



REVISTA INGENIO

De la Construcción 4.0 a la Construcción 5.0: Marco de transición hacia una innovación sostenible en Ecuador

From Construction 4.0 to Construction 5.0: A Sustainable Transition Framework for Ecuador

Andrea Cristina Goyes Balladares | Universidad Técnica de Ambato, UTA Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica (Ecuador)

Roberto Carlos Moya Jiménez | Universidad Central del Ecuador, UCE Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (Ecuador)

Lourdes Gabriela Peñafiel Valla | Universidad Técnica de Ambato, UTA Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica (Ecuador)

Recepción: 30/10/2025

Recepción tras revisión: 29/04/2026

Aceptado: 15/07/2026

Publicado: 31/07/2026

PALABRAS CLAVE

Construcción 4.0; Construcción 5.0; transformación digital; sostenibilidad; diseño centrado en el ser humano.

KEY WORDS

Construction 4.0; Construction 5.0; Digital transformation; Sustainability; Human-centered design.

RESUMEN

La transformación digital del sector de la construcción ha impulsado la emergencia de dos paradigmas interrelacionados: la Construcción 4.0, basada en la automatización y el uso de tecnologías ciberfísicas, y la Construcción 5.0, orientada a la sostenibilidad y la centralidad humana. Este estudio realiza una revisión sistemática narrativa con enfoque comparativo, siguiendo las directrices PRISMA 2020, a partir de un corpus de 38 estudios seleccionados entre 2015 y 2025. Los resultados evidencian que la Construcción 4.0 ha alcanzado altos niveles de madurez tecnológica (TRL 7–9), con avances en productividad, eficiencia y seguridad laboral, pero mantiene limitaciones en sostenibilidad y desarrollo humano. En contraste, la Construcción 5.0 se encuentra en una fase emergente (TRL 3–6), priorizando la colaboración humano-máquina, la economía circular y la ética digital. A partir de estas diferencias, se propone un framework de transición hacia la Construcción 5.0 sostenible en Ecuador, estructurado en cuatro ejes interdependientes: tecnológico, humano, ambiental y político-institucional. Este marco busca orientar políticas, estrategias y procesos de innovación en el contexto latinoamericano, articulando la digitalización con el bienestar social y la sostenibilidad ambiental. Los resultados aportan una visión integral para acelerar la transformación digital sostenible del sector de la construcción en países en desarrollo.

ABSTRACT

The digital transformation of the construction sector has given rise to two interconnected paradigms: Construction 4.0, driven by automation and cyber-physical technologies, and Construction 5.0, focused on sustainability and human-centered innovation. This study conducts a systematic narrative review with a comparative approach, following the PRISMA 2020 guidelines, based on a corpus of 38 studies published between 2015 and 2025. The findings reveal that Construction 4.0 has reached high technological maturity levels (TRL 7–9), achieving significant improvements in productivity, efficiency, and occupational safety, yet remaining limited in social and environmental integration. Conversely, Construction 5.0 is at an early stage (TRL 3–6), emphasizing human-machine collaboration, circular economy practices, and digital ethics. Building upon these insights, a transition framework toward Sustainable Construction 5.0 in Ecuador is proposed, structured around four interdependent dimensions: technological, human, environmental, and policy-institutional. The framework aims to guide public policies, innovation strategies, and digital adoption processes in the Latin American context, linking digital transformation with human well-being and environmental sustainability. The study contributes an integrative perspective to accelerate the sustainable digital transition of the construction sector in developing countries.

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es uno de los sectores productivos con mayor rezago en productividad y digitalización a nivel global. Mientras la manufactura ha experimentado notables avances gracias a la automatización y la adopción de tecnologías digitales, la construcción ha mostrado un crecimiento de productividad promedio de apenas un 1% anual en las últimas dos décadas, frente al 2,8% de la economía mundial [1]. Esta brecha estructural ha evidenciado la necesidad de nuevos paradigmas tecnológicos

capaces de transformar la forma en que se diseñan, planifican y ejecutan los proyectos, promoviendo eficiencia, sostenibilidad y resiliencia en un entorno crecientemente urbano y digital [2], [3].

En este contexto, la Construcción 4.0 emerge como la adaptación de los principios de la Industria 4.0 al ámbito constructivo, fundamentada en la digitalización, el uso de datos masivos, la inteligencia artificial (IA), el Internet de las Cosas (IoT), la robótica y la automatización de procesos [4], [5]. Su implementación se asocia con beneficios tangibles en productividad, sostenibilidad y seguridad laboral

[6], [7] sin embargo, enfrenta desafíos persistentes como los altos costos iniciales, la falta de interoperabilidad entre plataformas digitales, la escasa estandarización de datos y la resistencia cultural al cambio (Li et al., 2021; Gbadamosi et al., 2019). La literatura reciente coincide en que estos obstáculos son aún más pronunciados en países en desarrollo, donde la brecha tecnológica y la ausencia de políticas públicas efectivas ralentizan la adopción [8]–[10].

En los últimos años, la literatura ha introducido el concepto de Construcción 5.0, inspirado en el marco de la Industria 5.0 promovido por la Comisión [11]. Este nuevo enfoque busca integrar los avances de la digitalización con un énfasis en la centralidad del ser humano y la sostenibilidad ambiental, promoviendo una colaboración armónica entre trabajadores y sistemas inteligentes, así como la incorporación de principios de economía circular y resiliencia urbana [12], [13]. Aunque su desarrollo aún es incipiente, plantea un horizonte transformador que supera la mera eficiencia operativa de la etapa anterior [14]. Sin embargo, persisten vacíos de investigación, especialmente en regiones emergentes como América Latina, donde la adopción de tecnologías de la Construcción 4.0 sigue siendo desigual y la discusión sobre la 5.0 es prácticamente inexistente [15]. Frente a ello, el presente artículo tiene como objetivo analizar comparativamente los enfoques de la Construcción 4.0 y 5.0, identificando sus potencialidades, limitaciones y niveles de madurez tecnológica, para proponer un framework de transición sostenible que sirva de referencia para la transformación del sector constructivo en contextos latinoamericanos, con especial atención al caso ecuatoriano.

2. MÉTODO

El estudio se desarrolló bajo un diseño de revisión sistemática narrativa con enfoque comparativo, orientado a examinar críticamente la literatura sobre los paradigmas de Construcción 4.0 y Construcción 5.0. Este diseño combinó la estructura rigurosa de la revisión sistemática con la interpretación analítica propia de la revisión narrativa, permitiendo integrar resultados conceptuales, técnicos y contextuales.

El procedimiento se realizó conforme a las directrices PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), garantizando transparencia, trazabilidad y reproducibilidad en cada etapa. El proceso metodológico incluyó cuatro fases principales:

- 1) Delimitación del problema y formulación de preguntas de revisión
- 2) Búsqueda bibliográfica y recopilación de fuentes
- 3) Cribado y selección de estudios
- 4) Codificación, análisis y validación de resultados.

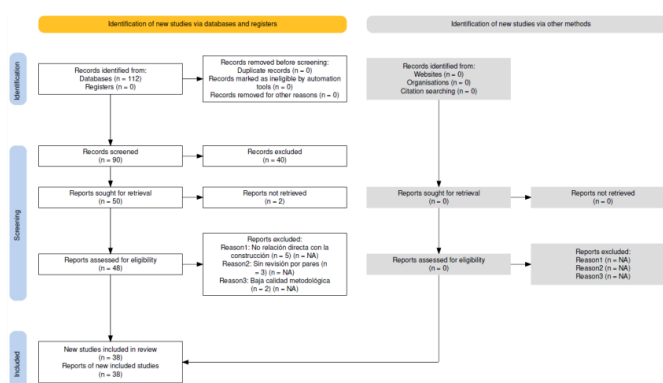
La búsqueda se efectuó entre enero y agosto de 2025 en las bases Scopus, Web of Science, ScienceDirect y SpringerLink, considerando el periodo 2015–2025. Se emplearon combinaciones de palabras clave en inglés y español mediante operadores booleanos (AND/OR): “Construction 4.0”, “Construction 5.0”, “BIM”, “IoT”, “Artificial Intelligence” y “Sustainability”. Además, se revisaron documentos institucionales de la European Commission (2021), la OECD (2023) y el World Economic Forum (2024) para contextualizar

las tendencias globales en digitalización y sostenibilidad industrial.

Los criterios de inclusión consideraron publicaciones revisadas por pares, en inglés o español, con texto completo disponible y relación directa con digitalización, automatización o sostenibilidad en la construcción. Se excluyeron duplicados, literatura gris y estudios sin rigor metodológico. En total se identificaron 112 registros; tras eliminar 22 duplicados, se examinaron 90. De estos, 40 fueron descartados por falta de pertinencia. Se recuperaron 50 informes completos, de los cuales 2 no pudieron obtenerse, quedando 48 evaluados. Finalmente, 38 estudios fueron incluidos (27 de Construcción 4.0 y 11 de Construcción 5.0). El proceso completo se muestra en la Figura 1, elaborada según el diagrama oficial PRISMA 2020.

Fig. 1.

Diagrama de flujo PRISMA 2020 que muestra el proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios analizados (n = 38) [16].



El análisis cualitativo se realizó mediante codificación temática abierta y axial, asistida por software especializado para la organización y jerarquización de datos. Se establecieron diez ejes analíticos derivados del proceso de codificación: (1) objetivo estratégico, (2) base tecnológica, (3) modelo de trabajo, (4) resultados esperados, (5) limitaciones, (6) impacto en la fuerza laboral, (7) nivel de adopción global, (8) horizonte temporal, (9) nivel de madurez tecnológica (TRL) y (10) nivel de adopción en América Latina. Los valores de madurez tecnológica oscilaron entre TRL 3 y 9, según la escala propuesta por la European Commission (2021). La validación de resultados se llevó a cabo mediante triangulación teórica, revisión inter pares y contraste contextual con estudios latinoamericanos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis del corpus de treinta y ocho estudios seleccionados evidenció la evolución conceptual y tecnológica del sector de la construcción durante la última década. El examen se organizó según los diez ejes analíticos definidos en el método, lo que permitió comparar los paradigmas de Construcción 4.0 y 5.0 en términos de objetivos estratégicos, base tecnológica, modelos de trabajo, resultados esperados y nivel de madurez tecnológica (TRL). De los estudios analizados, el 71 % se centró en tecnologías de la Construcción 4.0 y el 29 % abordó enfoques relacionados con la 5.0, lo que

confirma el carácter aún emergente de este último.

La denominada Construcción 4.0 surge como adaptación de los principios de la Industria 4.0 al entorno constructivo, consolidando la incorporación de tecnologías ciberfísicas, inteligencia artificial (IA), big data, Internet de las Cosas (IoT), robótica y automatización [17]. Su desarrollo se consolidó a partir de 2015, cuando los primeros estudios vincularon la digitalización con la eficiencia y la productividad en proyectos de infraestructura [4], [18]. Desde entonces, este paradigma se ha asociado a la industrialización de procesos —prefabricación, modularización y construcción off-site— y a la gestión digital mediante BIM y plataformas colaborativas [5].

La literatura reporta beneficios tangibles: incremento de productividad, reducción de errores y optimización de recursos [7]. También se identifican impactos ambientales positivos derivados del monitoreo de consumos y la reducción de desperdicios [19]. En el ámbito de la seguridad, la automatización disminuye la exposición de los trabajadores a tareas de riesgo [20]. Sin embargo, su adopción enfrenta barreras significativas: altos costos iniciales, falta de interoperabilidad, resistencia cultural y déficit de capacitación digital [6], [21]. Estas limitaciones se acentúan en los países en desarrollo, donde la brecha tecnológica restringe la expansión del paradigma 4.0.

En contraste, la Construcción 5.0 propone una transformación más profunda: pasar de la eficiencia técnica al bienestar humano y la sostenibilidad como ejes del desarrollo. Inspirada en la Industria 5.0 [11], esta visión busca equilibrar automatización, creatividad y ética tecnológica [12], [13]. La innovación se orienta a generar entornos habitables sostenibles, seguros e inclusivos, integrando la colaboración entre humanos y máquinas, la economía circular y el

diseño centrado en las personas.

Los estudios revisados identifican tres ámbitos centrales:

- (1) **Colaboración humano-máquina**, mediante robots colaborativos (cobots) y dispositivos portátiles inteligentes que monitorean seguridad y bienestar [14], [22].
- (2) **Sostenibilidad y economía circular**, apoyadas en gemelos digitales e IA cognitiva que optimizan recursos y reducen la huella ambiental [23].
- (3) **Personalización constructiva**, basada en diseño digital y simulación avanzada para infraestructuras adaptadas a contextos específicos [13].

A pesar de su potencial, la madurez tecnológica de la Construcción 5.0 se mantiene en niveles TRL 3–6, con vacíos en estandarización, regulación y formación profesional. También emergen desafíos éticos relacionados con la privacidad, el uso de datos y el desplazamiento laboral [14]. En consecuencia, la transición entre ambos paradigmas no es lineal, sino que implica reconfigurar la cultura organizacional y redefinir el papel del ser humano en la construcción digital.

El análisis comparativo de la Tabla 2 demuestra que la Construcción 4.0 constituye un paradigma tecnológicamente consolidado pero limitado en su dimensión social y ambiental, mientras que la 5.0 representa un modelo emergente que integra tecnología, ética y sostenibilidad, aunque con escasa madurez operativa. En el contexto latinoamericano, la adopción de la 4.0 es aún desigual: en Ecuador, por ejemplo, BIM se ha incorporado en la gestión pública y en la formación universitaria, pero la infraestructura digital y la inversión en I+D siguen siendo insuficientes para escalar hacia la 5.0.

TABLA I.

Comparación entre Construcción 4.0 y Construcción 5.0

Eje analítico	Construcción 4.0	Construcción 5.0	TRL (Madurez tecnológica)	Adopción en América Latina
(1) Objetivo estratégico	Productividad, reducción de costos, eficiencia operativa (Oesterreich & Teuteberg, 2016).	Bienestar humano, resiliencia y sostenibilidad (Nahavandi, 2019; Pal et al., 2024).	4.0: TRL 8–9 (consolidado). 5.0: TRL 4–6 (fase piloto).	4.0: Avance incipiente (BIM en proyectos públicos y privados). 5.0: Muy bajo, sin políticas definidas.
(2) Base tecnológica	BIM, IoT, Big Data, IA, robótica, impresión 3D (Forcael et al., 2020).	Cobots, gemelos digitales, blockchain, IA cognitiva, wearables, economía circular (Demir et al., 2019).	4.0: BIM TRL 9, IoT TRL 7–8. 5.0: Cobots TRL 6–7, Digital Twins TRL 5–6.	4.0: Implementación desigual; concentrada en grandes empresas. 5.0: Experiencias aisladas, baja penetración.
(3) Modelo de trabajo	Automatización de procesos y digitalización de la cadena de valor (Zhang et al., 2020).	Colaboración humano-máquina y diseño centrado en el usuario (Marinelli, 2023).	4.0: TRL 8 (modelos probados). 5.0: TRL 4–5 (conceptual/piloto).	4.0: En adopción parcial, limitada por brecha digital. 5.0: No consolidado, dependencia tecnológica externa.
(4) Resultados esperados	Reducción de tiempos, errores y accidentes; eficiencia energética [5]	Personalización, resiliencia urbana y reducción de huella ambiental (Yitmen et al., 2023).	4.0: TRL 7–9 (impacto probado). 5.0: TRL 4–6 (impacto en validación).	4.0: Aumento de productividad en proyectos piloto. 5.0: Sin evidencias empíricas significativas.

(5) Limitaciones	Altos costos, falta de interoperabilidad, resistencia cultural [24], [25].	Baja madurez, falta de talento, dilemas éticos y regulatorios (Demir et al., 2019).	4.0: TRL 8-9 (limitaciones socioeconómicas). 5.0: TRL 3-5 (limitaciones técnicas y sociales).	4.0: Implementación restringida a grandes corporaciones. 5.0: Barreras estructurales (financiamiento, políticas públicas).
(6) Impacto en la fuerza laboral	Riesgo de desplazamiento de trabajadores manuales (McKinsey Global Institute, 2017).	Reconversión laboral y capacitación avanzada para interacción humano-robot (Wang et al., 2023).	4.0: TRL 8 (impacto comprobado). 5.0: TRL 4-6 (en desarrollo).	4.0: Baja capacitación digital. 5.0: Escasez de programas de formación.
(7) Nivel de adopción global	Europa, EE. UU. y China con aplicaciones consolidadas (Forcael et al., 2020).	Pilotos en Japón, Corea y países nórdicos (Pal et al., 2024).	4.0: TRL 8-9. 5.0: TRL 4-6.	4.0: Expansión incipiente. 5.0: Sin casos documentados relevantes.
(8) Horizonte temporal	Presente consolidado (aplicación real en proyectos).	Futuro emergente (visión prospectiva).	4.0: TRL 9. 5.0: TRL 4-5.	4.0: Proceso de expansión con brechas. 5.0: Lejano, dependiente de políticas y capacidades.
(9) Nivel de madurez tecnológica	Tecnologías maduras y aplicadas en escala industrial.	Tecnologías experimentales y adaptativas.	4.0: Promedio TRL 8.5. 5.0: Promedio TRL 4.5.	4.0: Avance medio. 5.0: Escaso desarrollo institucional.
(10) Nivel de adopción en América	Uso extendido de BIM y plataformas colaborativas en proyectos públicos.	Implementación incipiente de IA y gemelos digitales.	4.0: TRL 7-8 (en consolidación). 5.0: TRL 3-4 (fase de experimentación).	4.0: Avances en Chile, México y Ecuador. 5.0: Sin adopción formal o estandarización.

En síntesis, los resultados confirman que la Construcción 4.0 ha impulsado eficiencia y precisión, pero no ha logrado integrar plenamente la dimensión humana y ambiental que promueve la 5.0. El desafío regional consiste en diseñar una transición sostenible que combine innovación tecnológica, equidad social y sostenibilidad ambiental, fortaleciendo la formación técnica, las políticas públicas y la cooperación entre academia, industria y gobierno. Este proceso constituye la base del framework de transición hacia la Construcción 5.0 sostenible, presentado en la siguiente sección.

FRAMEWORK DE TRANSICIÓN HACIA LA CONSTRUCCIÓN 5.0 SOSTENIBLE EN ECUADOR

Los resultados obtenidos evidencian que la transición hacia la Construcción 5.0 no puede concebirse como una simple actualización tecnológica, sino como un proceso integral de transformación que abarca dimensiones técnicas, sociales, ambientales y políticas.

A partir de la síntesis del corpus analizado y de los vacíos identificados en el contexto latinoamericano, se propone un framework metodológico de transición sostenible, concebido como una herramienta orientadora para vincular la innovación digital con el bienestar humano y la sostenibilidad ambiental en el sector de la construcción ecuatoriano.

Este marco parte de una idea central: la tecnología no sustituye al ser humano, sino que amplifica su capacidad de decisión y colaboración. Bajo esta premisa, la Construcción 5.0 se estructura en torno a cuatro ejes interdependientes —tecnológico, humano, ambiental y político-institucional— que actúan de manera articulada, configurando un modelo sistémico de innovación sostenible.

El eje tecnológico constituye la base del framework y se orienta al fortalecimiento de la infraestructura digital y de los procesos de innovación aplicada. Incluye la adopción progresiva de herramientas como BIM de quinta generación, gemelos digitales, IA aplicada a la planificación de obra, y sistemas IoT para monitoreo energético y estructural. Este eje enfatiza la necesidad de pasar de una digitalización fragmentada a una integración inteligente de datos, garantizando interoperabilidad y escalabilidad tecnológica. En el caso ecuatoriano, ello requiere políticas de estandarización, inversión en conectividad y la creación de laboratorios nacionales de innovación en construcción, capaces de validar tecnologías emergentes adaptadas a la realidad local.

El eje humano pone el foco en las personas, promoviendo la formación de competencias digitales, la alfabetización tecnológica y el desarrollo de habilidades blandas vinculadas a la creatividad, la ética y el trabajo colaborativo. La transición hacia el modelo 5.0 exige reconvertir los perfiles laborales, incorporando la intera-

cción humano-robot y la gestión avanzada de datos como parte de la formación técnica y universitaria. La capacitación continua y los programas de certificación digital deben consolidarse como pilares de un nuevo ecosistema laboral inclusivo y resiliente, donde la tecnología se perciba como una extensión del trabajo humano, no como su reemplazo.

El **eje ambiental** refuerza la dimensión sostenible del modelo. Las tecnologías digitales deben orientarse a reducir el impacto ecológico del ciclo de vida de los proyectos mediante el uso de materiales reciclables, el diseño pasivo y la integración de energías renovables. La incorporación de metodologías de análisis de ciclo de vida (LCA) y de economía circular permite transformar la manera en que se planifican, construyen y operan las infraestructuras. En este sentido, la digitalización actúa como un facilitador para cuantificar impactos, modelar escenarios y tomar decisiones con base en evidencia ambiental. En el contexto ecuatoriano, donde la construcción genera un alto porcentaje de residuos sólidos urbanos, esta perspectiva representa una oportunidad estratégica para alinear el desarrollo urbano con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9, 11 y 13).

Finalmente, el **eje político-institucional** da soporte al marco propuesto, estableciendo las condiciones estructurales que permiten la adopción efectiva del paradigma 5.0. Incluye la creación de políticas públicas que incentiven la investigación aplicada, la innovación tecnológica y la sostenibilidad constructiva, junto con marcos regulatorios que garanticen transparencia, ética de datos y responsabilidad ambiental. Asimismo, promueve la cooperación entre el sector público, la academia y la industria para consolidar ecosistemas de innovación locales. La experiencia internacional demuestra que los países que han avanzado hacia la Construcción 5.0—como Japón, Corea del Sur o Finlandia—lo han hecho gracias a políticas integradas de innovación y a la colaboración multisectorial. Replicar estas estrategias en Ecuador requerirá visión a largo plazo y una gobernanza capaz de articular conocimiento, financiamiento y desarrollo tecnológico.

El framework propuesto no pretende ser un modelo cerrado, sino una estructura flexible que puede adaptarse a distintos niveles de madurez tecnológica y social. Su principal aporte radica en conectar el proceso de digitalización con la dimensión humana y ecológica de la construcción, superando el enfoque puramente instrumental de la Construcción 4.0. En lugar de medir el progreso solo en términos de productividad, este modelo busca evaluar el desarrollo del sector en función de su contribución al bienestar colectivo, la equidad laboral y la resiliencia ambiental.

La implementación gradual de este marco en Ecuador podría materializarse en tres etapas complementarias: una primera de diagnóstico y alfabetización digital en empresas y universidades; una segunda de integración tecnológica con estándares de sostenibilidad; y una tercera de institucionalización, en la que se generen normativas, incentivos y certificaciones vinculadas a la Construcción 5.0 sostenible. De esta forma, el país podría consolidar una transición ordenada y contextualizada, fortaleciendo su capacidad de innovación y su competitividad en el ámbito regional.

En definitiva, el framework aquí propuesto articula una visión de futuro en la que la construcción ecuatoriana evoluciona desde un modelo de eficiencia industrial hacia uno de inteligencia colectiva y

sostenibilidad integral. Este enfoque reconoce que el verdadero progreso no reside en la adopción indiscriminada de tecnología, sino en su apropiación crítica y estratégica al servicio de las personas y del entorno.

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones derivan del análisis comparativo de treinta y ocho estudios internacionales y regionales que exploraron los enfoques de Construcción 4.0 y 5.0, confirmando que el sector de la construcción se encuentra en una etapa de inflexión histórica. La Construcción 4.0 logró instaurar un ecosistema digital orientado a la eficiencia operativa, aunque sus fundamentos permanecen centrados en la productividad y la automatización. En contraste, la Construcción 5.0 emerge como una respuesta crítica y evolutiva que trasciende la lógica instrumental para situar al ser humano, la ética tecnológica y la sostenibilidad ambiental en el centro del desarrollo industrial. Este giro redefine tanto la naturaleza del trabajo en la construcción como la manera en que se conciben la innovación y el progreso en el siglo XXI, evidenciando que la digitalización por sí sola no garantiza transformación estructural.

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio es que la madurez tecnológica, sin el acompañamiento de políticas inclusivas, educación tecnológica y responsabilidad ambiental, tiende a reproducir las mismas desigualdades que pretende resolver. En el contexto latinoamericano, y particularmente en Ecuador, la transición hacia un modelo 5.0 exige más que inversión en hardware o software: requiere un cambio cultural y epistemológico que reconozca el valor del conocimiento, la cooperación interinstitucional y la innovación social como motores de desarrollo sostenible. La brecha ya no es solo digital, sino también cognitiva, entre quienes comprenden la tecnología como medio para el bienestar común y quienes la conciben únicamente como una herramienta de eficiencia productiva.

El framework de transición sostenible propuesto constituye la principal contribución de esta investigación. Su estructura sistémica—basada en los ejes tecnológico, humano, ambiental y político-institucional—ofrece un modelo replicable que vincula la innovación digital con la equidad social y la sostenibilidad ecológica. En el plano académico, amplía la comprensión del fenómeno de digitalización constructiva al integrar dimensiones éticas y territoriales poco abordadas; en el plano práctico, proporciona una ruta estratégica para que los actores del sector—gobierno, academia e industria—transformen la digitalización en bienestar colectivo. Los resultados demuestran, además, que la Construcción 5.0 no constituye un horizonte lejano, sino una oportunidad inmediata para redefinir la competitividad del sector desde la inteligencia colectiva, lo que implica revisar los indicadores de éxito y sustituir métricas exclusivamente productivas por aquellas que evalúen resiliencia, inclusión y bienestar.

Ecuador posee condiciones favorables para liderar este proceso en la región andina, siempre que logre articular su agenda de innovación tecnológica con políticas urbanas sostenibles y programas de educación superior orientados al conocimiento aplicado. En definitiva, esta investigación posiciona a la Construcción 5.0

no solo como una tendencia tecnológica, sino como una nueva cultura del construir, en la que la integración entre personas, datos y sostenibilidad redefine los límites de la arquitectura y la ingeniería contemporánea. Este giro —de la automatización a la humanización— marca el inicio de una etapa en la que la tecnología deja de ser un fin y se convierte en un medio para alcanzar bienestar, justicia y equilibrio ambiental. A futuro, el framework propuesto puede servir como base para investigaciones empíricas, políticas públicas y estrategias de innovación, consolidando el tránsito hacia una construcción verdaderamente sostenible y centrada en las personas.

REFERENCIAS

- [1] McKinsey Global Institute., “Reinventing Construction: a Route To Higher Productivity,” 2017. [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business-functions/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution/mgi-reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity-full-report.pdf>.
- [2] A. Sawhney, M. Riley, and J. Irizarry, *Construction 4.0: An Innovation Platform for the Built Environment*. Routledge, Taylor & Francis Group, 2020.
- [3] R. Y. Zhong, X. Xu, E. Klotz, and S. T. Newman, “Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review,” *Engineering*, vol. 3, no. 5, pp. 616–630, 2017, doi: 10.1016/j.eng.2017.05.015.
- [4] E. Forcael, I. Ferrari, and A. Opazo-vega, “Construction 4.0: A Literature Review,” 2020.
- [5] T. D. Oesterreich and F. Teuteberg, “Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry,” *Comput. Ind.*, vol. 83, no. January, pp. 121–139, 2016, doi: 10.1016/j.compind.2016.09.006.
- [6] B. Dave, A. Buda, A. Nurminen, and K. Främling, “A framework for integrating BIM and IoT through open standards,” *Autom. Constr.*, vol. 95, no. August, pp. 35–45, 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2018.07.022.
- [7] A. Qasem, A. H. M. Hamad, E. S. Gharaibeh, T. M. Abu-khait, Gharaibeh, and M. Falah, “Building Information Modelling (BIM) in Managing Construction Claims: Now and Beyond – A Review (Jordan Perspective),” *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 9, no. 7, pp. 1099–1115, 2020, doi: 10.35940/ijitee.a2551.059720.
- [8] O. Bongomin et al., “Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of the Art,” *J. Eng. (United Kingdom)*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/8090521.
- [9] Nirmani I.A.P., “Barriers to digital participation in developing countries: Identifying technological, social, and cultural obstacles to community involvement,” *GSC Adv. Res. Rev.*, vol. 23, no. 2, pp. 061–071, 2025, doi: 10.30574/gscarr.2025.23.2.0130.
- [10] G. Reischauer, “Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 132, no. March, pp. 26–33, 2018, doi: 10.1016/j.techfore.2018.02.012.
- [11] European Commission, “Industry 5.0 – Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry,” 2021. [Online]. Available: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/468a892a-5097-11eb-b59f-01aa75ed71a1/>.
- [12] S. Nahavandi, “Industry 5.0,” *Sustainability*, vol. 11, pp. 43–71, 2019.
- [13] U. K. Pal, C. Zhang, T. C. Haupt, H. Li, and L. Su, “The Evolution of Construction 5.0: Challenges and Opportunities for the Construction Industry,” *Buildings*, vol. 14, no. 12, pp. 1–18, 2024, doi: 10.3390/buildings14124010.
- [14] I. Yitmen, A. Almusaed, and S. Alizadehsalehi, “Investigating the Causal Relationships among Enablers of the Construction 5.0 Paradigm: Integration of Operator 5.0 and Society 5.0 with Human-Centricity, Sustainability, and Resilience,” *Sustain.*, vol. 15, no. 11, 2023, doi: 10.3390/su15119105.
- [15] D. Pamela and C. Galvez, “Assessing Digital Technology Development in Latin American Countries : Challenges, Drivers , and Future Directions,” *Digital*, 2025, [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/digital5020020>.
- [16] N. R. Haddaway, M. J. Page, and L. A. Pritchard, C. C., McGuinness, “PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis,” *Campbell Syst. Rev.*, vol. 18, 2022, doi: <https://doi.org/10.1002/cl2.1230>.
- [17] Y. Liao, F. Deschamps, E. de F. R. Loures, and L. F. P. Ramos, “Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 55, no. 12, pp. 3609–3629, 2017, doi: 10.1080/00207543.2017.1308576.
- [18] Q. Li and J. Shi, “Dam construction 4.0,” *Shuili Fadian Xuebao/Journal Hydroelectr. Eng.*, vol. 34, no. 8, pp. 1–6, 2015, doi: 10.11660/slfdb.20150801.
- [19] J. Y. Kim et al., “Implementation of Integrated Smart Construction Monitoring System Based on Point Cloud Data and IoT Technique,” *Sensors*, vol. 25, no. 13, pp. 1–25, 2025, doi: 10.3390/s25133997.
- [20] A. Q. Gbadamosi et al., “Offsite construction: Developing a BIM-Based optimizer for assembly,” *J. Clean. Prod.*, vol. 215, pp. 1180–1190, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.113.
- [21] C. İ. Sarioğlu, “Industry 5.0, Digital Society, and Consumer 5.0,” *Handb. Res. Perspect. Soc. Technol. Addict.*, no. June, pp. 11–33, 2023, doi: 10.4018/978-1-6684-8397-8.ch002.
- [22] M. Marinelli, “From Industry 4.0 to Construction 5.0: Exploring the Path towards Human-Robot Collaboration in Construction,” *Systems*, vol. 11, no. 3, pp. 1–23, 2023, doi: 10.3390/systems11030152.
- [23] K. A. Demir, G. Döven, and B. Sezen, “Industry 5.0 and Human-Robot Co-working,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 158, pp. 688–695, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.09.104.
- [24] R. Kurt, “Industry 4.0 in Terms of Industrial Relations and Its Impacts on Labour Life,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 158, pp. 590–601, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.09.093.
- [25] W. F. Cascio and R. Montealegre, “How Technology Is Changing Work and Organizations,” *Annu. Rev. Organ. Psychol. Organ. Behav.*, vol. 3, pp. 349–375, 2016, doi: 10.1146/annurev-orgpsych-041015-062352.