *ACM International Conference Proceeding Series* (pp. 607-611). <https://doi.org/10.1145/3452940.3453058>
- Feng, N. (2022). The Influence Mechanism of BIM on Green Building Engineering Project Management under the Background of Big Data. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2022, 8227930. <https://doi.org/10.1155/2022/8227930>
- Gupta, D. y Rani, R. (2019). A study of big data evolution and research challenges. *Journal of Information Science*, 45(3), 322-340. <https://doi.org/10.1177/0165551518789880>
- Haider, M. (2015). *Getting started with data science: Making sense of data with analytics*. IBM Press.
- Huang, Y., Shi, Q., Zuo, J., Pena-Mora, F. y Chen, J. (2021). Research status and challenges of data-driven construction project management in the big data context. *Advances in*

Civil Engineering, 2021, 1-19.

- Jiang, Y. y He, X. (2020). Overview of Applications of the Sensor Technologies for Construction Machinery. *IEEE Access*, 8, 110324-110335. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001968>
- Katiyar, A. y Kumar, P. (2021). A Review of Internet of Things (IoT) in Construction Industry: Building a Better Future. *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*, 3(2), 65-72.
- Kelleher, J. D. y Tierney, B. (2018). *Data science*. MIT Press.
- Larson, E. y Gray, C. (2014). *Project Management: The Managerial Process* 6e. McGraw Hill.
- Leśniak, A., Górka, M. y Skrzypczak, I. (2021). Barriers to BIM implementation in architecture, construction, and engineering projects—The polish study. *Energies*, 14(8), 2090.
- Lester, A. (2013). *Project Management, Planning and Control: Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards* (p. 24). Elsevier Science.
- Li, C. Z., Zhao, Y., Xiao, B., Yu, B., Tam, V. W. Y., Chen, Z. y Ya, Y. (2020). Research trend of the application of information technologies in construction and demolition waste management. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121458. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121458>
- Li, W., Duan, P. y Su, J. (2021). *The effectiveness of project management construction with data mining and blockchain consensus*. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02668-7>
- Loyola, M. (2018). *Big data in building design: A review*. *J. Inf. Technol. Constr.*, 23, 259-284.
- Mishra, M., Lourenço, P. B. y Ramana, G. V. (2022). Structural health monitoring of civil engineering structures by using the internet of things: A review. *Journal of Building Engineering*, 48, 103954. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103954>
- Mulcahy, R. (2013). Preparación para el Examen PMP (RMC Public).
- Nekouvaght Tak, A., Taghaddos, H., Mousaei, A. y Hermann, U. (Rick). (2020). Evaluating industrial modularization strategies: Local vs. overseas fabrication. *Automation in Construction*, 114, 103175. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103175>
- Netscher, P. (2014). *Successful Construction Project Management: The Practical Guide*. Panet Publications.
- Oxford Economics. (2021). *Future of construction* (p. 62). <https://resources.oxfordeconomics.com/hubfs/Africa/Future-of-Construction-Full-Report.pdf>
- Palme, M., Lobato, A. y Carrasco, C. (2016). Quantitative Analysis of Factors Contributing to Urban Heat Island Effect in Cities of Latin-American Pacific Coast. Fourth International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island, 30-31 May and 1 June 2016, 169, 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.024>
- Parsamehr, M., Perera, U. S., Dodanwala, T. C., Perera, P. y Ruparathna, R. (2023). A review of construction management challenges and BIM-based solutions: Perspectives from the schedule, cost, quality, and safety management. *Asian Journal of Civil Engineering*, 24(1), 353-389.
- Project Management Institute. (2017). *Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos* (Guía del Pmbok) (6.a ed., p. 589).

- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial*. Madrid: Alienta Editorial.
- Sacks, R., Brilakis, I., Pikas, E., Xie, H. S. y Girolami, M. (2020). Construction with digital twin information systems. *Data-Centric Engineering*, 1, e14. <https://doi.org/10.1017/dce.2020.16>
- Saka, A. B., Oyedele, L. O., Akanbi, L. A., Ganiyu, S. A., Chan, D. W. M. y Bello, S. A. (2023). Conversational artificial intelligence in the AEC industry: A review of present status, challenges and opportunities. *Advanced Engineering Informatics*, 55, 101869. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101869>
- Salem, T. y Dragomir, M. (2022). Options for and Challenges of Employing Digital Twins in Construction Management. *Applied Sciences*, 12, 2928. <https://doi.org/10.3390/app12062928>
- Soori, M., Arezoo, B. y Dastres, R. (2023). *Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review*. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*.
- Tang, D. y Liu, K. (2022). *Exploring the Application of BIM Technology in the Whole Process of Construction Cost Management with Computational Intelligence*. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 4080879. <https://doi.org/10.1155/2022/4080879>
- Wu, L. y AbouRizk, S. (2023). *Towards construction's digital future: A roadmap for enhancing data value*. 225-238.
- Xu, J., Lu, W., Ye, M., Webster, C. y Xue, F. (2020). An anatomy of waste generation flows in construction projects using passive bigger data. *Waste Management*, 106, 162-172. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.024>
- Xue, F., Wu, L. y Lu, W. (2021). Semantic enrichment of building and city information models: A ten-year review. *Advanced Engineering Informatics*, 47, 101245. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101245>
- You, Z. y Wu, C. (2019). A framework for data-driven informatization of the construction company. *Advanced Engineering Informatics*, 39, 269-277. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.02.002>
- Zabala-Vargas, S., Jaimes-Quintanilla, M. y Jimenez-Barrera, M. H. (2023). Big Data, Data Science, and Artificial Intelligence for Project Management in the Architecture, Engineering, and Construction Industry: A Systematic Review. *Buildings*, 13(12), 2944.
- Zabala-Vargas, S., Jiménez-Barrera, M., Vargas-Sanchez, L. y Jaimes-Quintanilla, M. (2023). Big data in construction project management: The Colombian northeast case. *Life-Cycle of Structures and Infrastructure Systems*, 1, 3476-3483. <https://doi.org/10.1201/9781003323020>
- Zhang, J. y El-Gohary, N. M. (2017). Integrating semantic NLP and logic reasoning into a unified system for fully-automated code checking. *Automation in Construction*, 73, 45-57. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.027>
- Zhang, S., Bogus Susan, M., Lippitt, Ch. D., Kamat Vineet, V. y Lee SangHyun. (2022). Implementing Remote-Sensing Methodologies for Construction Research: An Unoccupied Airborne System Perspective. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(9), 03122005. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002347](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002347)
- Zhou, Y., Hu, Z. Z. y Zhang, W. Z. (2018). *Development and Application of an Industry Foundation Classes-Based Metro Protection Information Model*. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 1820631. <https://doi.org/10.1155/2018/1820631>

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Contribuciones de los/as autores/as:

Conceptualización: Jaimes-Quintanilla, María y Zabala-Vargas, Sergio; **Software:** Jaimes-Quintanilla, María y Zabala-Vargas, Sergio **Validación:** Jaimes-Quintanilla, María y Zabala-Vargas, Sergio **Análisis formal:** Zabala-Vargas, Sergio; **Curación de datos:** Jaimes-Quintanilla, María y Zabala-Vargas, Sergio; **Redacción-Preparación del borrador original:** Zabala-Vargas, Sergio **Redacción-Re- visión y Edición:** Jaimes-Quintanilla, María **Visualización:** Jaimes-Quintanilla, María y Zabala-Vargas, Sergio **Supervisión:** Jaimes-Quintanilla, María y Zabala-Vargas, Sergio **Administración de proyectos:** Jaimes-Quintanilla, María y Zabala-Vargas, Sergio **Todos los/as autores/as han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito:** Jaimes-Quintanilla, María y Zabala-Vargas, Sergio

Financiación: Esta investigación recibió financiamiento de la Corporación Universitaria Minuto de Dios- UNIMINUTO.

AUTOR/ES:

María Jaimes-Quintanilla

Ingeniería Industrial - Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Ingeniera Industrial de la Universidad Santo Tomás (2013), Magister en Calidad y gestión integral (2014) de la Universidad Santo Tomás. Cuenta con 10 años de experiencia en docencia universitaria e investigativa. Ha participado como directiva en organizaciones académicas y en el sector inmobiliario. Cuenta con experiencia en procesos productivos e industriales, en el sector avícola. Hace parte del grupo de investigación del programa de Ingeniería Industrial de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Su principal interés de investigación es la gestión de proyectos, inteligencia artificial, tecnología educativa y las telecomunicaciones aplicadas.

maria.jaimes.q@uniminuto.edu

Índice H: 1

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0000-5735-1379>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58782567100>

Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=35SywbQAAAAJ&hl=es&oi=ao>

Sergio Zabala-Vargas

Especialización en Gerencia de Proyectos - Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Ingeniero Electrónico de la Universidad Industrial de Santander (2005), especialista en Administración de Proyectos de la Universidad del Tolima (2010), Magister en Administración de Proyectos de la UCI de Costa Rica (2014) y Magister en E-learning de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (2015). Doctor en Tecnología Educativa de la Universidad de las Islas Baleares- España (2022). Cuenta con 18 años de experiencia en docencia universitaria e investigativa. Es investigador categoría SENIOR de MINCIENCIAS (Colombia). Hace parte del grupo de investigación GICABS de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Su principal interés de investigación es la gestión de proyectos, inteligencia artificial, tecnología educativa y las telecomunicaciones aplicadas.

sergio.zabala@uniminuto.edu

Índice H: 8

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-5803-1123>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57207777079>

Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=HHVpOlsAAAAJ&hl=es>