

ORIGINAL

IA's contributions to the supply chain: a view from the construction industry

Contribuciones de la IA en la gestión de cadena en los suministros para la construcción: una mirada desde el sector construcción

Yorley Adriana Mora Urbina^{a*}  , Zuly Patricia Torrado Pacavita^b  , Cristhian Jair Torrado Castro^b  

^aMagister en Gerencia de Empresas, Universidad Francisco de Paula Santander. ^bPrograma Comercio Internacional de la Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia.

*Corresponding Author: Yorley Adriana Mora Urbina 

How to Cite: Mora Urbina, Y. A., Torrado Pacavita, Z. P., & Torrado Castro, C. J. (2025). IA's contributions to the supply chain: a view from the construction industry. Edu - Tech Enterprise, 3, 40. <https://doi.org/10.71459/edutech202540>

Submitted: 18-07-2024

Revised: 28-10-2024

Accepted: 23-01-2025

Published: 24-01-2025

ABSTRACT

Construction projects require effective construction supply chain risk management (SCM). To delve deeper into CSM research, this manuscript conducts a literature scan covering the period from 2020 to 2024. The findings of this analysis identify that the main aspects of risk management address in detail the following aspects, the classification of risks at the micro (individual or entity) or macro (systemic or industry-wide) level, the common orientations used to identify, calculate, coordinate and minimize these risks, and the progressive vision and use of artificial intelligence (AI) applications. Through an exhaustive Scopus search, the transcendent and most distinguished articles on supply chain in the construction sector were determined for analysis. The exploration determined that, while the usual techniques such as case studies, surveys and other statistical tools are still fundamental, more and more AI methods are being used, especially in risk characterization, estimation and analysis.

Keywords: AI; supply chain management; review; construction sector.

RESUMEN

Los proyectos de construcción requieren una administración eficaz de los riesgos de la cadena en los suministro para el sector construcción (GCS). Para profundizar en la investigación de la GCS, este manuscrito realiza una exploración bibliográfica que comprende el periodo comprendido entre 2020 y 2024. Los hallazgos de este análisis permiten identificar que los principales aspectos de la administración de riesgos abordan de forma pormenorizada los siguientes aspectos, la clasificación de los riesgos a nivel micro (individual o de entidad) o macro (sistémico o de todo el sector), las orientaciones habituales utilizadas para identificar, calcular, coordinar y minimizar estos riesgos, y la visión y uso progresivo de aplicaciones de inteligencia artificial (IA). Por medio de una búsqueda exhaustiva en Scopus, se determinaron los trascendentes y más distinguidos artículos sobre cadena de los suministros en el sector de la construcción para su análisis. La exploración determina que, si bien las técnicas habituales como los estudios de casos, las encuestas y demás herramientas estadísticas siguen siendo fundamentales, cada día se efectúan más métodos de IA, especialmente encauzadas en la caracterización, estimación y análisis de riesgos.

Palabras clave: IA; gestión de la cadena de suministro; revisión; sector construcción.

INTRODUCCIÓN

La Gestión de la Cadena para los Suministro (GCS) tuvo su origen en la década de 1980 en la industria manufacturera y representó un cambio en el modelo en que las empresas enfocaban su logística y la gestión de materiales, este

enfoque se utilizó para optimizar la eficacia y la eficiencia del proceso que lleva a cabo la cadena de suministro (Wuni & Shen, 2020). El sistema de suministro Just in Time; el cual fue popularizado por la empresa Toyota, es una estrategia de gestión de inventarios que centra en garantizar que los suministros estén disponibles en el momento preciso en que se necesita; por consiguiente minimiza inventario y se mejora la coordinación entre los proveedores y el área de producción (M. Wang et al., 2020). Para Rangelov et al. (2021) consideran que el concepto de gestión de la cadena de suministro ha ampliado su espectro, extendiéndose más allá de la industria manufacturera al incluir otros sectores como el comercio minorista, la industria alimentaria, la salud y los servicios. Actualmente la GCS es una estrategia fundamental para que las empresas estén a la vanguardia y sean competitivas a nivel global (Zhang & Yu, 2020).

El sector de la construcción tiene un rol fundamental en el crecimiento de la economía global, y sus principales motores económicos que inciden directamente en los indicadores macroeconómicos (Rangelov et al., 2021), así que, su impacto es fundamental en el entorno construido y su capacidad para crear grandes diferentes fuentes de empleo ya sea para trabajadores con las competencias como no para quien no las posee; de esta manera su impulso al crecimiento económico, son ampliamente reconocidos (Mao et al., 2021). Como cualquier otro producto, la calidad de un proyecto de construcción se determina por el nivel de satisfacción del cliente, a diferencia de que el éxito del proyecto depende en gran medida del rendimiento del los equipo en el proyecto (X. Wang et al., 2022). Los proceso que se llevan a cabo se podría definir como un sistema que quiere ser integral que busca crea y entrega ya sea un servicio o también un producto , desde el suministro de materias primas hasta la entrega al usuario final. Abarca el flujo de materiales, productos, información y capital, lo que lo convierte en un área compleja de la cadena de valor de la construcción (Myrelid & Jonsson, 2019).

Cabe mencionar que para Linnenluecke (2022) también contiene la gestión de la información, el flujo con los aspectos financieros en el desarrollo de un los diferentes proyecto que involucren la construcción, es un método de colaboración donde participan proveedores, contratistas, el fabricante, mayoristas, minoristas clientes y sus agentes y el consumidor (Liu et al., 2024). Su objetivo es coordinar la instalación y utilización de información para suministrar diversos recursos a los proyectos de construcción, incluidos materiales, equipos, mano de obra y obras temporales (Ekanayake et al., 2022).

Así mismo ofrece principalmente mejorar de forma significativa en cuanto a su valor ya sea para el cliente y para los interesados a través de un enfoque estratégico en la rentabilidad (Mahjoub et al., 2020). El objetivo principal es planificar y enviar las cantidades necesarias de materiales al lugar donde tiene lugar la construcción final, los contratistas, subcontratistas, diseñadores, consultores y proveedores son sólo algunas de las muchas partes interesadas que intervienen en la construcción (Li et al., 2023). Generalmente el contratista contrata a muchos subcontratistas para satisfacer los diferentes requerimientos del proyecto de construcción. Estos subcontratistas pueden estar especializados en el suministro de materiales, maquinaria, mano de obra calificada y no calificada, o cualquier otra necesidad específica que pueda surgir durante la ejecución del proyecto. Por lo tanto, difiere de la fabricación y es más compleja e imprevisible (Yaroson et al., 2021).

Por otro lado, el riesgo es propio de las actividades humanas y puede provocar desastres como catástrofes naturales, crisis financieras, fallos de los productos, y cambios normativos (T. T. Le, 2020). Los proveedores, los clientes y los procesos de producción internos plantean peligros para la cadena de los suministros. Estos riesgos, como consideran P. L. Le et al. (2020), reducen la eficacia global. Una gestión eficaz requiere la identificación de los peligros relacionados con la seguridad, la calidad, la escasez, el cumplimiento, los aspectos legales, las catástrofes, las amenazas a la seguridad y el terrorismo. La adecuada identificación de estos riesgos permite una gestión eficaz de los mismos. La creciente complejidad derivada de la globalización y la racionalización de estructuras y procesos, son los factores que impulsan los haciéndola vulnerable (Pushpamali et al., 2021).

Para Loosemore et al. (2020) En la cadena de suministro los riesgos pueden clasificarse de dos formas: Riesgos internos u operativos y riesgos externos o de interrupción. Los riesgos internos son factores bajo el control de la empresa que generalmente afectan de forma negativa a la cadena de suministro, como problemas de capacidad, de información con el usuario final y otras ineficiencias operativas (Lindblad & Guerrero, 2020). Y los riesgos externos son componentes que están fuera de los controles de la empresa que pueden interrumpir la cadena de suministro, los cuales incluyen problemas económicos, competencia, incertidumbre política, terrorismo, conflictos bélicos y desastres naturales. Además, los riesgos provocados por el hombre que afectan a las cadenas de suministro a nivel mundial se caracterizan por la incertidumbre en cuanto a su tipo, ubicación y los participantes en la cadena de suministro a los que afectan, lo que los hace intrínsecamente complejos y difíciles de gestionar (Pham et al., 2023). Este manuscrito investiga prácticas en la cadena de suministro en donde nos muestra la gestión del riesgo en el sector de la construcción del periodo comprendido entre 2020 y 2024. Las secciones posteriores se abordan de la siguiente forma, a continuación, la metodología, los resultados, las discusiones y finalmente las conclusiones (Linnenluecke, 2022).

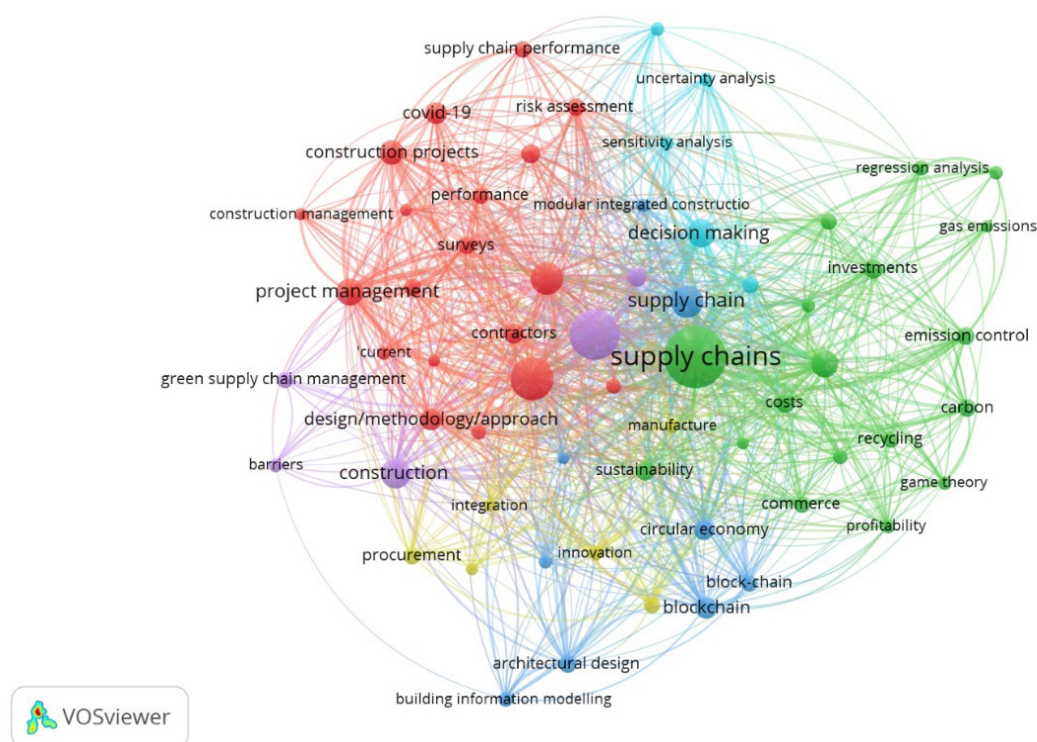
MÉTODO

En este manuscrito se ha elaborado una revisión bibliográfica y un posterior análisis utilizando la base de datos

Scopus. Esta metodología ayuda a identificar las contribuciones clave, sintetizar los hallazgos y ofrecer una fiabilidad no disponible en estudios individuales (Carrera-Rivera et al., 2022). Scopus, considerada la base de datos de resúmenes y citas más extensa a la que pueden acceder académicos, instituciones gubernamentales y organizaciones empresariales, contiene una vasta colección de más de 1800 millones de fuentes citadas que se remonta a la década de 1970 (Kraus et al., 2020).

Para alcanzar el análisis general de las documentaciones se utilizaron la inclusión de criterios para la obtención del siguiente resultado, se utilizaron en la búsqueda de documentos de plataforma Scopus buscando a través del título del artículo, el resumen, la palabras claves, la palabras “cadena de suministro” y “construcción”, eso dio un total de 612 documentos excluyendo solo en un período de 2020 a 2024, y limitado únicamente al área de gestión y negocios. Adicional a lo anterior, el procedimiento de filtrado exhaustivo consistió en varias etapas: (a) eliminación de artículos duplicados, (b) eliminación de artículos que no cumplieran los criterios de inclusión mediante una evaluación de los títulos y resúmenes, (c) revisión de los textos completos. Todos los artículos se importaron al software VOSviewer para el proceso de filtrado. Luego de aplicar los criterios, quedan 250 artículos que comprenden lo requerido, finalmente nos quedamos con los 50 artículos de mayor relevancia.

Figura 1.
Clúster de palabras clave



La figura anterior permite demostrar una visualización de red creada con VOSviewer, una herramienta de software que se utiliza habitualmente para el análisis y la visualización de conexiones dentro de grandes conjuntos de datos. Como podemos evidenciar Cadena de suministro es el temas principal, debido a que el termino mas grande. Este análisis proporciona un panorama global de las palabras clave orientadas a la investigación, fundamentalmente el sector constructor y todos los demás aspectos vinculados a este importante sector.

RESULTADOS

Riesgos en la cadena de suministro

El riesgo implícito en la cadena de suministro ha avanzado significativamente y así mismo su gestión, su inicio se basó en identificar los riesgos, lo que involucraba señalar los riesgos, posteriormente se basó en evaluar y clasificar estos riesgos en términos de impacto y probabilidad lo que determinaba un análisis de riesgo, con el tiempo se establecieron nuevas fases como asignación de riesgos (la distribución de los riesgos en las partes), y el control de riesgos, en estas nuevas era necesario establecer una comunicación sobre los riesgos potenciales clara para lograr una negociación que beneficiaba a todas las partes implicadas. (Gilani & Sahebi, 2022). Con el tiempo se integraron nuevas etapas como la estimación, priorización y manejo de riesgos. En 2022, el marco del Project Management Institute (PMI) anexo nuevas etapas relevantes como planificación de riesgos, el análisis en términos cualitativo y

cuantitativo, la proyección de respuestas y el control de las mismas. En ese momento también la norma ISO 31000 dieron un enfoque estructurado, enfatizando en la planificación, uso de información y de técnicas de riesgo así como la documentación del proceso de riesgo, implementando la fase de recuperación de riesgos, destacando la importancia del cambio por acontecimientos desfavorables y facilitando su capacidad de adaptación. (Abdirad et al., 2021).

En este ámbito se ha producido un gran cambio en el tiempo inicialmente reactiva y posteriormente hacia un enfoque estratégico. En sus inicios se basaba en identificar y responder a riesgos inmediatos, ahora realiza evaluación, y realiza un procedimiento exhaustivos de los riesgos. (Silvestri et al., 2021). Ha sido un cambio significativo pues no solo evalúa el riesgo sino que busca recuperarse rápidamente del mismo. Las normas del PMI y la ISO. Han sido de principal ayuda pues educaron a la industria moderna, pues establecieron estándares de adaptabilidad en la gestión de riesgos (Cheng et al., 2021).

Todo ha sido una constante evolución debido que ahora abarca categorías relevantes como micro riesgos y macro riesgos. Los micro riesgos se han dividido en riesgos financieros, desviaciones temporales, operativos, contractuales, de gestión, técnicos, de diseño y sociales (Khosroshahi et al., 2021). Los microrriesgos se dividen en riesgos financieros, técnicos, de diseño, operativos, contratos y demás obligaciones contractuales. Por lo tanto es fundamental la proactividad, la creación de contingencias y la flexibilidad para garantizar el éxito de los proyectos de construcción. (Patrucco et al., 2020). En la contracción de la cadena de suministro es importante corroborar que exista una cultura donde todas las personas involucradas sean responsables y proactivas, debido a que el riesgo afecta a todos los implicados en la cadena.

Aunque exista una capacidad de corregir los errores en la cadena de suministro, es importante integrar y adquirir nuevas competencias (Eissa et al., 2021). El capital humano tiene intrínsecamente el riesgo. Por lo que una comunicación clara y respetuosa en las relaciones de las partes es fundamental y cualquier falta puede estropear tanto la relación y reputación de las partes así como el resultado final.

Por su parte Al-Mhdawi et al. (2022) indica que los macro riesgos comprenden una gama amplia de estos como los físicos (comprenden los riesgos físicos relacionados con la sostenibilidad, la logística, impacto medioambiental, el entorno económico, político y financiero, los aspectos legales, y los aspectos culturales) por lo que entender estos macro riesgos es fundamental para no resistirse a los riesgos y mejorar rápidamente logrando adaptarse correctamente a todo lo relacionado con la cadena de suministro. Por otro lado respecto a riesgos de sostenibilidad es primordial iniciar prácticas sostenibles que respeten el medio ambiente y que incluyan responsabilidad social. Respecto a los riesgos del ámbito logístico se debe garantizar el transporte y movimiento de los materiales de construcción de manera (Koc & Gurgun, 2021).

Por lo anterior contar con esta multiplicidad de categorías y clasificaciones es decisivo porque permite implementar estrategias completas que ayuden a mejorar la eficiencia en todas las operaciones implicadas en la cadena de suministro. No obstante, día a día surgen nuevos retos y desafíos los cuales deben ser analizados detalladamente en pro de la gestión de los riesgos, lo que resalta es la necesidad de garantizar que todos los riesgos que puedan surgir sean identificados y gestionados apropiadamente (Engelbø et al., 2020). Por lo tanto, se debe tener un equilibrio de los problemas inmediatos y futuros específicos de cada proyecto, eso es fundamental para garantizar el éxito y el cumplimiento de todas las partes.

La IA en la gestión de riesgos de la cadena de suministro de la construcción y sus aportes

La aplicación de la IA en la cadena de suministro del sector constructor ha sido fundamental pues ayudado a gestionar, identificar evaluar y mitigar el riesgo implícito en la cadena de suministro. (Ekanayake et al., 2021). La IA ha revolucionado como se gestionan los riesgos en este sector. Hoy en día las IA son parte fundamental en el desarrollo logístico, El aprendizaje profundo es una importante herramienta para la evaluación de riesgos en tiempo real. Debido a su sistema de procesamiento de numerosos, a través de su supervisión puede detectar anomalías. La herramienta Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN) extrae las principales ideas de textos, sin que se pase por alto alguna información relevante, permitiendo tomar decisiones adecuadas para percibir y tratar mejor los riesgos (S. Yang & Xu, 2021).

La Teoría de los Conjuntos Difusos aporta una mayor precisión a evaluación de riesgos pues define estos en un mayor grado de incertidumbre posibilitando un manejo rápido de aspectos complejos (Sierra, 2022). Los árboles de decisión y bosques aleatorios, que son herramientas de aprendizaje automático que ayudan a modelar riesgos y ayudar en la elaboración. Los algoritmos genéticos permiten encontrar estrategias rentables través del beneficio de relaciones no lineales. Las redes bayesianas permiten precisa modelización de los niveles de riesgo y los impactos en cascada (Chen et al., 2020). Estas técnicas unidas aportan a la cadena de suministros supervisión en tiempo real, métodos de evaluación, optimización, habilidades predictivas y de modelización adaptables, buscando minimizar en gran medida los riesgos

Mediante el análisis de macro datos tales como, ventas, tendencias y mega tendencias, indicadores económicos, factores externos, la IA ha ayudado la gestión demanda en la cadena de suministro, pues puede preveer de manera más precisa y adaptable de la demanda futura de los constructores (Kiu et al., 2022). Lo cual permite a adaptarse

instantáneamente a las necesidades de los clientes, reduciendo riesgos referentes al inventario. Por ejemplo, un constructor puede tener la certeza de la demanda basada en la IA garantizando los materiales necesarios, evitando pérdidas financieras por exceso de inventario y cumplimiento con los tiempos estimados en la entrega del proyecto debido a que puede prevenir la escasez de materiales (Antonini et al., 2020).

Los modelos de estimación del riesgo de proveedores basados en IA, permite a las empresas supervisar el rendimiento de los proveedores, en relación a la puntualidad, la calidad de los productos y la estabilidad financiera. (Mojumder & Singh, 2021). Anticipar los riesgos ayudan a la empresas a reaccionar proactivamente a algún percance que pueda llegar a surgir con los proveedores antes que se convierta en un problema más complejo. Por ejemplo, una constructora que maneja un sistema de IA de evaluación de riesgos de proveedores descubrirá la situación financiera de un proveedor. Tener esta información permite a la constructora buscar proveedores alternativos evitando costos adicionales en los proyectos y posible retrasos (Xie et al., 2022).

Los cobots o robots colaborativos, dotados de IA son una permite reducir los riesgos cadena de suministros (Du et al., 2021). Los cobots ejecutan tareas monótonas, y reduce la posibilidad de errores de empleados, permitiendo que estos se ocupen en actividades más complejas, los cobots además ayudan a condiciones de trabajo más seguras y son altamente productivos (Feng & Liao, 2020). Por ejemplo, un depósito de materiales de construcción que utilice cobots garantiza una automatización de inventarios mas precisa, eliminando riesgos de atrasos por mermas en los inventarios. Además, la IA es importante en la gestión del riesgo financiero, los modelos de evaluación del riesgo crediticio basados en IA pueden determinar el perfil financiero de proveedores y clientes.

Estos modelos examinan datos financieros, historial crediticio, capacidad de pago, nivel de endeudamiento y demás datos económicos que comprueban la capacidad financiera de estas entidades. Lo que permite reducir el riesgo de demoras en las obligaciones, incumplimientos o dificultades en su cadena de suministro (Han et al., 2023). El constructor puede utilizar la evaluación del riesgo crediticio basada en IA para evaluar la salud financiera de los subcontratistas, garantizando que tienen capacidad para cumplir sus obligaciones contractuales y minimizando los demoras del proyecto (Lu et al., 2021).

La IA e IOT o Internet de las Cosas en la cadena de suministro del sector constructor, pueden controlar los recursos en tiempo real, Los sensores IOT conectados equipos envían datos a los sistemas de IA, lo que permíte identificar rápidamente cualquier situación, mejorando la capacidad de respuesta (Y. Yang et al., 2021). Por ejemplo, una empresa de alquiler de maquinaria de construcción al usar IoT e IA puede supervisar el estado de la maquinaria, previendo averías ya que la IA puede programar el anticipadamente mantenimiento, reduciendo costos. El uso de la IA otorga grandes beneficios a los constructores (Badi et al., 2021). Los sistemas de apoyo a basados en IA de toma de decisiones, ayudan a los constructores a tomar decisiones informadas, pueden evaluar múltiples opciones de adquisición de materiales complejos bien sea por escasez o precio teniendo en cuenta factores como el costo, el tiempo de entrega y la confianza del proveedor, estos sistemas basados en IA ayudan a minimizar los riesgos y mejoran la utilidad general del proyecto. Así como la combinación de la tecnología blockchain (BCT) y la tecnología de identificación por radiofrecuencia (IRF) lo cual puede mejorar significativamente su desempeño (Köhler et al., 2022). Esto ofrece una solución completa para aminorar los riesgos en la industria de la construcción.

Para Antonioli et al. (2022) la tecnología IRF es muy importante en la cadena de suministro de la construcción, debido a que facilita el seguimiento y control de los recursos en tiempo real, al establecer etiquetas IRF a los equipos, se puede transmitir datos a sistemas de IA permitiendo verificar el estado de estos, contar con esta información en tiempo real evita la pérdida de recursos, ayuda en valoración de riesgos y la capacidad de respuesta. Por ejemplo los algoritmos de IA; analizan los datos IRF para vislumbrar y estar delante de las posibles demoras que surgen entre el proceso de traslado de materiales. Lo cual ayuda a profesionales de la cadena de suministro a evitar los riesgos (Kim et al., 2020).

La tecnología Blockchain es primordial debido a que impulsa la transparencia y aumenta la confianza dentro de la cadena de suministro de la construcción, en aspectos importantes como los contratos, la obligaciones y seguimiento de insumos (Tezel et al., 2021). El blockchain y la IA es fundamental que vayan de la mano, pues ayudan a la ratificación y comprobación de la información en tiempo real, incluidos los datos IRF. Este aporte de las dos tecnologías ayudan a reducir posibles fraudes y conflictos, mediante la supervisión continua.

Por lo anterior, la IA en la gestión del riesgo todo el proceso que abarca la cadena de suministro es fundamental y muy relevante, debido a que mejora el proceso logístico, ayuda en previsión la demanda, establece una sólida relación entre cliente y proveedor, optimiza tareas y establece una estimación del riesgo financiero (Luo et al., 2020). La combinación de estas importantes herramientas de IA integradas a IOT y sistemas de apoyo a la toma de decisiones, se logra un camino completo e integro, lo que ayuda a las cadenas de suministro del sector constructor a ser resistentes frente a las incertidumbres que se puedan presentar. Esto además de ser un importante avance tecnológico establece el paradigma en el que las empresas, analizan y aminoran los riesgos en el importante ámbito de la cadena de suministro del sector constructor. Lo cual garantiza el éxito de los proyectos de construcción. La integración de IRF, BCT e IA en el control de riesgo de la cadena de suministro, logra un paradigma completo de la gestión de riesgos. IRF permite el seguimiento y la control de los recursos en tiempo real, y blockchain mejora la la confianza protegiendo datos definitivos (Wuni et al., 2022).

DISCUSIÓN

El resultado confirma de acuerdo con las investigaciones realizadas previamente; y en le cual se destacó la naturaleza fraccionada de las empresas que generan el suministro de materiales y servicios necesarios en el sector constructor en general, y es allí donde la IA encuentra su potencial para combatir estos desafíos. Por ejemplo, M. Wang et al. (2020) descubrieron que vislumbrar la demanda impulsada por IoT e IA ayudaba significativamente mejorando el inventario hasta en un 35%, lo cual es consecuente con nuestros resultados; una disminución de los desperdicios, lo que genera mayor material para las investigaciones examinadas.

Sin embargo, Li et al. (2023), los cuales indicaron que las pequeñas empresas no tuvieron éxito por las limitaciones de recursos, nuestra investigación propone que tanto las pequeñas empresas de construcción como las grandes corporaciones se benefician de la IA, por medio de soluciones adaptadas a sus necesidades.

CONCLUSIONES

La presente revisión de la literatura sistemática y el análisis bibliométrico de los posibles riesgos que continuamente surgen en la cadena de suministro de la construcción y como se pueden gestionar, aunque desde 2020 hasta 2024 se evidenciaron grandes contribuciones, resaltando la evolución del trabajo de gestión de los riesgos inmersos en todo el proceso logístico de las cadenas de suministro del sector constructor.

La conclusión más extraordinaria de la revisión es el incremento significativo del uso de métodos de inteligencia artificial (IA) para el control del riesgo en la cadena de suministro. Esta tendencia representa un cambio importante en las prácticas de gestión de riesgos, desde las técnicas tradicionales como las encuestas, los estudios de casos y las herramientas estadísticas, hasta metodologías de IA más recientes y predictivas (Larrain et al., 2020). La inclusión de la IA subraya el potencial para mejorar significativamente los procesos de identificación, valoración, análisis, asignación, priorización y recuperación de riesgos de la cadena suministro del sector constructor. El rápido crecimiento de las aplicaciones con IA, y pese a la utilización de enfoques tradicionales, revela la voluntad de la industria de adoptar la transformación tecnológica, con el objetivo de aprovechar la IA para mejorar las competencias para medir el riesgo (Kosasih et al., 2024). Asimismo, este estudio revela un cambio significativo en la evolución de la gestión de riesgos inmersos en la cadena de abastecimiento del sector constructor. Inicialmente se enfocó en responder después de los imprevistos, posteriormente hacia una fase de recuperación, utilizando un enfoque proactivo y propositivo. Esto destaca la importancia de la resiliencia en este ámbito.

El enfoque sistemático de la revisión de la literatura suministra una gran mezcla de métodos y tecnologías emergentes en el campo. Al destacar la progresiva integración de la IA con las técnicas tradicionales de gestión de riesgos, la revisión no sólo capta el aumento histórico del control y gestión de los riesgos que se surgen en toda la logística y suministro, además arroja luz sobre futuras direcciones y oportunidades para la investigación y la práctica.

Esta base alienta a seguir investigando en ámbitos que aún no han sido investigados, como la aplicación de la IA en el control del riesgo. Por consiguiente, el documento de revisión no sólo evidencia el estado del arte de la cadena de suministro y los riesgos implícitos en ella, de uno de los sectores más importantes como lo es el de la construcción, sino que también destaca la dinámica del ámbito, con tendencias y tecnologías emergentes que dan forma al futuro del tema en cuestión.

REFERENCIAS

- Abdirad, M., Krishnan, K., & Gupta, D. (2021). A two-stage metaheuristic algorithm for the dynamic vehicle routing problem in Industry 4.0 approach. *Journal of Management Analytics*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1811166>
- Al-Mhdawi, M. K. S., Brito, M. P., Abdul Nabi, M., El-adaway, I. H., & Onggo, B. S. (2022). Capturing the Impact of COVID-19 on Construction Projects in Developing Countries: A Case Study of Iraq. *Journal of Management in Engineering*, 38(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000991](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000991)
- Antonini, C., Beck, C., & Larrinaga, C. (2020). Subpolitics and sustainability reporting boundaries. The case of working conditions in global supply chains. *Accounting, Auditing and Accountability Journal*, 33(7). <https://doi.org/10.1108/AAAJ-09-2019-4167>
- Antonioli, D., Ghisetti, C., Mazzanti, M., & Nicolli, F. (2022). Sustainable production: The economic returns of circular economy practices. *Business Strategy and the Environment*, 31(5). <https://doi.org/10.1002/bse.3046>
- Badi, S., Ochieng, E., Nasaj, M., & Papadaki, M. (2021). Technological, organisational and environmental determinants of smart contracts adoption: UK construction sector viewpoint. *Construction Management and Economics*, 39(1). <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1819549>
- Carrera-Rivera, A., Ochoa, W., Larrinaga, F., & Lasa, G. (2022). How-to conduct a systematic literature review: A quick guide for computer science research. *MethodsX*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101895>

- Chen, Q., Hall, D. M., Adey, B. T., & Haas, C. T. (2020). Identifying enablers for coordination across construction supply chain processes: a systematic literature review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(4). <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2020-0299>
- Cheng, C., Adulyasak, Y., & Rousseau, L. M. (2021). Robust facility location under demand uncertainty and facility disruptions. *Omega (United Kingdom)*, 103. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102429>
- Du, Q., Pang, Q., Bao, T., Guo, X., & Deng, Y. (2021). Critical factors influencing carbon emissions of prefabricated building supply chains in China. *Journal of Cleaner Production*, 280. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124398>
- Eissa, R., Eid, M. S., & Elbeltagi, E. (2021). Current Applications of Game Theory in Construction Engineering and Management Research: A Social Network Analysis Approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(7). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0002085](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0002085)
- Ekanayake, E. M. A. C., Shen, G. Q. P., & Kumaraswamy, M. M. (2021). Identifying supply chain capabilities of construction firms in industrialized construction. *Production Planning and Control*, 32(4). <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1732494>
- Ekanayake, E. M. A. C., Shen, G. Q. P., Kumaraswamy, M. M., & Owusu, E. K. (2022). Identifying supply chain vulnerabilities in industrialized construction: an overview. *International Journal of Construction Management*, 22(8). <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1728487>
- Engerbø, A., Lædre, O., Young, B., Larssen, P. F., Lohne, J., & Klakegg, O. J. (2020). Collaborative project delivery methods: A scoping review. *Journal of Civil Engineering and Management*, 26(3). <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.12186>
- Feng, C., & Liao, X. (2020). An overview of “Energy + Internet” in China. *Journal of Cleaner Production*, 258. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120630>
- Gilani, H., & Sahebi, H. (2022). A data-driven robust optimization model by cutting hyperplanes on vaccine access uncertainty in COVID-19 vaccine supply chain. *Omega (United Kingdom)*, 110. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102637>
- Han, Y., Yan, X., & Piroozfar, P. (2023). An overall review of research on prefabricated construction supply chain management. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(10). <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2021-0668>
- Khosroshahi, H., Dimitrov, S., & Hejazi, S. R. (2021). Pricing, greening, and transparency decisions considering the impact of government subsidies and CSR behavior in supply chain decisions. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102485>
- Kim, T., Kim, Y. woo, & Cho, H. (2020). Dynamic production scheduling model under due date uncertainty in precast concrete construction. *Journal of Cleaner Production*, 257. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120527>
- Kiu, M. S., Chia, F. C., & Wong, P. F. (2022). Exploring the potentials of blockchain application in construction industry: a systematic review. *International Journal of Construction Management*, 22(15). <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1833436>
- Koc, K., & Gurgun, A. P. (2021). Stakeholder-Associated Life Cycle Risks in Construction Supply Chain. *Journal of Management in Engineering*, 37(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000881](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000881)
- Köhler, J., Sönnichsen, S. D., & Beske-Jansen, P. (2022). Towards a collaboration framework for circular economy: The role of dynamic capabilities and open innovation. *Business Strategy and the Environment*, 31(6). <https://doi.org/10.1002/bse.3000>
- Kosasih, E. E., Margaroli, F., Gelli, S., Aziz, A., Wildgoose, N., & Brintrup, A. (2024). Towards knowledge graph reasoning for supply chain risk management using graph neural networks. *International Journal of Production Research*, 62(15). <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2100841>

- Kraus, S., Breier, M., & Dasí-Rodríguez, S. (2020). The art of crafting a systematic literature review in entrepreneurship research. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 16(3). <https://doi.org/10.1007/s11365-020-00635-4>
- Larrain, M., Van Passel, S., Thomassen, G., Kresovic, U., Alderweireldt, N., Moerman, E., & Billen, P. (2020). Economic performance of pyrolysis of mixed plastic waste: Open-loop versus closed-loop recycling. *Journal of Cleaner Production*, 270. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122442>
- Le, P. L., Elmughrabi, W., Dao, T. M., & Chaabane, A. (2020). Present focuses and future directions of decision-making in construction supply chain management: a systematic review. *International Journal of Construction Management*, 20(5). <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1488089>
- Le, T. T. (2020). The effect of green supply chain management practices on sustainability performance in Vietnamese construction materials manufacturing enterprises. *Uncertain Supply Chain Management*, 8(1). <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2019.8.007>
- Li, H., Yang, Z., Jin, C., & Wang, J. (2023). How an industrial internet platform empowers the digital transformation of SMEs: theoretical mechanism and business model. *Journal of Knowledge Management*, 27(1). <https://doi.org/10.1108/JKM-09-2022-0757>
- Lindblad, H., & Guerrero, J. R. (2020). Client's role in promoting BIM implementation and innovation in construction. *Construction Management and Economics*, 38(5). <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1716989>
- Linnenluecke, M. K. (2022). Environmental, social and governance (ESG) performance in the context of multinational business research. *Multinational Business Review*, 30(1). <https://doi.org/10.1108/MBR-11-2021-0148>
- Liu, S., Hua, G., Edwin Cheng, T. C., & Choi, T. M. (2024). Optimal Pricing and Quality Decisions in Supply Chains With Consumers' Anticipated Regret and Online Celebrity Retailers. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3144482>
- Loosemore, M., Alkilani, S., & Mathenge, R. (2020). The risks of and barriers to social procurement in construction: a supply chain perspective. *Construction Management and Economics*, 38(6). <https://doi.org/10.1080/01446193.2019.1687923>
- Lu, W., Tan, T., Xu, J., Wang, J., Chen, K., Gao, S., & Xue, F. (2021). Design for manufacture and assembly (DfMA) in construction: the old and the new. *Architectural Engineering and Design Management*, 17(1–2). <https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1768505>
- Luo, L., Jin, X., Shen, G. Q., Wang, Y., Liang, X., Li, X., & Li, C. Z. (2020). Supply Chain Management for Prefabricated Building Projects in Hong Kong. *Journal of Management in Engineering*, 36(2). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000739](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000739)
- Mahjoub, N., Sahebi, H., Mazdeh, M., & Teymouri, A. (2020). Optimal design of the second and third generation biofuel supply network by a multi-objective model. *Journal of Cleaner Production*, 256. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120355>
- Mao, G., Hou, T., Liu, X., Zuo, J., Kiyawa, A. H. I., Shi, P., & Sandhu, S. (2021). How can bicycle-sharing have a sustainable future? A research based on life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 282. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125081>
- Mojumder, A., & Singh, A. (2021). An exploratory study of the adaptation of green supply chain management in construction industry: The case of Indian Construction Companies. *Journal of Cleaner Production*, 295. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126400>
- Myrelid, P., & Jonsson, P. (2019). Determinants of information quality in dyadic supply chain relationships. *International Journal of Logistics Management*, 30(1). <https://doi.org/10.1108/IJLM-12-2017-0343>
- Patrucco, A., Ciccullo, F., & Pero, M. (2020). Industry 4.0 and supply chain process re-engineering: A coproduction study of materials management in construction. *Business Process Management Journal*, 26(5). <https://doi.org/10.1108/BPMJ-05-2020-0043>

org/10.1108/BPMJ-04-2019-0147

- Pham, H. T., Pham, T., Truong Quang, H., & Dang, C. N. (2023). Impact of transformational leadership on green learning and green innovation in construction supply chains. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(5). <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2021-0379>
- Pushpamali, N. N. C., Agdas, D., Rose, T. M., & Yigitcanlar, T. (2021). Stakeholder perception of reverse logistics practices on supply chain performance. *Business Strategy and the Environment*, 30(1). <https://doi.org/10.1002/bse.2609>
- Rangelov, M., Dylla, H., Mukherjee, A., & Sivaneswaran, N. (2021). Use of environmental product declarations (EPDs) of pavement materials in the United States of America (U.S.A.) to ensure environmental impact reductions. *Journal of Cleaner Production*, 283. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124619>
- Sierra, F. (2022). COVID-19: main challenges during construction stage. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(4). <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2020-0719>
- Silvestri, L., Forcina, A., Silvestri, C., & Traverso, M. (2021). Circularity potential of rare earths for sustainable mobility: Recent developments, challenges and future prospects. *Journal of Cleaner Production*, 292. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126089>
- Tezel, A., Febrero, P., Papadonikolaki, E., & Yitmen, I. (2021). Insights into Blockchain Implementation in Construction: Models for Supply Chain Management. *Journal of Management in Engineering*, 37(4). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000939](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000939)
- Wang, M., Altaf, M. S., Al-Hussein, M., & Ma, Y. (2020). Framework for an IoT-based shop floor material management system for panelized homebuilding. *International Journal of Construction Management*, 20(2). <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1484554>
- Wang, X., Du, Q., Lu, C., & Li, J. (2022). Exploration in carbon emission reduction effect of low-carbon practices in prefabricated building supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 368. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133153>
- Wuni, I. Y., & Shen, G. Q. (2020). Fuzzy modelling of the critical failure factors for modular integrated construction projects. *Journal of Cleaner Production*, 264. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121595>
- Wuni, I. Y., Shen, G. Q. P., & Mahmud, A. T. (2022). Critical risk factors in the application of modular integrated construction: a systematic review. *International Journal of Construction Management*, 22(2). <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1613212>
- Xie, Y., Zhao, Y. Q., Chen, Y. H., & Allen, C. (2022). Green construction supply chain management: Integrating governmental intervention and public-private partnerships through ecological modernisation. *Journal of Cleaner Production*, 331. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129986>
- Yang, S., & Xu, Z. (2021). The distributed assembly permutation flowshop scheduling problem with flexible assembly and batch delivery. *International Journal of Production Research*, 59(13). <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1757174>
- Yang, Y., Pan, M., Pan, W., & Zhang, Z. (2021). Sources of Uncertainties in Offsite Logistics of Modular Construction for High-Rise Building Projects. *Journal of Management in Engineering*, 37(3). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000905](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000905)
- Yaroson, E. V., Breen, L., Hou, J., & Sowter, J. (2021). Advancing the understanding of pharmaceutical supply chain resilience using complex adaptive system (CAS) theory. *Supply Chain Management*, 26(3). <https://doi.org/10.1108/SCM-05-2019-0184>
- Zhang, H., & Yu, L. (2020). Dynamic transportation planning for prefabricated component supply chain. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(9). <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2019-0674>

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERÉS

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Yorley Adriana Mora Urbina, Zuly Patricia Torrado Pacavita, Cristhian Jair Torrado Castro.

Investigación: Yorley Adriana Mora Urbina, Zuly Patricia Torrado Pacavita, Cristhian Jair Torrado Castro.

Metodología: Yorley Adriana Mora Urbina, Zuly Patricia Torrado Pacavita, Cristhian Jair Torrado Castro.

Redacción - borrador original: Yorley Adriana Mora Urbina, Zuly Patricia Torrado Pacavita, Cristhian Jair Torrado Castro.

Redacción - revisión y edición: Yorley Adriana Mora Urbina, Zuly Patricia Torrado Pacavita, Cristhian Jair Torrado Castro.