

# Challenges and Opportunities of Digital Transformation and Artificial Intelligence in Sustainable Construction in Peru

Guevara Becerra Jhan Jairo Abel, Bach.<sup>1</sup> , Pompa López Leoncio Benito, Bach.<sup>2</sup> , Villanueva Bazán Lillian rocio, Mgs<sup>1</sup> , Romero Cueva Yoner Jaime, Doctor<sup>3</sup> 

Universidad Privada del norte, Cajamarca, Perú, N00228105@upn.pe, Universidad Privada del norte, Cajamarca, Perú, N00220859@upn.pe, Universidad Privada del norte, Cajamarca, Perú, [lilian.villanueva@upn.edu.pe](mailto:lilian.villanueva@upn.edu.pe)<sup>1</sup> Universidad Privada del norte, Cajamarca, Perú, [yoner.romero@upn.edu.pe](mailto:yoner.romero@upn.edu.pe)<sup>3</sup>

*Abstract– Currently, the construction industry in Peru faces low levels of productivity and notable resistance to digital transformation, factors that restrict its growth. The lack of digitalization translates into errors in costs, delays and poor decision making, however, the integration of technologies such as Building information Modeling (BIM), the internet of things (IoT) and Big data that could revolutionize this sector. These tools not only improve efficiency and sustainability, but also optimize project planning and management. BIM simplifies collaboration in design and construction, creating digital models that support decision making. On the other hand, the IoT allows the interconnection of devices for real-time monitoring and resource management, likewise, Big Data provides valuable information for optimization and predictive maintenance, on the other hand, artificial intelligence offers solutions such as machine, predictive analysis, learning and Deep learning that improve efficiency and reduce costs. Artificial intelligence also improves building design to reduce environmental impact and increase energy efficiency. Sustainable construction in Peru focuses on reducing the environmental impact and therefore improving efficiency in the use of resources, which includes the use of ecological materials, the digital transformation of artificial intelligence are key to overcoming challenges and taking advantage of opportunities in this area allowing a more sustainable and efficient development in the construction industry.*

**Keywords:** “Artificial intelligence”, “digital transformation” and “sustainable construction”

# Desafíos y Oportunidades de la Transformación Digital y la Inteligencia Artificial en la Construcción Sostenible en Perú

Guevara Becerra Jhan Jairo Abel, Bach.<sup>1</sup>, Pompa López Leoncio Benito, Bach.<sup>2</sup>, Villanueva Bazán Lillian rocío, Mgs<sup>1</sup>,  
Romero Cueva Yoner Jaime, Doctor<sup>3</sup>  
Universidad Privada del norte, Cajamarca, Perú, N00228105@upn.pe, Universidad Privada del norte, Cajamarca, Perú,  
N00220859@upn.pe, Universidad Privada del norte, Cajamarca, Perú, [lilian.villanueva@upn.edu.pe](mailto:lilian.villanueva@upn.edu.pe)<sup>1</sup> Universidad Privada del  
norte, Cajamarca, Perú, [yoner.romero@upn.edu.pe](mailto:yoner.romero@upn.edu.pe)<sup>3</sup>

*Resumen– Actualmente, la industria de la construcción en el Perú enfrenta bajos niveles de productividad y una notable resistencia a la transformación digital, factores que restringen su crecimiento. La falta de digitalización se traduce en errores en costos, retrasos y mala toma de decisiones, sin embargo, la integración de tecnologías como Building Information Modeling (BIM), el internet de las cosas (IoT) y Big data que podrían revolucionar este sector. Estas herramientas no solo mejoran la eficiencia y sostenibilidad, sino que también optimizan la planificación y gestión de proyectos. BIM simplifica la colaboración en el diseño y la construcción, creando modelos digitales que apoyan la toma de decisiones. Por otro lado, el IoT permite la interconexión de dispositivos para el monitoreo en tiempo real y la gestión de recursos, así mismo, el Big Data proporciona información valiosa para la optimización y el mantenimiento predictivo, por otro lado, la inteligencia artificial ofrece soluciones como machine, análisis predictivo, aprendizaje y Deep learning que mejoran la eficiencia y reducen costos. La inteligencia artificial también mejora el diseño de edificios para reducir el impacto ambiental y aumentar la eficiencia energética. La construcción sostenible en el Perú se enfoca en reducir el impacto ambiental y por ende mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, lo que incluye el uso de materiales ecológicos, la transformación digital de la inteligencia artificial son claves para superar los retos y aprovechar las oportunidades en este ámbito permitiendo un desarrollo más sostenible y eficiente en la industria de la construcción.*

**Palabras clave:** “Inteligencia artificial”, “transformación digital” y “construcción sostenible”

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria de la construcción se encuentra estancada en cuando a su crecimiento, de hecho, esta industria presenta bajos niveles de productividad si la comparamos con otras industrias como la textil o manufacturera [1]. Es ahí donde observamos que la mayoría de las industrias innovan constantemente en el uso de distintas herramientas tecnológicas, mientras que la falta de digitalización y los métodos tradicionales que rigen la industria de la construcción hace que la brecha digital se agrande [2]. De hecho, esta industria presenta una cultura de resistencia al cambio y es por ello que cuenta con la menor digitalización [3]. Esta falta de inclusión digital provoca que se sigan teniendo errores en aspectos como costos, retrasos en proyectos, mal desempeño, mala toma de decisiones, atrasos,

etc. [4]. En la actualidad no se puede negar que la construcción requiere adoptar una transformación digital mejorando no solo la gestión en diferentes proyectos sino también brindando infraestructuras sostenibles [5].

Frente a ello, en los últimos años la transformación digital y la IA han revolucionado de manera positiva en diversas industrias, fomentando la eficiencia operativa y las innovaciones [6]. La aplicación de estas tecnologías en la industria de la construcción no debería ser una excepción, ya que estas innovaciones tecnológicas pueden revolucionar la manera de planificar, diseñar, construir y gestionar los proyectos de construcción, haciéndola más sostenible y brindando soluciones para afrontar los desafíos ambientales propios de la industria [7]. Lo que implica una construcción basada en minimizar el consumo de recursos naturales, emisiones de gases de efecto invernadero, gestión adecuada de residuos, garantizando la durabilidad y resiliencia en las edificaciones [8]. Sin embargo; adoptar estas tecnologías en la construcción sostenible, no solo presenta oportunidades, sino que también presenta desafíos.

Nuestro país posee una gran diversidad geográfica y una economía en crecimiento [9], por lo que se puede beneficiar significativamente de la transformación digital y la IA, ya que se ha demostrado que su implementación brinda grandes beneficios [7]. Sin embargo, su adopción en Perú enfrenta múltiples obstáculos que de superarse darían paso a mejoras en la sostenibilidad en la construcción.

Esta investigación se realizará bajo un enfoque crítico y una revisión de la literatura existente con el objetivo de analizar e identificar los desafíos y oportunidades de la transformación digital y la IA en el desarrollo de una construcción sostenible en nuestro país. Para esto se analizarán las iniciativas actuales y las oportunidades de implementación que se usan en Perú. De igual manera se estudiarán las barreras que impiden una acogida total de estas tecnologías.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Transformación digital en la construcción

La transformación digital se refiere a implementar nuevas tecnologías digitales en todas las áreas de una industria [10], realizando modificaciones en la manera en la que se trabaja, se entrega valor a los clientes, mientras se mantienen

procesos adaptados a todos los cambios del mercado [11]. Esta transformación tiene un impacto significativo al introducir nuevas tecnologías y métodos que pueden aumentar la eficiencia, modernizar procesos, mejorar la toma de decisiones, reducir costos y mejorar la sostenibilidad [10]. En el ámbito de la construcción, la transformación digital está impulsada principalmente por el Building Information Modeling (BIM), internet de las cosas (IoT) y Big data [12].

**Building Information Modeling (BIM):** es un método de trabajo que integra todos los procesos y el flujo de información de forma colaborativa e integrada para gestionar los proyectos de edificación (arquitectura, ingeniería, construcción). BIM es el proceso que abarca la generación y gestión de la información física y funcional de un proyecto. El resultado del proceso es lo que llamamos BIMs o modelos de información de construcción que son, en última instancia, archivos digitales que describen todos los aspectos del proyecto y apoyan la toma de decisiones a lo largo del ciclo del proyecto para garantizar que la planificación, el diseño y la construcción de edificios sean altamente eficientes [13].

**Internet de las cosas (IoT):** Se refiere a la interconexión en red de todos los dispositivos conectados para recoger y analizar datos en tiempo real. En este contexto, Internet puede ser también una plataforma para dispositivos que se comunican electrónicamente, comparten información y datos específicos con el mundo que les rodea. Así, la IoT puede verse como una verdadera evolución de lo que conocemos como Internet añadiendo una interconectividad más extensa, una mejor percepción de la información y servicios inteligentes más completos. Facilitando la toma de decisiones informadas y la optimización de recursos [14].

**Big data:** Es un término que describe grandes cantidades de datos complejos que reciben las industrias y empresas a diario, estos datos brindan una información valiosa siempre que se utilicen técnicas y tecnologías adecuadas para su procesamiento. Esta información es de vital importancia debido a que su análisis permite la optimización, gestión de recursos, monitoreo en tiempo real, mantenimiento predictivo y mejoras significativas en la toma de decisiones del proyecto [15].

## *B. Inteligencia Artificial en la Construcción*

La inteligencia artificial es una rama de la informática que intenta reproducir las funciones cognitivas humanas como el razonamiento, la memoria y, después, añadir una parte de esas facultades, que se consideramos signos de inteligencia, a los ordenadores utilizando algoritmos y modelos. Y de esta manera realizar actividades que requieren de inteligencia humana [16].

En el contexto de la construcción sostenible en nuestro país, se busca la optimización de procesos, mejora de eficiencia y sostenibilidad. Ante esto la IA ofrece distintas alternativas de solución:

**Análisis Predictivo y Gestión de Proyectos:** Como consecuencia de la capacidad de la IA para procesar grandes volúmenes de datos, esta herramienta puede optimizar la

planificación de proyectos y mejorar la toma de decisiones, lo que resulta en una reducción de costos, recursos, tiempos y una mayor eficiencia [17,18].

**Machine Learning y Deep Learning:** Esta herramienta permite que los sistemas funcionen de manera autónoma ya que la IA tiene la capacidad de aprender y mejorar a partir de datos. En la industria de la construcción su uso cada vez es más frecuente en áreas como diseño estructural [19].

**Optimización de Diseño:** La IA permite realizar diseños que minimicen el impacto ambiental y se beneficien de una gran eficiencia energética [20].

**Monitoreo y Mantenimiento Predictivo:** La IA puede analizar los datos del proyecto y predecir posibles fallas, proporcionando mantenimientos preventivos y gran disminución de costos [21].

## *C. Construcción sostenible*

La construcción sostenible o ecológica, se enfoca en reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia del uso de recursos en el diseño y construcción de edificaciones. Su propósito principal es mantener un equilibrio entre el desarrollo urbano, la conservación del medio ambiente y la mejora de calidad de vida [22].

Este tipo de construcción se basa en la eficiencia energética, uso eficiente de recursos, impacto ambiental reducido y bienestar y salud de los ocupantes. Todo esto sin perder de vista las disposiciones expresadas en las normas vigentes [22].

Para que la construcción sostenible pueda cumplir con reducir el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida de una edificación, esta debe incluir algunas herramientas proporcionadas por el uso de nuevas tecnologías como un plan de eficiencia energética, uso de materiales ecológicos, gestión de residuos y un diseño sostenible.

**Eficiencia energética:** Un gran ejemplo sobre eficiencia energética, son los edificios de energía neta cero (NZEB), que incluyen sistemas de gestión energética inteligentes. Uno de los beneficios de la integración de estos nuevos sistemas, es la posibilidad de desarrollar edificaciones que consuman menor cantidad de energía, alimentándose de fuentes renovables [23].

**Materiales ecológicos y gestión de residuos:** El uso de estas herramientas en obras civiles, ayuda a mejorar el uso eficiente de los materiales de construcción y mejora la gestión de residuos, por lo tanto, se fomentan prácticas sostenibles como la mejora de procesos para minimizar desperdicios y el uso de materiales de bajo impacto ambiental [18,24].

**Diseño sostenible:** Implementar estas herramientas en el rubro de la construcción permite evaluar el impacto ambiental de las edificaciones desde la etapa de diseño, facilitando la implementación de estrategias de mitigación de impacto ambiental [25].

### III. METODOLOGÍA

La presente investigación utiliza un análisis descriptivo, esencial para estudios del tipo cualitativo. Además, emplea un estilo narrativo. A partir de ello se realizó una revisión de la literatura existente en distintos repositorios académicos como Google Scholar y SciELO para determinar cuáles son los desafíos y oportunidades de la transformación digital y la inteligencia artificial en la construcción sostenible en Perú. Se buscaron fuentes de información que van desde el año 2014 hasta el año 2024 debido a que se requieren los desafíos y oportunidades que se presentan actualmente en la adopción de nuevas tecnologías digitales. Se obtuvo una gran cantidad de artículos científicos brindados por estas plataformas, además la búsqueda se realizó utilizando palabras clave como “Inteligencia artificial”, “transformación digital” y “construcción sostenible”. Luego discernimos la información para así solo quedarnos con las fuentes que respondan a la pregunta ¿Cuáles son los desafíos y oportunidades de la transformación digital y la inteligencia artificial en la construcción sostenible en Perú?, en función de estos criterios se obtuvieron 48 artículos que se relacionan con el tema planteado.

TABLA I  
ARTÍCULOS SEGÚN LOS CRITERIOS DE BÚSQUEDA

| Autor              | Artículo  | Categoría   |
|--------------------|---|---|
| Toledo, E. et al.  | Desafíos de la transformación digital de las microfinanzas en el Perú   | Artículos de revisión.  |
| Mercado, I. et al. | Transformación digital en la formación jurídica   | Concepto y clasificación de las tecnologías educativas modernas   |
| Palma, A. et al.   | Revolución tecnológica e inclusión social: reflexiones sobre desafíos y oportunidades para la política social en América Latina | Las tecnologías de la cuarta revolución industrial                |
| Laurente, I.       | Normativa, agenda digital y política de transformación digital: hacia un gobierno digital peruano                               | Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital            |
| Marín, G.          | Integración de la inteligencia artificial en la arquitectura en América Latina: desafíos y oportunidades                        | Desafíos y oportunidades  |
| Chocobar, M.       | Política Nacional de Transformación Digital: Aspectos centrales para la equidad digital   | Transformación Digital de la Presidencia del Consejo de ministros |

|  |  |   |
|--|--|---|
| Zamora, K.                             | La transformación digital en la gestión de servicio al cliente en las empresas odontológicas del distrito de Miraflores en el año 2020 | Transformación digital influye en la gestión de servicio al cliente en las empresas odontológicas |
| Sanchez, A. & Castañeda, M.            | Desarrollo sostenible, transformación digital y atención a las personas: oportunidades y riesgos del envejecimiento demográfico        | Desarrollo sostenible   |
| García, R. et al.                      | Transformación digital en el Derecho   | Tecnologías y el derecho  |
| Dini, N. & Gligo, N. et al.            | Transformación digital de las mipymes: elementos para el diseño de políticas   | Tecnologías digitales y proceso de digitalización   |
| Cristallo, J. & Lavin, R. et al.       | Transformación digital en el sistema de justicia   | Oportunidades para una justicia rápida, accesible y transparente                                  |
| Campos, J. et al.                      | Estrategias de transformación digital en empresas tradicionales  | Transformación digital-empresas   |
| Mamani, J. & Cupita, L.                | Disrupciones impulsadas por la transformación digital en el dominio de la sostenibilidad ambiental: Revisión sistemática               | Sistema de Gestión Ambiental  |
| Galloso, J. & Ramírez, D. et al.       | Estrategia de transformación digital para la industria de los hidrocarburos: caso: Campo Digital Olympic Perú                          | Campo Digital Olympic Perú  |
| Valdes, L.                             | Transformación digital en la logística de América Latina y el Caribe   | Transformación digital  |
| Ospina, M. & Zambrano, K.              | Gobierno digital e inteligencia artificial, una mirada al caso colombiano  | gobierno digital, inteligencia artificial.  |
| Estopiñan, M.                          | Transformación digital, aplicaciones de la inteligencia artificial e Industria 4.0   | Software de apoyo al proceso de generación de proyectos de innovación                             |
| Valderrama, B.                         | Transformación digital y organizaciones ágiles   | Organizaciones ágiles   |
| Pedraza, J.                            | La inteligencia artificial en la sociedad: explorando su impacto actual y los desafíos futuros   | Desafíos futuros.   |
| De Los Angeles, L. & Carrion L, et al. | La transformación digital y su influencia en la operatividad marítima portuaria del Callao del 2019 al 2022                            | La transformación digital de los puertos marítimos aplicando tecnología en sus actividades        |

|  |  |   |
|--|--|---|
| Morocho, R. & Cartuche, A. et al           | Integración de la Inteligencia Artificial en la Educación  | Integración tecnológica   |
| Quispe, C.                                 | Transformación Digital en la Industria 4.0 una Revisión de la Literatura   | La industria  |
| Domínguez, M.                              | Agilidad y transformación digital en el entorno Vucut  | Incorporar las tecnologías y automatizar procesos               |
| Mariño, C. & Izquierdo, W. et al           | Modelo de transformación digital de los sistemas de gestión de calidad iso 9001:2015   | Diseños de investigación  |
| Spinak, E.                                 | Inteligencia Artificial y comunicación de investigaciones  | Investigación y comunicación científica                         |
| Labrador, J.                               | Implicaciones éticas de la inteligencia artificial en las ciencias de la educación   | Investigación cualitativa en el ámbito de las ciencias sociales |
| Dávila, J. & Oyedele, L.                   | Digital Twins for the built environment: learning from conceptual and process models in manufacturing                              | Advanced Engineering Informatics                                |
| Young, D. & Panthi, K. et al.              | Challenges Involved in Adopting BIM on the Construction Jobsite  | EPiC series in built environment                                |
| Athanasios, P. & Angeliki, P. an kr.       | Investigating antecedents and drivers affecting the adoption of collaboration technologies in the construction industry            | Project Management Information Technology                       |
| Baiyere, A. Hannu, S. & Tapanainen, Tommi. | Digital transformation and the new logics of business process management   | European systems information system                             |
| Kravchenko, I.                             | ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ  | Economía y negocios según la clasificación de la OECD           |
| Vargas, R.                                 | Construcción sostenible: una estrategia para una mejor edificación   | Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética                     |
| Solis, M. & Mata, E.                       | Metodología para la gestión de recursos de consumo energético durante el proceso constructivo                                      | Artículos científicos de experiencia social didáctica           |
| Gutierrez, D. & Guzman, T. et al.          | Análisis costo-beneficio del aprovechamiento y la recirculación de los residuos en un sistema productivo de cacao: estudio de caso | Salud publica   |

|                                      |   |                           |
|--------------------------------------|---|---------------------------|
| Pino, M. & Soto, C. et al            | Construcción del Índice de Riesgo para determinar la Sostenibilidad del Servicio de Agua y Saneamiento (IRSSAS) en distritos rurales de Costa Rica atendidos por ASADAs | Ingeniería y tecnología   |
| Giuseppina, M. Briones, olga. et al. | Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth  | Ciencias sociales         |
| Mendoza, J. & Quispe, M. et al.      | Una revisión sobre el rol de la inteligencia artificial en la industria de la construcción  | Ciencias sociales         |
| Chávez, A.                           | Rediseñando la titularidad de las obras: Inteligencia artificial y robótica   | Ciencias sociales         |
| Reyes, O. Ortiz, M. & Useche, M.     | Técnicas de inteligencia artificial utilizadas en el procesamiento de imágenes y su aplicación en el análisis de pavimentos   | Ingeniería                |
| Ocaña, Y. Valenzuela, A. & Garro, L. | Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior  | Ingeniería                |
| Borges, R.                           | Inteligencia artificial: retos, desafíos y oportunidades - Prometea: la primera inteligencia artificial de Latinoamérica al servicio de la Justicia                     | Ingeniería                |
| Navarro, R.                          | Descripción de los riesgos y desafíos para la integridad académica de aplicaciones generativas de inteligencia artificial   | Ingeniería                |
| Álvarez, J.                          | La inteligencia artificial en la gestión de proyectos de inversión pública del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento                                       | Ingeniería industrial     |
| Bahoque, E. & Gómez, O. et al.       | Gestión del Conocimiento en la Industria de la Construcción: Estudio de un caso   | Gestión de proyectos      |
| Granados, J.                         | Análisis de la inteligencia artificial en las relaciones laborales  | Inteligencia artificial   |
| Borda, X.                            | Desafíos y oportunidades de la Inteligencia Artificial en la Educación Superior   | Estudios latinoamericanos |
| González, F. & Giralt, M. et al      | Inteligencia Artificial (IA): Una nueva oportunidad para el sector de la construcción   | Infraestructura           |

|              |   |                         |
|--------------|---|-------------------------|
| Becerril, A. | Retos para la regulación jurídica de la Inteligencia Artificial en el ámbito de la Ciberseguridad | Inteligencia artificial |
|--------------|---|-------------------------|

#### IV. RESULTADOS

TABLA II  
DESAFIOS Y OPORTUNIDADES DE LA IMPLEMENTACION DE  
TECNOLOGIAS DIGITALES EN PERÚ

| ASPECTO              | DESAFÍOS  | OPORTUNIDADES  |
|----------------------|---|--|
| Infraestructura      | Infraestructura digital limitada y desigual en el país.                               | Desarrollo de nuevas infraestructuras digitales y modernización de las existentes.   |
| Adopción tecnológica | Resistencia al cambio   | Mejora la eficiencia operativa, optimización de recursos y reducción de costos   |
| Inversión inicial    | Costo de implementación   | Beneficios a largo plazo   |
| Innovación           | Lentitud en la integración de sistemas  | Eficiencia operacional   |
| Información          | Calidad de datos  | Toma de decisiones informadas  |
| Seguridad            | Seguridad y privacidad de la información  | Sistemas de seguridad avanzados  |
| Capacitación         | Capacitación y habilidades  | Desarrollo de nuevas habilidades, innovación y competitividad  |
| Sostenibilidad       | Dificultad en la integración de nuevas tecnologías que permitan practicas sostenibles | Sostenibilidad ambiental, mejora de calidad de vida, reducción de residuos, gestión energética, mantenimiento predictivo, planificación y diseño avanzado. |

#### V. DISCUSIÓN

La deficiencia de infraestructura tecnológica en el país ha sido una gran causal del poco desarrollo urbano en el Perú [26]. Debido a que este déficit, representa una gran barrera que limita la adopción de nuevas tecnologías que permitan una construcción sostenible [27].

Esto sumado a que la implementación de nuevas tecnologías en esta industria se enfrenta a las barreras impuestas por los métodos tradicionales de construcción y la cultura empresarial conservadora, lo que a la larga genera una ralentización en la adopción de nuevas tecnologías y prácticas amigables con el ambiente [28]. La adopción de estas herramientas digitales conlleva a elevados costos iniciales ya que es necesaria la implementación de hardware, software, y capacitación necesaria, lo que ocasiona que muchas empresas presentes en el rubro de la construcción vean limitada su aplicación ya que además esta inversión monetaria presenta un retorno de inversión muchas veces incierto [29].

También se debe mencionar que esta tecnología requiere de gran cantidad de datos y una gran velocidad de procesamiento, lo que puede generar posibles incompatibilidades entre sistemas antiguos y nuevos,

obstaculizando la eficiencia de la información recibida [30]. Además, es de suma importancia garantizar la calidad y seguridad de los datos ya que la IA y otras tecnologías digitales depende mucho de esta información para optimizar su rendimiento [31]. En Perú la calidad y disponibilidad de datos relacionados con el sector construcción son muy limitados, lo que representa un obstáculo en la adopción de nuevas tecnologías en la construcción sostenible [32].

Pero también se debe mencionar que el uso de nuevas tecnologías digitales y la IA mejoran significativamente la gestión, optimización de recursos y reducción de errores ya que minimiza las dudas e incertidumbre, facilitando la toma de decisiones basadas en análisis de datos lo que resulta en la mejora de los resultados generales [33]. Conllevando a una reducción de costos en los proyectos de construcción. Facilitando la innovación en diseños sostenibles, analizando tendencias y realizando simulaciones. Incluso propicia la competitividad nacional e internacional, abriendo paso a nuevas oportunidades de mercado y mejorando significativamente la calidad de los proyectos que se ejecutan [34].

Asimismo, la capacidad de análisis de datos de estas herramientas permite el anticipo de problemas y realizar mantenimientos preventivos [35], facilitando la detección temprana de anomalías y posibles irregularidades durante el proceso de construcción [36], lo que genera que la vida útil de las edificaciones se extienda, generando ambientes mucho más saludables para los usuarios de las edificaciones. Todo esto mejora la sostenibilidad del proyecto impulsando su desempeño ambiental [37].

Además, esta tecnología brinda un aporte significativo en sostenibilidad ambiental, ya que optimiza el rendimiento mediante la planificación, automatización y diseños obtenidos de las simulaciones y análisis de datos [38]. Estas herramientas presentan sistemas que monitorean en tiempo real el desempeño energético de las edificaciones, facilitando la identificación de soluciones más eficientes en términos de energía y reducción de desechos, mejorando la planificación y gestión de recursos, contribuyendo a una construcción más sostenible [39].

#### VI. CONCLUSIONES

La incorporación de la transformación digital y la IA en la industria de la construcción en Perú, se encuentra con grandes desafíos, entre los que resaltan la resistencia al cambio, deficiencia infraestructural, falta de capacitación y de habilidades digitales de los profesionales del sector, elevados costos iniciales y problemas de integración. Superar estos desafíos es esencial para desarrollar obras civiles que sean ambientalmente responsables y eficientes.

La adopción de las tecnologías digitales en Perú conduce a mejoras significativas en la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos de construcción. Ya que estas tecnologías ofrecen un amplio rango de herramientas que optimizan procesos, mejoran la gestión de recursos, y facilitan el diseño y

operación de manera más eficiente y sostenible. Mejorando significativamente el planeamiento y ejecución de proyectos. Lo que contribuye significativamente a un desarrollo más equilibrado, sostenible y ecológicamente responsable.

En base a los resultados obtenidos durante la investigación se concluye que la implementación de la transformación digital y la inteligencia artificial ofrecen grandes oportunidades para la construcción sostenible en Perú. Aunque existen desafíos, las ventajas que ofrecen estas tecnologías superan con creces los obstáculos, como es el caso del costo de implementación que puede llegar a tener un elevado costo inicial, pero los beneficios a largo plazo justifican dicha inversión debido al ahorro que genera en recursos, tiempo, energía y mantenimiento. Entonces finalizamos diciendo que, con una adecuada inversión en tecnología y capacitación, Perú puede liderar el camino hacia un futuro más sostenible en la construcción.

## VII. RECOMENDACIONES E INVESTIGACIONES FUTURAS

Con respecto a los hallazgos obtenidos durante esta investigación, se recomienda seguir indagando y analizando la interacción y convivencia entre la inteligencia artificial y el capital humano de las empresas, desde una perspectiva enfocada en el colaborador y las distintas maneras que se pueden presentar para encontrar un punto medio en el que el trabajo se realice entre los humanos e IA ya que ambas partes se benefician mutuamente. Abordando puntos clave como la situación laboral del capital humano en consecuencia de la implementación de la IA en distintas industrias, las habilidades digitales que deben poseer los colaboradores para no ser excluidos por las industrias líderes en incorporación de tecnología.

Además, se recomienda analizar y estudiar diferentes medidas para promover la educación y capacitación continua en el campo de las nuevas tecnologías digitales e IA, ya que como mencionamos anteriormente uno de los grandes obstáculos para promover nuevas tecnologías es la falta de habilidades digitales. Brindando un enfoque objetivo en la economía del sector laboral y empresarial. Ya que estas investigaciones ayudarían a cerrar brechas de habilidades y formarían profesionales que se desenvuelvan eficazmente en un entorno que adopta tecnologías digitales.

Asimismo, se recomienda investigar a profundidad las normas y regulaciones que rigen el uso de nuevas tecnologías digitales en las industrias, ya que ayudaría a incentivar a que las industrias adopten herramientas tecnológicas ya que garantizaría que dichas herramientas se apliquen segura y eficazmente.

Por último se recomienda el estudio de integrar energías renovables a las nuevas tecnologías digitales e IA, brindando un enfoque en el mitigar el impacto ambiental en todos los ámbitos que requieran de estas nuevas herramientas. Ya que se aspira a que la combinación de ambos conceptos maximizaría la eficiencia energética y reduciría la huella de carbono en la construcción sostenible y en todas las industrias.

## VIII. REFERENCIAS

- [1]. McKinsey Global Institute. (2018). Artificial intelligence: The next digital frontier? Retrieved from <https://goo.su/kC8eGL>
- [2]. Delgado, J. M. D., & Oyedele, L. (2021). Digital twins for the built environment: Learning from conceptual and process models in manufacturing. *Advanced Engineering Informatics*, 49, 101332, doi: 10.1016/j.aei.2021.101332
- [3]. Young, D., Panthi, K., & Noor, O. (2021). Challenges involved in adopting BIM on the construction jobsite. *EPiC Series in Built Environment*, 2, 302–310, doi: 10.29007/f8r3
- [4]. Nikas, A., Poulymenakou, P., Kriaris. Investigating antecedents and drivers affecting the adoption of collaboration technologies in the construction industry. *Autom. Construct.* 16 (5) (2007) 632–64, doi: 10.1016/j.autcon.2006.10.003
- [5]. Delgado, J. M. D., & Oyedele, L. (2021). Deep learning with small datasets: Using autoencoders to address limited datasets in construction management. *Applied Soft Computing*, 112, 107836, doi: 10.1016/j.asoc.2021.107836
- [6]. Baiyere, A., Salmela, H., & Tapanainen, T. (2020). Digital transformation and the new logics of business process management. *European Journal of Information Systems*, 29(3), 238-259, doi: 10.1080/0960085X.2020.1718007
- [7]. Kaufmann, D., Ruaux, X., & Jacob, M. (2020). Digitalization in the construction industry. *OliverWyman*, 2, 66-73, doi: 10.37493/2307-907x.2020.2.9
- [8]. Faizully, R., (2023). Construcción sostenible: una estrategia para una mejor edificación. *Repository ucc*, 52, doi: 10.16925/genc.71
- [9]. Mendoza, W., & Huamán, R. (2000). Crecimiento en una economía abierta: un marco de análisis para el Perú. *Economía*, 23(46), 65-116. doi:10.18800/economia.200002.004
- [10]. Martínez, F. A. (2023). Capitalismo y modelos de negocio en la revolución digital y transformación del mercado de trabajo. *Dykinson, S.L.*, doi: 10.2307/jj.1866760
- [11]. Yagüe, F. L., Ortúzar, I. B., Balmaseda, O. M., BLANCA, M. J. C., & BENITO, I. L. (Eds.). (2021). La robótica y la inteligencia artificial en la nueva era de la revolución industrial 4.0. Los desafíos jurídicos, éticos y tecnológicos de los robots inteligentes (1st, 8/24/21 ed.). *Dykinson, S.L.*, doi:10.2307/j.ctv20hct36
- [12]. Lu, W., Lai, C. C., & Tse, T. (2018). *BIM and Big Data for construction cost management*. Routledge, doi: 10.1201/9781351172325
- [13]. Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241-252, doi: 10.1061/(asce)lm.1943-5630.0000127
- [14]. Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitization and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83, 121-139, doi: 10.1016/j.compind.2016.09.006
- [15]. Romanenko, A., Artamonov, A. (2014). Big Data: Using analytics to make powerful business decisions. *Dataset*, doi: 10.1287/LYTX.2014.03.02
- [16]. Kaplan, J. (2016). *Artificial Intelligence: What Everyone Needs to Know*. Oxford University Press, doi:10.1093/wentk/9780190602383.003.0001
- [17]. Wang, S., et al. (2021). Application of artificial intelligence in building energy efficiency: A review. *Energy Reports*, 7, 590-603, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.109383
- [18]. Obinnaya, C. (2022). Artificial intelligence in project management: A review. *Journal of Project Management*, 7(2), doi: 10.21203/rs.3.rs-2535611/v1
- [19]. Bang, S. and Andersen, B. (2022). Utilising Artificial Intelligence in Construction Site Waste Reduction. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 12(3), 239-249, doi: 10.32738/JEPPM-2022-0022

- [20]. Chen, L., Chen, Z., Zhang, Y. et al. Artificial intelligence-based solutions for climate change: a review. *Environ Chem Lett* 21, 2525–2557 (2023), doi: 10.1007/s10311-023-01617-y
- [21]. Kang, H.S., Lee, J.Y., Choi, S. et al. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *Int. J. of Precis. Eng. and Manuf.-Green Tech.* 3, 111–128 (2016), doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5
- [22]. Ding, G. K. C. (2008). Sustainable construction-The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*, 86(3), doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.025
- [23]. Attia, S. (2018). Net zero energy buildings (NZEB): Concepts, frameworks, and roadmaps. *Advances in Building Energy Research*, 12(1), 1-19, doi: 10.1016/c2016-0-03166-2
- [24]. Mor, N., Kumar, P., Madhu, Jat, G. L., & Kumar, A. (2024). Application of artificial intelligence in sustainable construction: A secret eye toward the latest civil engineering techniques, doi: 10.1016/B978-0-443-13191-2.00012-2
- [25]. Ding, Z., Fan, Z., Tam, V. W. Y., Bian, Y., Li, S., Illankoon, I. M. C. S., & Moon, S. (2018). Green building evaluation system implementation. *Building and Environment*, 133, 32–40, doi:10.1016/j.buildenv.2018.02.012
- [26]. Bonifaz, J. L., Urrunaga, R., Aguirre, J., & Quequezana, P. (2019). *Brecha de infraestructura en el Perú*. BID, doi: 10.18235/0002641
- [27]. Alaloul, W. S., Tayeh, B. A., & Musarat, M. A. (2023). *Sustainable construction of future: Opportunities and challenges for green and buildings*. MDPI, doi: 10.3390/books978-3-0365-7896-5
- [28]. Urquidi, M., Ortega, G., Arza, V., & Ortega, J. (2021). Nuevas tecnologías para el empleo: beneficios de la implementación de servicios en el marco de una arquitectura empresarial. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0003358>
- [29]. Mi empresa esta... en el mundo; Los tiempos de locura requieren empresas innovadoras. ¿Que es la innovacion?; ¿Por que y para que innovar? (n.d.). *Gestion de La Innovacion Empresarial*, 14–48. <https://doi.org/10.4272/978-84-9745-477-3.ch1>
- [30]. ANGULO, Y. (2019). Identificación y análisis de patrones que permitan generar propuestas en el procesamiento de grandes volúmenes de datos de E/S en un sistema de almacenamiento paralelo. Working Papers. *Maestría En Ingeniería de Sistemas*, 4(1). <https://doi.org/10.15765/wpmis.v4i1.1243>
- [31]. De la Rosa Rodríguez, P. I. (2021). Aplicaciones educativas digitales y la falta de seguridad de los datos personales de sus usuarios. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 12(23). <https://doi.org/10.23913/ride.v12i23.980>
- [32]. La satisfacción con la disponibilidad de servicios de atención sanitaria de calidad disminuyó en promedio en los diferentes países analizados entre 2006-2009 y 2017-2019. (2022). ¿Cómo va La Vida En América Latina? <https://doi.org/10.1787/c6fdb94d-es>
- [33]. Heredia Calzado, M. Y. (n.d.). Análisis de los factores que influyen en la implementación, uso y desarrollo de los sistemas ERP en las pymes: impacto en el rendimiento de la organización. <https://doi.org/10.31428/10317/9177>
- [34]. Solar Serrano, P. del. (n.d.). *Sistemas de Gestión de la Calidad. Metodología para implementar proyectos de mejora continua para la reducción de los defectos de construcción en edificación de viviendas*. <https://doi.org/10.20868/upm.thesis.29365>
- [35]. Ortiz, C., & Salazar, G. (2020). Metodología para la Planificación y Control de la Ejecución de Mantenimientos Preventivos y Correctivos de Líneas de Subtransmisión. *Revista Técnica “Energía,”* 16(2), 135–147. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v16.n2.2020.361>
- [36]. Rubio, D. M. (n.d.). Un proceso definido para la planeación temprana de proyectos de software. <https://doi.org/10.35537/10915/4083>
- [37]. LA ADMINISTRACIÓN DE LAS EDIFICACIONES. (2019). El Funcionamiento de Las Edificaciones, 63–110. <https://doi.org/10.2307/j.ctv14jx816.6>
- [38]. Minaverry, C. (2016). LA VALORACIÓN AMBIENTAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS QUE BRINDA EL AGUA. UN APOORTE PARA EL DERECHO EN AMÉRICA DEL SUR. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 7(1). <https://doi.org/10.17345/1648>
- [39]. Collantes Gallo, R. P., & Portilla Orosco, J. A. (n.d.). Propuesta de modelo de gestión dinámica de la cadena de producción de elementos prefabricados de concreto armado implementando herramientas informáticas integrales para reducir las pérdidas de independencia de sistemas en la construcción de edificaciones multifamiliares en Lima. <https://doi.org/10.19083/tesis/653671>