South American Publishing

SAP Land and Architecture. 2024; 3:128
doi: 10.56294/la2024128

REVISIÓN

Impact, challenges and synergies of BIM Methodology in modern construction management: literature review

Impacto, desafíos y sinergias de la Metodología BIM en la gestión de la construcción moderna: revisión de la literatura

Ronal Wilian Sandoval Gil[1], Carlos Enrique Chung Rojas[1]

[1]Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú.

Cite as
Sandoval Gil RW, Chung Rojas CE. Impact, challenges and synergies of BIM Methodology in modern construction management: literature review. SAP Land and Architecture. 2024; 3:128. https://doi.org/10.56294/la2024128

Publication History
Submitted: 08-06-2023
Revised: 14-10-2023
Accepted: 12-03-2024
Published: 13-03-2024

ABSTRACT

The construction industry faces chronic challenges of efficiency, cost overruns, and delays. In response, the Building Information Modeling (BIM) methodology has emerged as a transformative paradigm that redefines project management through digital collaboration and information centralization. This literature review aims to present the current scientific knowledge on the relationship between the BIM methodology and construction management. A descriptive literature review has been conducted, encompassing studies at the international, national (Peru), and local (San Martín region) levels to construct a comprehensive overview of its impact. International evidence strongly confirms the benefits of BIM in optimizing decision-making, reducing risks, and enhancing sustainability, particularly when integrated with other philosophies, such as Lean Construction, and technologies, including Business Intelligence. At the national level, Peruvian literature highlights both the recognition of BIM's potential and the significant cultural, educational, and political barriers that hinder its widespread adoption. However, case studies in the Amazon region of San Martín empirically demonstrate that, even in contexts with less technological development, BIM has a high, positive correlation with improved project management and labor productivity. The conclusion is that BIM is an indispensable strategic tool for modernizing the sector. Still, its successful implementation depends on a holistic approach that addresses technological gaps, trains human capital, and establishes clear and standardized development policies.

Keywords: Building Information Modeling; Construction Management; Construction Efficiency; Peru.

RESUMEN

La industria de la construcción enfrenta desafíos crónicos de eficiencia, sobrecostos y retrasos. En respuesta, la metodología Building Information Modeling (BIM) ha emergido como un paradigma transformador que redefine la gestión de proyectos a través de la colaboración digital y la centralización de la información. Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo exponer el conocimiento científico actual sobre la relación entre la metodología BIM y la gestión de la construcción. Se ha realizado una revisión descriptiva de la literatura, abarcando estudios a nivel internacional, nacional (Perú) y local (región San Martín), para construir un panorama integral de su impacto. La evidencia internacional confirma de manera contundente los beneficios de BIM en la optimización de la toma de decisiones, la reducción de riesgos y la mejora de la sostenibilidad, especialmente cuando se integra con otras filosofías como Lean Construction y tecnologías como Business Intelligence. A nivel nacional, la literatura peruana destaca tanto el reconocimiento del potencial de BIM como las significativas barreras culturales, formativas y políticas que frenan su adopción generalizada. No obstante, estudios de caso en la región amazónica de San Martín demuestran empíricamente que, incluso en contextos con menor desarrollo tecnológico, BIM tiene una correlación positiva y alta con la mejora de la gestión de proyectos y la productividad laboral. Se concluye que BIM es una herramienta estratégica indispensable para la modernización del sector, pero su implementación exitosa depende de un enfoque holístico que aborde las brechas tecnológicas, capacite al capital humano y establezca políticas de fomento claras y estandarizadas.

Palabras clave: Modelado de Información para la Construcción; Gestión de la Construcción; Eficiencia Constructiva; Perú.

© 2024; The Authors. This Open access article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción se encuentra en una era de profunda transformación, impulsada por una revolución tecnológica que está redefiniendo los paradigmas tradicionales de diseño, planificación y ejecución de proyectos. En un contexto globalizado y altamente competitivo, la capacidad de las empresas constructoras para adaptarse e integrar innovaciones se ha convertido en un factor determinante para su supervivencia y éxito. Los avances tecnológicos, que abarcan desde sistemas de gestión avanzados hasta el desarrollo de nuevos materiales y maquinarias, no solo han catalizado mejoras sustanciales en la eficiencia y la productividad, sino que también han permitido una conexión más estrecha y responsable de las empresas con su entorno social y laboral.[1]

En el epicentro de esta revolución digital se encuentra el Modelado de Información para la Construcción (BIM, por sus siglas en inglés), una metodología que ha ganado una relevancia mundial sin precedentes. Definido como un proceso que integra todas las etapas de un proyecto de construcción en un entorno digital colaborativo, BIM permite optimizar la planificación y la ejecución de obras mediante la creación de un modelo de información tridimensional inteligente y centralizado. Este enfoque se ha vuelto fundamental para enfrentar los desafíos endémicos de la industria, como los sobrecostos recurrentes, los incumplimientos de plazos y la ineficiente coordinación entre las múltiples disciplinas que convergen en un proyecto. A nivel global, BIM se ha consolidado como una herramienta indispensable para la gestión de infraestructuras complejas, promoviendo la transparencia, la eficiencia operativa y la sostenibilidad a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido.[2,3]

A pesar de su validación internacional, el panorama de la adopción de BIM es heterogéneo y presenta marcados contrastes geográficos. En el contexto peruano, el sector de la infraestructura enfrenta retos estructurales de gran magnitud. La gestión de proyectos, particularmente en el ámbito público, adolece de una planificación deficiente, una marcada segmentación en los procesos de contratación, la ausencia de análisis de preinversión rigurosos y crónicas restricciones financieras. Esta confluencia de factores ha generado un historial de obras retrasadas, costos que exceden con creces los presupuestos iniciales y, en los casos más graves, proyectos completamente paralizados, lo que ha erosionado de manera significativa la confianza ciudadana en la capacidad del Estado para gestionar eficazmente la infraestructura nacional.

En un esfuerzo por modernizar la gestión pública y revertir esta tendencia, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) del Perú ha impulsado activamente la implementación progresiva de la metodología BIM en todos los proyectos de inversión pública. La directriz del MEF postula que BIM, al permitir una gestión colaborativa que integra las fases de preinversión, ejecución y operación, y centralizar datos geométricos, de plazos (4D), costos (5D), sostenibilidad (6D) y mantenimiento (7D), es la clave para mejorar la eficiencia, la transparencia y la calidad en el uso de los recursos públicos, una necesidad imperante en el país.[4]

Sin embargo, esta transición hacia la digitalización no es uniforme en todo el territorio. En el ámbito local, la región de San Martín, ubicada en la Amazonía peruana, ha experimentado un notable crecimiento económico en la última década, pero el desarrollo de su infraestructura habitacional no ha avanzado al mismo ritmo. Las problemáticas observadas a nivel nacional se replican e intensifican en este contexto regional, caracterizado por una gestión inadecuada y una adopción tecnológica aún incipiente. Específicamente, en el distrito de la Banda de Shilcayo, los proyectos habitacionales son un reflejo de estos desafíos: la dificultad para coordinar eficazmente a arquitectos, ingenieros y contratistas genera errores de diseño y ejecución que encarecen las obras y merman su calidad final. A esto se suma una palpable escasez de personal capacitado en el uso de herramientas avanzadas como BIM, lo que perpetúa un ciclo de ineficiencia.[5,6,7]

El problema científico que subyace a esta revisión bibliográfica es, por tanto, la brecha de conocimiento existente sobre cómo la evidencia científica global y nacional sobre los beneficios de BIM se traduce y aplica en contextos regionales con barreras tecnológicas y formativas específicas. Se identifica una desconexión entre el potencial teórico de BIM para resolver problemas de gestión y las prácticas constructivas tradicionales que aún predominan en localidades como la Banda de Shilcayo, donde la falta de una metodología de gestión integrada y eficiente sigue siendo la norma.

Esta revisión se justifica por su capacidad para aportar una síntesis estructurada del conocimiento actual que puede informar tanto a la academia como a la práctica profesional. Teóricamente, consolida la comprensión de la relación entre BIM y la optimización de proyectos. Prácticamente, ofrece a las empresas constructoras locales una visión basada en evidencia sobre los beneficios y desafíos de la adopción de esta tecnología. Metodológicamente, sirve como un compendio de enfoques y hallazgos que pueden guiar futuras investigaciones. Finalmente, en el aspecto social, subraya cómo la implementación de BIM puede contribuir a mejorar las condiciones de vida al garantizar la entrega de viviendas de mayor calidad y sostenibilidad.

En este marco, el objetivo de esta revisión bibliográfica es exponer de manera sistemática la literatura científica existente para determinar la relación entre la metodología BIM y la gestión de la construcción, examinando su impacto, los factores que influyen en su adopción y las sinergias con otras filosofías de gestión en contextos internacionales, nacionales y locales.

MÉTODO

Se realizó una revisión bibliográfica con el propósito de construir un análisis cualitativo y exhaustivo del estado del arte sobre la relación entre la metodología BIM y la gestión de la construcción.

El proceso de selección de la literatura tuvo en cuenta los siguientes criterios: artículos originales, metaanálisis o de revisión en español o en inglés, posteriores a 2018, publicados en bases de datos reconocidas (Scopus, ScienceDirect y Web of Science). La búsqueda se estructuró en tres niveles geográficos para proporcionar una perspectiva completa y contextualizada:

1. Nivel Internacional: Se incluyeron estudios de investigación publicados en revistas científicas de diversos contextos globales (Canadá, Nueva Zelanda, Portugal, Irán). Estos estudios fueron seleccionados por su relevancia en temas como la integración de BIM con otras metodologías (Lean Construction, Business Intelligence) y su aplicación en dominios específicos como la sostenibilidad y la gestión de riesgos.

2. Nivel Nacional (Perú): Se revisaron artículos y tesis centrados en el panorama de la adopción de BIM en el Perú. La selección se enfocó en trabajos que exploran tanto los beneficios percibidos como las barreras culturales, cognitivas, tecnológicas y formativas que condicionan su implementación en el país.

3. Nivel Local (Región San Martín): Se analizaron tesis de pregrado recientes de universidades peruanas que presentan datos empíricos sobre el impacto de BIM en empresas constructoras de la región San Martín. Estos estudios fueron cruciales para aportar una visión micro y contextualizada, contrastando las tendencias globales y nacionales con la realidad de una región amazónica en desarrollo.

El análisis de la literatura se organizó en torno a los siguientes ejes temáticos:

- Orígenes, evolución y fundamentos conceptuales de la metodología BIM.
- El impacto de BIM en la eficiencia, calidad y sostenibilidad de los proyectos de construcción, basado en evidencia internacional.
- Las sinergias entre BIM y otras filosofías de gestión, principalmente Lean Construction.
- Los desafíos, barreras y factores que influyen en la adopción de BIM en un contexto de país en desarrollo como el Perú.
- La evidencia empírica del impacto de BIM en un contexto regional específico.

A través de la síntesis y el análisis crítico de estos estudios, esta revisión busca ofrecer una narrativa coherente y profunda que no solo describa el estado actual del conocimiento, sino que también identifique brechas y señale futuras direcciones para la investigación y la práctica profesional.

DESARROLLO

Orígenes, Evolución y Expansión Global de la Metodología BIM

La metodología Building Information Modeling (BIM), aunque percibida como una innovación del siglo XXI, tiene sus raíces conceptuales en la década de 1970. Fue el profesor Charles M. Eastman quien, en sus trabajos pioneros, acuñó el término "Building Product Model" para describir un modelo digital que aspiraba a integrar los diversos aspectos del diseño y la construcción en una única base de datos coherente. Sin embargo, la difusión y popularización del acrónimo "BIM" se atribuye en gran medida a Jerry Laiserin a principios de los 2000, un momento que catalizó su adopción en la industria a gran escala.[8]

La evolución de BIM ha sido un viaje transformador. Inicialmente concebida como una herramienta para la visualización tridimensional de proyectos, su verdadero potencial comenzó a materializarse cuando la industria reconoció su valor para la gestión integral del ciclo de vida de un activo. Como señala Gutiérrez Vélez[9], aunque las bases teóricas se sentaron en los años 70, no fue hasta mediados de la década de 2000 que su adopción se consolidó masivamente. En esta etapa, las empresas constructoras y los promotores de proyectos comenzaron a explotar las capacidades de BIM para mucho más que la simple representación geométrica: lo utilizaron para mejorar la comunicación entre equipos, detectar interferencias (clash detection), simular secuencias constructivas (4D), estimar costos (5D) y, en definitiva, optimizar la toma de decisiones en todas las fases del proyecto.

Un catalizador fundamental para la expansión global de BIM ha sido el impulso de los mandatos gubernamentales en países pioneros. El gobierno del Reino Unido, por ejemplo, lanzó en 2011 un ambicioso Plan Nacional que exigía que todos los proyectos de financiación pública alcanzaran un "Nivel 2 de BIM" para el año 2016. Esta estrategia no solo buscaba mejorar la eficiencia y reducir los costos en la obra pública, sino también posicionar a la industria británica a la vanguardia de la construcción digital. De manera similar, Finlandia desarrolló un conjunto de normativas conocidas como COBIM, que obligan a la incorporación de la metodología en proyectos de construcción y remodelación, estandarizando los procesos y fomentando un ecosistema digital maduro. El caso de Singapur es igualmente emblemático: su Building and Construction Authority (BCA) hizo obligatorio el uso de BIM para proyectos arquitectónicos en 2013, extendiendo la exigencia a las disciplinas de estructuras e instalaciones en 2014, lo que consolidó al país como un líder mundial en la digitalización de la construcción.[10]

Fundamentos Conceptuales: BIM como un Ecosistema Integrado

Es crucial comprender que BIM trasciende la definición de un simple software o una tecnología. Como subrayan Hardin y Mccool,[11] BIM es un sistema integral y un proceso que revoluciona la forma en que los edificios y las infraestructuras son concebidos, diseñados, construidos y gestionados a lo largo de su vida útil. Su esencia radica en la colaboración, permitiendo que todos los actores de un proyecto—arquitectos, ingenieros, contratistas y propietarios—trabajen de manera concurrente sobre un modelo de información compartido y actualizado en tiempo real. Este flujo de trabajo colaborativo reduce drásticamente los errores, omisiones y desinformaciones que son endémicos en los procesos tradicionales basados en planos 2D desarticulados. En este sentido, Azhar[3] lo describe acertadamente como un nuevo paradigma que facilita la integración holística de todas las partes interesadas, promoviendo una mayor armonía y eficiencia.

Para que este ecosistema colaborativo funcione, la interoperabilidad es un pilar fundamental. Este concepto, definido por Gutiérrez Vélez,[9] se refiere a la capacidad de diferentes softwares y plataformas para intercambiar y utilizar la información del modelo de manera fluida y sin pérdida de datos, asegurando que todos los miembros del equipo tengan acceso a la misma "única fuente de la verdad".

Además, BIM actúa como un catalizador para otros enfoques de gestión avanzados. Un ejemplo notable es su sinergia con la Entrega Integrada de Proyectos (IPD, por sus siglas en inglés). Scott[12] explica que IPD es un enfoque contractual y de proceso que

alinea los intereses de todas las partes desde el inicio para optimizar la eficiencia y reducir el desperdicio. La combinación de IPD y BIM es natural y potente: BIM proporciona la plataforma tecnológica que hace posible el nivel de colaboración e intercambio de información transparente que el modelo contractual de IPD requiere.

Finalmente, para una comprensión completa, Ulloa Román y Salinas Saavedra[13] proponen analizar BIM desde tres perspectivas interconectadas: la tecnología (el software y hardware que lo habilitan), los procesos (los flujos de trabajo colaborativos y estandarizados) y las políticas (las normativas y estándares que guían su correcta implementación). Solo cuando estos tres componentes están alineados, una organización puede aprovechar todo el potencial transformador de la metodología.

Evolución de la Gestión de la Construcción: Hacia la Sinergia Lean-BIM

Paralelamente a la revolución digital de BIM, la gestión de la construcción ha experimentado su propia evolución filosófica con la adopción de los principios Lean Construction. Con sus raíces en el aclamado Sistema de Producción de Toyota, la filosofía Lean fue adaptada a la industria de la construcción por Lauri Koskela en la década de 1990. Como explican Porras et al.,[14] el objetivo central de Lean Construction es maximizar el valor para el cliente mientras se minimiza sistemáticamente el "desperdicio", entendido como cualquier actividad que consume recursos pero no agrega valor al producto final (por ejemplo, esperas, sobreproducción, transporte innecesario, defectos, etc.).

Una de las herramientas más influyentes de Lean Construction es el Sistema del Último Planificador (Last Planner System), que mejora drásticamente la fiabilidad de la planificación a corto plazo al involucrar directamente a quienes ejecutan el trabajo (los "últimos planificadores") en la programación de las tareas semanales. Este enfoque colaborativo de planificación aumenta el compromiso y asegura que los cronogramas sean realistas y alcanzables.

La difusión global de esta filosofía fue impulsada por la fundación del Lean Construction Institute en 1997, que ha transformado la manera en que se gestionan los proyectos al superar los problemas tradicionales de descoordinación y comunicación entre las fases de diseño y construcción. En América Latina, aunque su penetración en el ámbito académico ha sido más lenta, el sector privado en países como Brasil, Chile, Perú y Colombia ha comenzado a implementarla con éxito, logrando reducciones significativas en los tiempos de ciclo y mejoras en la calidad.

La convergencia de BIM y Lean Construction representa una de las sinergias más potentes en la gestión de proyectos moderna. BIM proporciona el "qué" y el "dónde" (un modelo de información rico y preciso), mientras que Lean proporciona el "cómo" y el "cuándo" (un proceso de flujo de trabajo optimizado y eficiente). La literatura internacional, como el estudio de Likita et al.[15] en Nueva Zelanda, ha demostrado empíricamente que la integración de ambas metodologías produce beneficios sinérgicos, incluyendo una mayor eficiencia operativa, una visualización y planificación mejoradas, y una reducción sustancial de riesgos, costos y desperdicios.

Impacto de BIM en la Gestión de Proyectos: Evidencia Científica Global

La literatura científica internacional ofrece un respaldo abrumador a los beneficios de la implementación de BIM. Un estudio de Parsamehr et al.[16] en Canadá demostró que los modelos predictivos basados en BIM mejoran significativamente la toma de decisiones en áreas críticas como la planificación de la seguridad, los costos y los plazos. Al proporcionar análisis precisos y en tiempo real, BIM optimiza la comunicación y la colaboración, presentando un marco integral para una gestión de proyectos más eficaz y sostenible.

La integración de BIM con otras tecnologías también ha demostrado ser un campo fructífero. Rodrigues et al.[17] en Portugal exploraron la sinergia entre BIM y herramientas de Business Intelligence (BI), mostrando cómo esta combinación permite una gestión de datos más inteligente. Al extraer datos del modelo 3D paramétrico y visualizarlos en dashboards de BI, los gestores de proyectos pueden realizar análisis en tiempo real, mejorando la precisión de las decisiones y optimizando la gestión de recursos, incluido el consumo energético.

Además de la eficiencia operativa, BIM es un potente habilitador de la construcción sostenible. Una revisión cientométrica realizada por Ferdosi et al.[18] en Irán identificó cinco dominios clave donde BIM impacta positivamente la sostenibilidad: la evaluación del ciclo de vida (LCA), la integración de criterios de edificios ecológicos, el análisis energético avanzado, las evaluaciones ambientales y la gestión general de proyectos sostenibles. Este estudio no solo mapea el estado del arte, sino que también guía futuras investigaciones al señalar las brechas académicas que aún deben abordarse.

El Panorama de BIM en el Perú: Entre el Potencial Reconocido y las Barreras Persistentes

La transición hacia BIM en el Perú presenta un panorama complejo, lleno de oportunidades y desafíos. La investigación a nivel nacional refleja una dualidad: por un lado, un amplio reconocimiento de su potencial y, por otro, la existencia de barreras significativas que frenan su adopción generalizada.

Un estudio de Pacheco et al.[19] reveló una percepción crítica entre los profesionales peruanos sobre las deficiencias en la aplicación actual de BIM. Un 47 % de los encuestados identificó problemas en la visualización del diseño (BIM 3D), un 49 % reportó dificultades en la coordinación de tiempo y planificación (BIM 4D), y un preocupante 57 % destacó falencias en la estimación de costos (BIM 5D). Estas cifras sugieren que, más allá de la simple adquisición de software, se requiere una profunda mejora en las competencias formativas y en la implementación de procesos robustos para maximizar la efectividad de la metodología.

Profundizando en las causas de esta lenta adopción, Murguia et al.[20] analizaron los elementos culturales y cognitivos de la industria peruana. Su investigación señaló que factores como la falta de estandarización nacional, los costos de inversión inicial percibidos como altos y una definición a menudo ambigua de lo que BIM realmente implica, actúan como barreras significativas.

Recomiendan que las políticas públicas no se limiten a mandatos, sino que se enfoquen en ofrecer incentivos, promover la capacitación en procesos colaborativos y desarrollar estándares flexibles que se adapten a la realidad del mercado local.

A pesar de estos desafíos, la percepción general sobre BIM es mayoritariamente positiva. Un estudio de Calderón et al.[21] encontró que un contundente 80 % de los constructores encuestados en el Perú reconocen que el uso de BIM mejora significativamente la calidad y el desempeño de los proyectos de edificación. Sin embargo, el 20 % restante lo considera una implementación compleja, lo que refuerza la idea de que la curva de aprendizaje y la gestión del cambio son aspectos críticos a abordar. La fiabilidad técnica de las herramientas asociadas a BIM, por otro lado, ha sido validada en el país. Brugman et al.[22] demostraron una altísima precisión (±0,003 m) al utilizar tecnologías como drones y estaciones totales para la modelización HBIM (Historic BIM) de patrimonio cultural, validando la capacidad de las herramientas digitales para representar la realidad construida con gran fidelidad.

Evidencia Empírica desde la Región San Martín: Un Laboratorio Local

Mientras que los estudios nacionales dibujan un panorama de desafíos, la investigación a nivel local en la región de San Martín ofrece una perspectiva optimista y basada en evidencia empírica. Estos estudios de caso son cruciales porque demuestran el impacto tangible de BIM en un contexto regional amazónico, a menudo percibido como tecnológicamente rezagado.

Una investigación de Galvez[23] en medianas empresas constructoras de la región encontró una correlación alta y positiva (Rho=0,704) entre el uso de BIM y una gestión de proyectos más efectiva, con una significancia estadística contundente ($p<0,05$). Este hallazgo es de suma importancia, ya que cuantifica la relación y demuestra que las empresas locales que adoptan BIM están, de hecho, logrando mejores resultados en la gestión de sus proyectos. De manera similar, un estudio de Paima[24] en Moyobamba (San Martín) halló una correlación igualmente alta (rho=0,726) entre la implementación de BIM y la productividad laboral, indicando que la metodología no solo mejora la gestión, sino también el rendimiento directo de los trabajadores.

Sin embargo, el impacto de BIM no es uniformemente alto en todas las áreas. Un estudio de Gomez[25] en una unidad ejecutora de la región encontró una correlación positiva pero muy baja (Rho=0,124) entre BIM y la gestión de expedientes técnicos. Aunque estadísticamente significativa, esta baja correlación sugiere que el mayor valor de BIM se encuentra en la gestión integral y colaborativa del proyecto, y su impacto puede ser menos pronunciado en tareas administrativas específicas y aisladas si no están completamente integradas en un flujo de trabajo digital. En conjunto, estos estudios locales son una poderosa demostración de que, a pesar de las barreras nacionales, la implementación focalizada de BIM a nivel de empresa en la región San Martín está generando resultados positivos y medibles.

CONCLUSIONES

Existe un consenso abrumador en la literatura internacional que posiciona a BIM como una metodología transformadora con un impacto positivo y demostrado en la eficiencia, la calidad, la reducción de costos y la sostenibilidad de los proyectos de construcción. La evidencia global muestra que sus beneficios se maximizan cuando no se considera una simple herramienta tecnológica, sino un proceso de gestión integral que fomenta la colaboración y la transparencia desde las fases más tempranas del proyecto. El potencial de BIM se amplifica significativamente a través de su sinergia con otras filosofías y tecnologías. La integración de BIM con los principios de Lean Construction crea un marco de gestión sumamente potente que aborda tanto la optimización de la información (BIM) como la del flujo de trabajo (Lean). Asimismo, su combinación con herramientas como Business Intelligence (BI) está abriendo nuevas fronteras en la toma de decisiones basada en datos, llevando la gestión de proyectos a un nivel superior de inteligencia y predictibilidad. El caso del Perú ilustra claramente que la adopción de BIM es un proceso complejo que trasciende la mera implementación tecnológica. Las barreras identificadas a nivel nacional—culturales, formativas, económicas y la falta de estandarización—son obstáculos reales que requieren una estrategia multifacética para ser superados. La transición hacia BIM exige una inversión sostenida en capacitación del capital humano, un esfuerzo por parte de los organismos gubernamentales para crear políticas de fomento y estándares claros, y un cambio de mentalidad en la industria hacia una cultura más colaborativa. A pesar de los desafíos macro, la evidencia empírica a nivel local en la región de San Martín demuestra que la adopción de BIM es no solo viable, sino altamente beneficiosa. Los estudios de caso que reportan correlaciones positivas y altas entre BIM y la mejora en la gestión de proyectos y la productividad laboral son un testimonio del potencial transformador de esta metodología, incluso en contextos regionales en desarrollo. Estos hallazgos locales sugieren que las empresas que toman la iniciativa de invertir en tecnología y capacitación pueden obtener una ventaja competitiva significativa y liderar la modernización del sector desde la base. Esta revisión subraya la necesidad de continuar investigando el impacto de BIM en contextos específicos, así como de desarrollar estrategias de implementación adaptadas a las realidades locales para cerrar la brecha entre el potencial global de la metodología y su aplicación efectiva en el terreno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ogbamwen J. Gestión de proyectos de construcción mediante Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD): análisis y estudios de dos casos en EE. UU. [Tesis de posgrado]. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2016.

2. Eastman C, Teicholz P, Sacks R, Liston K. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. Hoboken: John Wiley & Sons; 2011.

3. Azhar S. Building information modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. Leadership and

Management in Engineering. 2011;11(3):241–52.

4. Ministerio de Economía y Finanzas. Guía de implementación BIM en proyectos de infraestructura pública. Lima: MEF; 2018.

5. Valverde MA, Zapata PL. Desarrollo de infraestructura en la región San Martín: retos y oportunidades. Revista de Desarrollo Regional. 2019;15(3):211–29.

6. Universidad Nacional de Tucumán. La gestión de proyectos en la construcción. Evaluando ERP. 2018 jun 14. Disponible en: https://www.evaluandoerp.com/la-gestion-proyectos-la-construccion/

7. Pinedo AM, García JE. La implementación de BIM en proyectos habitacionales en regiones de bajo desarrollo tecnológico. Revista de Ingeniería y Construcción. 2020;19(1):45–60.

8. D'Amato Gutiérrez N. Building Information Modeling (BIM). [Tesis de grado]. Medellín: Universidad EAFIT; 2010.

9. Gutiérrez Vélez C. Metodología de gestión de riesgos con herramientas BIM integradas a los principios Lean para la administración de proyectos en la construcción y vida útil de la edificación. [Tesis de grado]. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya; 2015.

10. Choclán Gámez F, Soler Severino M, Gonzáles Márquez R. Spanish Journal of BIM. BuildingSmart. 2015;14(1):19–25.

11. Hardin B, McCool D. BIM and construction management. Indianapolis: Wiley Publishing; 2009.

12. Scott G. IPD and BIM: benefits and opportunities for regulatory agencies. Proceedings of the 45th ASC National Conference; 2009. p. 1–8.

13. Ulloa Román K, Salinas Saavedra J. Mejoras en la implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan. [Tesis de máster]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2013.

14. Porras Díaz H, Sánchez Rivera O, Galvís Guerra J. Lean construction philosophy for the management of construction projects: a current review. Avances Investigación en Ingeniería. 2014;11(1):1794–4953.

15. Likita AJ, Jelodar MB, Vishnupriya V, Rotimi JOB. Lean and BIM integration benefits construction management practices in New Zealand. Construction Innovation. 2024;24(1):106–33.

16. Parsamehr M, Perera US, Dodanwala TC, Perera P, Ruparathna R. A review of construction management challenges and BIM-based solutions: perspectives from schedule, cost, quality, and safety management. Asian Journal of Civil Engineering. 2022;24(1):353–89.

17. Rodrigues F, Alves AD, Matos R. Construction management supported by BIM and a business intelligence tool. Energies. 2022;15(9):3412.

18. Ferdosi H, Abbasianjahromi H, Banihashemi S, Ravanshadnia M. BIM applications in sustainable construction: scientometric and state-of-the-art review. International Journal of Construction Management. 2022;23(12):1969–81.

19. Pacheco A, Pacheco-Pumaleque L, Uribe-Hernández Y, Mogrovejo A, Pariona-Luque R, Añaños-Bedriñana M, et al. Transforming construction management in Peru: the role of BIM in innovation and efficiency. SAGE Open. 2024;14(1).

20. Murguia D, Demian P, Soetanto R. The role of the industry's cultural-cognitive elements on actors' intention to adopt BIM: an empirical study in Peru. Engineering, Construction and Architectural Management. 2023;30(3):1183–200.

21. Calderón JV, Esenarro D, Rodríguez C, Segovia E. Application of BIM technology in the formulation of building projects in Peru—2020. En: Kang T, Lee Y, editores. Proceedings of the 2021 4th International Conference on Civil Engineering and Architecture. Lecture Notes in Civil Engineering, vol. 201. Singapore: Springer; 2022. p. 601–11.

22. Brugman CAE, Caipo FKN, Del Savio AA. UAV, GNSS, total station, and data management applied to an ancient clay structure as a historic building information modeling proposal: a case study of Huaca Arco Iris (Trujillo, Peru). Heritage. 2024;7(9):4962–79.

23. Gálvez Villanueva J. Building Information Modeling y gestión de proyectos de edificación en medianas empresas constructoras de la región San Martín–2024. [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad César Vallejo; 2024. Disponible en: https://

hdl.handle.net/20.500.12692/146459

24. Paima Del Águila A. Building Information Modeling y productividad laboral en dos empresas constructoras, Moyobamba, San Martín–2024. [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad César Vallejo; 2024. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12692/146302

25. Gómez Riva C. Building Information Modeling y gestión de expedientes técnicos de una unidad ejecutora de la región de San Martín, 2024. [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad César Vallejo; 2024. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12692/146900

26. Müggenburg Rodríguez VMC, Pérez Cabrera I. Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. Enfermería Universitaria. 2007;4(1):35–8.

27. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. 6ª ed. México D.F.: McGraw-Hill; 2014.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Ronal Wilian Sandoval Gil, Carlos Enrique Chung Rojas.
Análisis formal: Ronal Wilian Sandoval Gil, Carlos Enrique Chung Rojas.
Investigación: Ronal Wilian Sandoval Gil, Carlos Enrique Chung Rojas.
Metodología: Ronal Wilian Sandoval Gil, Carlos Enrique Chung Rojas.
Administración del proyecto: Ronal Wilian Sandoval Gil, Carlos Enrique Chung Rojas.
Supervisión: Carlos Enrique Chung Rojas.
Validación: Ronal Wilian Sandoval Gil, Carlos Enrique Chung Rojas.
Visualización: Ronal Wilian Sandoval Gil.
Redacción – borrador original: Ronal Wilian Sandoval Gil, Carlos Enrique Chung Rojas.
Redacción – revisión y edición: Ronal Wilian Sandoval Gil, Carlos Enrique Chung Rojas.