RPNS: 2067 | ISSN: 1817-9088
Volumen 24 (2027)
N° 1 (enero - marzo)

Original **Recibido: 20/8/2026 | Aceptado: 19/11/2026**

Evaluación multidimensional de capacidades tecnológicas para gestión de proyectos mediante modelado de información de construcción

Multidimensional assessment of technological capabilities for project management through building information modeling

Erwin Alberto Conrado Ramos Pérez, Doctor en Gestión Ambiental. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional "San Luis Gonzaga". Ica, Perú. [eramosp33@gmail.com]

Resumen

La evaluación de capacidades BIM exige diferenciar conocimientos conceptuales, representación digital, interpretación técnica e integración tecnológica en la gestión de proyectos. El objetivo de este trabajo es analizar multidimensionalmente las capacidades tecnológicas para la gestión digital de proyectos mediante modelado de información de construcción. Se desarrolló un ejercicio metodológico de enfoque cuantitativo, orientación aplicada, alcance descriptivo-comparativo y diseño no experimental. Se utilizaron 50 registros simulados y 24 criterios distribuidos en cuatro dimensiones, valorados mediante una escala Likert de cinco puntos. Se calcularon estadísticos descriptivos y se aplicaron las pruebas de Friedman y Wilcoxon para muestras relacionadas, con ajuste de Holm y estimación del coeficiente de concordancia de Kendall. La puntuación global alcanzó una media de 3,30 ± 0,46. El modelado y la representación digital obtuvieron la mayor puntuación (3,59 ± 0,55), mientras que la interpretación y el análisis de información técnica presentaron la menor (3,14 ± 0,68). Se identificaron diferencias entre las cuatro dimensiones ($\chi^2 = 24,348$; $p = 0,000021$; $W = 0,162$). Las comparaciones por pares confirmaron puntuaciones superiores en modelado y representación digital respecto a las otras tres dimensiones, sin diferencias significativas entre

estas últimas. La distribución de las puntuaciones permitió distinguir capacidades vinculadas con la representación digital de aquellas relacionadas con la comprensión, interpretación e integración de información técnica. Se concluye que el procedimiento permitió caracterizar y comparar cuatro dimensiones de capacidades tecnológicas, lo que constituye una base metodológica para futuras evaluaciones empíricas en la formación universitaria de ingeniería civil.

Palabras clave: capacidades tecnológicas, evaluación multidimensional, gestión de proyectos, modelado de información de construcción

Abstract

The assessment of BIM capabilities requires distinguishing conceptual knowledge, digital representation, technical interpretation, and technological integration in project management. The objective was to conduct a multidimensional analysis of technological capabilities for digital project management through Building Information Modeling. A methodological exercise was conducted using a quantitative approach, applied orientation, descriptive-comparative scope, and non-experimental design. Fifty simulated records and 24 criteria distributed across four dimensions were used, with responses rated on a five-point Likert scale. Descriptive statistics were calculated, and the Friedman and Wilcoxon tests for related samples were applied, with Holm adjustment and estimation of Kendall's coefficient of concordance. The overall score reached a mean of 3.30 ± 0.46. Modeling and digital representation obtained the highest score (3.59 ± 0.55), whereas the interpretation and analysis of technical information presented the lowest (3.14 ± 0.68). Differences were identified among the four dimensions ($\chi^2 = 24.348$; $p = 0.000021$; $W = 0.162$). Pairwise comparisons confirmed higher scores for modeling and digital representation than for the other three dimensions, with no significant differences among the

latter. The score distribution made it possible to distinguish capabilities associated with digital representation from those related to the understanding, interpretation, and integration of technical information. It is concluded that the procedure enabled the characterization and comparison of four dimensions of technological capabilities, providing a methodological basis for future empirical assessments in undergraduate civil engineering education.

Keywords: building information modeling, multidimensional assessment, project management, technological capabilities

Introducción

La gestión de proyectos de construcción demanda capacidades para organizar información técnica, coordinar actividades y anticipar decisiones que involucran diferentes componentes del proceso constructivo. La incorporación de entornos digitales ha ampliado estas exigencias, al introducir nuevas formas de representación, intercambio y utilización de información entre los participantes de los proyectos (Wang et al., 2023; Goel, 2025). En este escenario, el modelado de información de construcción ha adquirido importancia por su capacidad para integrar información del proyecto y facilitar la coordinación durante sus distintas fases (Del Savio et al., 2024; Ahankoob et al., 2025). Su utilización también ha extendido las demandas de formación hacia conocimientos que combinan interpretación técnica, manejo de recursos digitales y comprensión de procedimientos de gestión constructiva (Olowa et al., 2023; Geng et al., 2025).

La incorporación de estas tecnologías en la ingeniería civil no se limita al aprendizaje de programas informáticos, sino que comprende la capacidad para utilizar representaciones digitales como soporte de actividades de análisis, planificación y coordinación. En este sentido, la integración de conceptos relacionados con la gestión de costos, la programación de actividades y la colaboración interdisciplinaria adquiere relevancia en la preparación de futuros

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu

profesionales (Patching et al., 2024; Brioso et al., 2023). Las aplicaciones educativas basadas en dispositivos móviles, realidad virtual y entornos digitales han ampliado los recursos disponibles para representar situaciones constructivas y facilitar la comprensión de contenidos especializados (Kuncoro et al., 2023; Hajirasouli et al., 2024; Valbuena et al., 2024). Sin embargo, la disponibilidad de estos recursos no permite establecer, por sí misma, el grado de capacidad que poseen los estudiantes para utilizarlos en actividades vinculadas con la gestión de proyectos. Incluso las experiencias de enseñanza virtual requieren considerar las condiciones de implementación y la articulación de los contenidos con los propósitos de aprendizaje (Abanda et al., 2025).

Una dificultad relevante reside en que las capacidades tecnológicas pueden presentar niveles de desarrollo diferentes dentro de una misma formación profesional. El conocimiento de los fundamentos de una metodología digital no necesariamente representa un dominio equivalente de las operaciones, la interpretación de información o la resolución de problemas técnicos. Esta diferenciación resulta pertinente ante las exigencias de alfabetización digital y solución colaborativa de problemas identificadas en la educación superior técnica (Luengo et al., 2024; Ebekozien et al., 2023). Asimismo, las evaluaciones realizadas en estudiantes de carreras vinculadas con la construcción han permitido reconocer diferencias entre las competencias digitales fundamentales y aquellas que requieren una mayor especialización tecnológica (Hagan et al., 2025). A estas dificultades se añaden las relacionadas con la heterogeneidad de los conocimientos previos y la articulación de los contenidos tecnológicos dentro de los programas universitarios (Kong, 2024).

La identificación de estas diferencias plantea la necesidad de disponer de procedimientos que permitan examinar las capacidades tecnológicas mediante componentes diferenciados y

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu



criterios de valoración comparables. Una evaluación centrada exclusivamente en la percepción general del dominio tecnológico podría ocultar diferencias entre el conocimiento conceptual, la utilización de herramientas, la interpretación de información y la preparación para intervenir en procesos constructivos. Por consiguiente, una estructura multidimensional permitiría organizar estas capacidades, establecer perfiles de desempeño y reconocer los componentes que requieren mayor atención formativa. Esta perspectiva resulta congruente con los planteamientos sobre las competencias de empleabilidad en el sector de la construcción y la necesidad de integrar los conocimientos tecnológicos en propuestas educativas orientadas al desempeño profesional (Ghanbaripour et al., 2024; Jayathilaka et al., 2025).

En correspondencia con esta problemática, el objetivo del estudio fue evaluar multidimensionalmente las capacidades tecnológicas para la gestión digital de proyectos mediante modelado de información de construcción en la formación universitaria. La aproximación se orientó a estructurar un procedimiento de valoración por componentes, identificar diferencias en sus niveles de desarrollo y establecer criterios que contribuyeran a interpretar las necesidades de fortalecimiento tecnológico. De este modo, el aporte esperado se situó en la utilidad metodológica de una estructura de evaluación susceptible de adaptación a otros contextos de formación en ingeniería civil.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló con orientación aplicada, enfoque cuantitativo y alcance descriptivo-comparativo, mediante un diseño no experimental de corte transversal. El procedimiento se estructuró como una demostración metodológica para evaluar capacidades tecnológicas vinculadas con la gestión digital de proyectos de construcción mediante el modelado de información de construcción (BIM). El escenario de referencia se delimitó en la ciudad de Ica, Perú, durante el periodo comprendido entre febrero y julio de 2026. La propuesta

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu

se centró en establecer una estructura de evaluación por componentes y examinar las diferencias entre sus dimensiones mediante procedimientos estadísticos para datos relacionados.

La unidad de análisis estuvo constituida por 50 registros sintéticos, construidos con fines de demostración y procesamiento estadístico. Estos registros no correspondieron a estudiantes reclutados ni a observaciones obtenidas mediante aplicación de un cuestionario en una institución educativa. Su generación permitió representar perfiles hipotéticos con puntuaciones diferenciadas en capacidades tecnológicas relacionadas con el uso de BIM. En consecuencia, no se estableció una muestra empírica ni se efectuaron procedimientos de selección de participantes. Los registros tampoco se utilizaron para estimar características de una población universitaria, sino para comprobar la organización de los indicadores, el cálculo de puntuaciones dimensionales y la aplicación de pruebas estadísticas.

La evaluación se organizó en cuatro dimensiones. La primera, comprensión de fundamentos y estructura informacional, comprendió el reconocimiento de los principios BIM, la organización de información del proyecto y la comprensión de las relaciones entre sus componentes. La segunda, modelado y representación digital, consideró las capacidades relacionadas con la elaboración, modificación y representación de elementos constructivos mediante modelos digitales. La tercera, interpretación y análisis de información técnica, incorporó la lectura de datos del modelo, la identificación de inconsistencias y la interpretación de información necesaria para valorar condiciones del proyecto. La cuarta, integración tecnológica para la planificación y coordinación de proyectos, comprendió la articulación de información digital con actividades de programación, estimación de costos, coordinación de participantes y gestión compartida de información. Estas dimensiones se establecieron como

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu

componentes operativos de la propuesta de evaluación y no como categorías universales o niveles profesionales estandarizados.

El instrumento de evaluación se estructuró mediante 24 criterios, distribuidos equitativamente entre las cuatro dimensiones, con seis criterios por componente. Cada criterio se representó mediante una afirmación susceptible de valoración en una escala ordinal de cinco categorías, desde 1 (totalmente en desacuerdo) hasta 5 (totalmente de acuerdo). La puntuación de cada dimensión se calculó mediante el promedio de sus seis criterios, siempre que se dispusiera de respuestas completas. La puntuación global se obtuvo mediante el promedio de las cuatro puntuaciones dimensionales. Para facilitar la interpretación descriptiva se establecieron cinco intervalos: muy bajo (1,00–1,80), bajo (1,81–2,60), medio (2,61–3,40), alto (3,41–4,20) y muy alto (4,21–5,00). Estos intervalos tuvieron carácter interpretativo y se utilizaron exclusivamente para describir la distribución de las puntuaciones generadas; no representaron baremos validados de competencia tecnológica.

La construcción de la matriz sintética comprendió la generación de 50 registros con 24 respuestas individuales por registro. El procedimiento incorporó variación entre las cuatro dimensiones y entre los criterios pertenecientes a cada una, con el propósito de evitar puntuaciones idénticas y permitir el examen de diferencias intra-registro. Para ello, se generaron puntuaciones latentes correlacionadas entre dimensiones, a las que se incorporó variación específica por criterio. Los valores resultantes se redondearon y limitaron a las cinco categorías de la escala. La matriz se organizó en formato tabular, de modo que cada fila representara un registro y cada columna correspondiera a uno de los criterios o a una puntuación dimensional calculada. Se conservaron las respuestas individuales para permitir la reproducción de los cálculos y la verificación de los resultados.

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu

El procesamiento estadístico comprendió dos niveles. En el primero se calcularon frecuencias absolutas, porcentajes, medias, desviaciones estándar, medianas y rangos intercuartílicos para describir el comportamiento de los criterios y de las cuatro dimensiones. La media y la desviación estándar se utilizaron como indicadores complementarios de distribución, mientras que la mediana y el rango intercuartílico tuvieron prioridad interpretativa por el carácter ordinal de las respuestas originales.

En el segundo nivel se aplicó la prueba de Friedman para comparar las puntuaciones de las cuatro dimensiones, debido a que procedían de los mismos 50 registros y, por tanto, constituían medidas relacionadas. La hipótesis nula estableció que no existían diferencias en la distribución de rangos entre las dimensiones; la hipótesis alternativa indicó que al menos una de ellas presentaba un comportamiento diferente. Se consideró un nivel de significancia de 0,05. La magnitud de la concordancia asociada con el resultado de Friedman se estimó mediante el coeficiente W de Kendall, calculado como el cociente entre el estadístico de Friedman y el producto del número de registros por el número de grados de libertad de la prueba. Este coeficiente permitió complementar la significancia estadística con una estimación de la magnitud del patrón de diferencias observado.

Cuando la prueba global de Friedman identificó diferencias estadísticamente significativas, se efectuaron comparaciones pareadas mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Se examinaron las seis combinaciones posibles entre las cuatro dimensiones y se aplicó el procedimiento de Holm para ajustar los valores de probabilidad y controlar el error asociado con las comparaciones múltiples. Se consideró significativo un valor de p ajustado inferior a 0,05. Como medida complementaria se calculó la correlación biserial de rangos para datos emparejados, con el propósito de describir la dirección y magnitud de las diferencias entre

cada par de dimensiones. La interpretación de estas comparaciones se realizó en función de las puntuaciones de los registros sintéticos y no como evidencia de diferencias entre grupos de estudiantes reales.

Los procedimientos de generación de la matriz y análisis estadístico se ejecutaron mediante procesamiento computacional reproducible, utilizando Python y bibliotecas especializadas para el cálculo estadístico. La base de datos y los resultados se organizaron en hojas independientes para conservar la trazabilidad entre los criterios originales, las puntuaciones dimensionales, los estadísticos descriptivos y las pruebas inferenciales. La comprobación de los resultados incluyó la revisión de las dimensiones comparadas, los estadísticos de contraste, los valores de probabilidad y los ajustes aplicados a las comparaciones pareadas.

La evaluación de la validez de contenido se consideró una fase posterior de desarrollo del instrumento, mediante revisión de especialistas en educación tecnológica, metodología de investigación y gestión de proyectos constructivos. También se contempló la realización de una prueba piloto y el análisis de consistencia interna antes de una aplicación empírica. Estos procedimientos no se consideraron ejecutados ni se atribuyeron propiedades psicométricas al instrumento a partir de la matriz sintética. Por consiguiente, los resultados estadísticos obtenidos no se utilizaron como evidencia de validez o fiabilidad de la escala.

En relación con los aspectos éticos, el procedimiento utilizó exclusivamente información sintética, sin participación de personas, acceso a expedientes académicos ni tratamiento de datos personales. Se mantuvo la distinción entre los registros generados y cualquier información atribuible a estudiantes o instituciones. Los resultados se limitaron a demostrar la aplicación del procedimiento de evaluación y análisis estadístico, sin formular conclusiones empíricas sobre la formación universitaria en ingeniería civil.

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu

Análisis y discusión de los resultados

La evaluación multidimensional de las capacidades tecnológicas mostró diferencias en las puntuaciones obtenidas entre los cuatro componentes establecidos (Tabla 1). La puntuación global alcanzó una media de 3,30 ± 0,46 y una mediana de 3,31, con valores comprendidos entre 2,46 y 4,54. La distribución se concentró principalmente en el nivel medio (56,0 %) y, en menor proporción, en el nivel alto (36,0 %). Este comportamiento permitió identificar variaciones en el desarrollo representado por los registros sintéticos, sin que ello constituyera una estimación de capacidades en estudiantes reales.

Tabla 1. Distribución descriptiva de las capacidades tecnológicas según dimensiones de evaluación

Dimensión	Media ± DE	Mediana (Q1–Q3)	Muy bajo (%)	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)	Muy alto (%)
Comprensión de fundamentos y estructura informacional	3,16 ± 0,61	3,17 (2,83–3,63)	2,0	14,0	52,0	30,0	2,0
Modelado y representación digital	3,59 ± 0,55	3,50 (3,21–3,83)	0,0	4,0	34,0	46,0	16,0
Interpretación y análisis de información técnica	3,14 ± 0,68	3,17 (2,67–3,50)	2,0	16,0	52,0	22,0	8,0
Integración tecnológica para la planificación y coordinación de proyectos	3,29 ± 0,59	3,25 (2,83–3,67)	0,0	10,0	46,0	38,0	6,0
Puntuación global	3,30 ± 0,46	3,31 (2,92–3,57)	0,0	4,0	56,0	36,0	4,0

Fuente: Elaboración propia

El modelado y la representación digital alcanzaron la mayor puntuación media (3,59 ± 0,55), con una mediana de 3,50. El 62,0 % de los registros se ubicó en los niveles alto y muy

alto para esta dimensión. En contraste, la interpretación y el análisis de información técnica presentaron una media de 3,14 ± 0,68, mientras que la comprensión de fundamentos y estructura informacional obtuvo 3,16 ± 0,61. En ambas dimensiones predominó el nivel medio, con proporciones del 52,0 %. La integración tecnológica para la planificación y coordinación de proyectos alcanzó una media de 3,29 ± 0,59, con el 44,0 % de los registros en los niveles alto y muy alto. En conjunto, estos resultados describieron un comportamiento diferenciado entre las capacidades de representación digital y aquellas relacionadas con la comprensión, interpretación e integración de información técnica.

La comparación de las cuatro dimensiones mediante la prueba de Friedman identificó diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones relacionadas ($\chi^2 = 24,348$; gl = 3; p = 0,000021). El coeficiente W de Kendall alcanzó 0,162, lo que representó una magnitud relativamente baja de concordancia en el patrón de rangos. La dimensión de modelado y representación digital presentó el mayor rango promedio (3,21), seguida de la integración tecnológica para la planificación y coordinación de proyectos (2,49), la comprensión de fundamentos y estructura informacional (2,21) y la interpretación y análisis de información técnica (2,09). Esta distribución permitió reconocer que las diferencias globales estuvieron acompañadas de una posición relativamente superior del componente de modelado y representación digital (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de las puntuaciones dimensionales mediante la prueba de Friedman

Dimensión	Rango promedio
Comprensión de fundamentos y estructura informacional	2,21
Modelado y representación digital	3,21
Interpretación y análisis de información técnica	2,09
Integración tecnológica para la planificación y coordinación de proyectos	2,49

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu

Estadístico	Resultado
Número de registros	50
Estadístico de Friedman (χ^2)	24,348
Grados de libertad	3
Valor p	0,000021
W de Kendall	0,162

Fuente: Elaboración Propia

Las comparaciones pareadas mediante la prueba de Wilcoxon, con ajuste de Holm, identificaron diferencias estadísticamente significativas en tres de las seis combinaciones examinadas (Tabla 3). El modelado y la representación digital presentó puntuaciones superiores a la comprensión de fundamentos y estructura informacional (p ajustado = 0,000112), a la interpretación y análisis de información técnica (p ajustado = 0,000236) y a la integración tecnológica para la planificación y coordinación de proyectos (p ajustado = 0,001617). Las magnitudes de las correlaciones biseriales de rangos emparejados fueron 0,723, 0,720 y 0,618, respectivamente, en favor del modelado y la representación digital.

Por otra parte, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre la comprensión de fundamentos y estructura informacional y la interpretación y análisis de información técnica (p ajustado = 0,909872), entre la comprensión de fundamentos y la integración tecnológica (p ajustado = 0,470418), ni entre la interpretación y análisis de información técnica y la integración tecnológica (p ajustado = 0,321544). Por consiguiente, las diferencias detectadas en el contraste global se localizaron principalmente en las comparaciones que involucraron el componente de modelado y representación digital.

Tabla 3. Comparaciones pareadas de las dimensiones mediante Wilcoxon y ajuste de Holm

Dimensional	W de Wilcoxon	p sin ajustar	p ajustado (Holm)	Correlación biserial de rangos	Interpretación
Fundamentos frente a modelado	149,5	0,000019	0,000112	−0,723	Superior modelado

Fundamentos frente a interpretación	577,0	0,909872	0,909872	0,019	No significativa
Fundamentos frente a integración	412,5	0,235209	0,470418	−0,203	No significativa
Modelado frente a interpretación	126,5	0,000047	0,000236	0,720	Superior modelado
Modelado frente a integración	180,5	0,000404	0,001617	0,618	Superior modelado
Interpretación frente a integración	375,0	0,107181	0,321544	−0,275	No significativa

Fuente: Elaboración Propia

La evaluación multidimensional de las capacidades tecnológicas mostró un comportamiento diferenciado entre las cuatro dimensiones consideradas. El modelado y la representación digital alcanzaron la puntuación media más alta (3,59 ± 0,55), mientras que la interpretación y el análisis de información técnica presentaron el valor inferior (3,14 ± 0,68). La comprensión de fundamentos y estructura informacional obtuvo una media de 3,16 ± 0,61, y la integración tecnológica para la planificación y coordinación de proyectos registró 3,29 ± 0,59. Esta distribución sugirió que el desempeño representado en el ejercicio no fue homogéneo y que las capacidades vinculadas con la producción de modelos digitales ocuparon una posición relativamente favorable frente a las relacionadas con el examen de información técnica.

La diferencia entre el modelado y la interpretación técnica resultó especialmente relevante porque ambas capacidades cumplen funciones complementarias: la primera permite construir representaciones digitales y la segunda interviene en la comprensión y utilización de la información que estas contienen. Esta diferenciación fue contrastable con Hagan et al. (2025), quienes identificaron, entre estudiantes de universidades técnicas de Ghana, un dominio

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu

moderado de competencias digitales fundamentales y mayores dificultades en habilidades avanzadas, como el modelado tridimensional y otras tecnologías especializadas.

Aunque el patrón de los datos simulados no reprodujo necesariamente el comportamiento descrito por estos autores, la comparación permitió reconocer que las capacidades digitales pueden presentar niveles distintos según la naturaleza de las tareas tecnológicas evaluadas. Por otra parte, Del Savio et al. (2024) propusieron mecanismos curriculares para desarrollar y consolidar competencias BIM mediante contenidos específicos, plataformas colaborativas, formación docente y proyectos de aplicación. En conjunto, estos antecedentes permitieron considerar que la formación BIM requiere una estructura que conecte el conocimiento de sus fundamentos con la representación digital y la interpretación de información técnica. No obstante, los resultados del presente ejercicio no demostraron que esas condiciones curriculares estuvieran ausentes en una institución real, sino que ilustraron una distribución posible de capacidades que podría examinarse mediante una aplicación empírica.

La dimensión de modelado y representación digital presentó una posición relativamente superior, con una media de 3,59 y una proporción conjunta del 62 % en los niveles alto y muy alto. Este resultado descriptivo adquirió mayor relevancia al considerar la prueba de Friedman, que identificó diferencias entre las cuatro dimensiones evaluadas ($\chi^2 = 24{,}348$; gl = 3; p = 0,000021). La comparación por pares mediante la prueba de Wilcoxon, con ajuste de Holm, confirmó que el modelado y la representación digital obtuvo puntuaciones significativamente superiores a la comprensión de fundamentos y estructura informacional (p ajustado = 0,000112), a la interpretación y el análisis de información técnica (p ajustado = 0,000236) y a la integración tecnológica para la planificación y coordinación de proyectos (p ajustado = 0,001617).

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu

Esta diferenciación permitió interpretar que, dentro de la estructura de evaluación propuesta, las actividades asociadas con la representación digital podían alcanzar una valoración distinta de aquellas que demandaban comprender, interpretar e integrar información para la gestión de proyectos. El resultado encontró un punto de comparación en Abanda et al. (2025), quienes examinaron la enseñanza virtual de módulos BIM y destacaron la posibilidad de desarrollar contenidos técnicos mediante modalidades educativas a distancia. Sin embargo, la disponibilidad de modalidades de enseñanza o de herramientas digitales no garantiza, por sí misma, una integración equivalente de todas las capacidades requeridas para trabajar con modelos de información.

De manera complementaria, Patching et al. (2024) abordaron el diseño colaborativo de un programa universitario que integró BIM, entrega integrada de proyectos y Lean Construction. Este antecedente permitió considerar que la formación tecnológica puede adquirir mayor amplitud cuando el modelado se relaciona con procedimientos de coordinación y gestión, en lugar de limitarse a la elaboración de representaciones digitales. En consecuencia, la diferencia observada respaldó la conveniencia de estructurar la evaluación de BIM mediante componentes que permitan distinguir la producción del modelo, la interpretación de sus contenidos y su utilización en actividades de planificación y coordinación.

La interpretación y el análisis de información técnica constituyeron la dimensión con la media más baja (3,14 ± 0,68), mientras que la comprensión de fundamentos y estructura informacional alcanzó 3,16 ± 0,61. Ambas dimensiones concentraron el 52 % de los registros en el nivel medio y no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí (p ajustado = 0,910). Tampoco se identificaron diferencias significativas entre la comprensión de fundamentos y la integración tecnológica para la planificación y coordinación de proyectos (p ajustado = 0,470), ni entre la interpretación técnica y esta última dimensión (p ajustado =

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu

0,322). Estos resultados indicaron que las diferencias descriptivas entre dichas capacidades no alcanzaron evidencia estadística suficiente en las comparaciones realizadas.

La proximidad de sus puntuaciones permitió considerar que, en el esquema propuesto, la comprensión conceptual, la interpretación de información y la integración para la gestión representaron componentes con valoraciones relativamente próximas. Esta observación fue compatible con el planteamiento de Ahankoob et al. (2025), quienes analizaron la aceptación de BIM y las experiencias de aprendizaje en estudiantes universitarios de construcción desde el modelo de aceptación tecnológica. Su aproximación permitió reconocer la importancia de las percepciones sobre la tecnología en los procesos de aprendizaje, aunque la aceptación no debió confundirse con la capacidad para interpretar información técnica o utilizarla en decisiones relacionadas con proyectos.

Asimismo, Geng et al. (2025) revisaron las competencias de empleabilidad requeridas para los graduados del sector de la construcción, situando la preparación profesional en un marco que supera el conocimiento de herramientas específicas. Desde esta perspectiva, las capacidades tecnológicas asociadas con BIM deben comprender tanto la familiarización con sus fundamentos como la interpretación de información y su integración en procesos de trabajo. Sin embargo, los resultados simulados no permitieron establecer que una dimensión condicionara el desarrollo de otra ni que las puntuaciones representaran niveles reales de preparación profesional.

La comparación global de las dimensiones también requirió considerar la magnitud de las diferencias observadas. El coeficiente de concordancia de Kendall alcanzó un valor de 0,162, lo que reflejó una concordancia relativamente baja en la diferenciación de las puntuaciones dimensionales. Por tanto, la significación estadística de la prueba de Friedman no debió

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu

interpretarse como evidencia de una separación amplia entre todas las capacidades evaluadas. La diferencia se concentró principalmente en la posición superior del modelado y la representación digital, mientras que las otras tres dimensiones no mostraron diferencias significativas entre sí.

Esta distinción fue importante para evitar una interpretación excesiva del resultado global y para reconocer que la evaluación multidimensional permitió identificar un perfil de puntuaciones, no una jerarquía absoluta de capacidades. En relación con este planteamiento, Ghanbaripour et al. (2024) examinaron, mediante una revisión sistemática, la influencia de tecnologías emergentes en el aprendizaje, la participación y la empleabilidad dentro de la educación del entorno construido. Su contribución permitió situar la formación tecnológica como un proceso que requiere considerar simultáneamente los resultados de aprendizaje y su pertinencia para el desempeño profesional.

De manera complementaria, Brioso et al. (2023) estudiaron estrategias y herramientas virtuales para la enseñanza de la construcción en estudiantes de ingeniería civil, lo que reforzó la relevancia de incorporar recursos digitales en actividades vinculadas con contenidos disciplinares. La convergencia temática de estos antecedentes respaldó la pertinencia educativa de integrar BIM en la formación universitaria, aunque no permitió atribuir a una herramienta específica la mejora automática de las capacidades tecnológicas. En este sentido, el aporte metodológico del ejercicio consistió en diferenciar cuatro componentes de evaluación que permiten examinar, por separado, la comprensión de fundamentos, la representación digital, la interpretación técnica y la integración tecnológica para la gestión de proyectos. Esta organización podría servir como base para diseñar instrumentos de evaluación y futuras investigaciones empíricas orientadas a identificar perfiles de capacidades tecnológicas en contextos formativos de ingeniería civil.

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu

El ejercicio presentó limitaciones metodológicas que condicionaron el alcance de sus resultados. Los 50 registros fueron simulados y no procedieron de estudiantes reales, por lo que las puntuaciones no permitieron generalizar los hallazgos. Las pruebas estadísticas identificaron diferencias entre dimensiones, pero no establecieron relaciones causales ni explicaron sus posibles determinantes educativos. Asimismo, el instrumento requirió validación de contenido por especialistas, pilotaje y evaluación de sus propiedades métricas antes de su aplicación empírica. Por tanto, los resultados demostraron la utilidad metodológica del procedimiento multidimensional, sin constituir evidencia de dominio BIM, eficacia formativa o preparación profesional de estudiantes.

Conclusiones

La evaluación multidimensional permitió cumplir el objetivo de analizar las capacidades tecnológicas para la gestión digital de proyectos mediante modelado de información de construcción. Los resultados mostraron un comportamiento diferenciado entre las cuatro dimensiones evaluadas, con una puntuación relativamente superior en modelado y representación digital, que presentó diferencias estadísticamente significativas respecto a la comprensión de fundamentos, la interpretación de información técnica y la integración tecnológica para la planificación y coordinación de proyectos.

En cambio, no se identificaron diferencias significativas entre estas tres últimas dimensiones. Este comportamiento evidenció la utilidad de distinguir los componentes de las capacidades tecnológicas en lugar de interpretarlos como una competencia única. Por tanto, el principal aporte del ejercicio consistió en proponer un procedimiento de evaluación que permite caracterizar y comparar dichas dimensiones, como base metodológica para futuras aplicaciones empíricas en la formación universitaria de ingeniería civil.

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu

Referencias bibliográficas

Abanda, F. H., Almukhtar, A., & Austin, M. (2025). Lessons from the virtual delivery of building information modelling modules in the COVID-19 era. *Buildings*, *15*(2), 215. https://doi.org/10.3390/buildings15020215

Ahankoob, A., Abbasnejad, B., & Aranda, M. G. (2025). Building information modelling (BIM) acceptance and learning experiences in undergraduate construction education: A technology acceptance model (TAM) perspective—An Australian case study. *Buildings*, *15*(11), 1804. https://doi.org/10.3390/buildings15111804

Brioso, X., Calderón, H. C., & Fuentes, H. D. (2023). Strategies and virtual tools for teaching building construction to civil engineering undergraduates: A case study. *Advances in Building*, *7*(3), 46-60. Education. https://doi.org/10.20868/abe.2023.3.5205

Del Savio, A. A., Galantini, V. K., Luna, T. A., Salinas, S. J. R., & Vergara, O. M. A. (2024). Embedding building information modelling in the construction area: A case within an undergraduate civil engineering program. *International Journal of Engineering Pedagogy*, *14*(6), 109–138. https://doi.org/10.3991/ijep.v14i6.43927

Ebekozien, A., Aigbavboa, C., & Aliu, J. (2023). Built environment academics for 21st-century world of teaching: Stakeholders' perspective. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, *41*(6), 119–138. https://doi.org/10.1108/IJBPA-04-2022-0062

Geng, L., Ma, M., Osei-Kyei, R., Jin, X., & Shrestha, S. (2025). A review of employability skills for graduates in the construction sector. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, *15*(7), 153–170. https://doi.org/10.1108/HESWBL-08-2024-0242

Ghanbaripour, A. N., Talebian, N., Miller, D., Tumpa, R. J., Zhang, W., Golmoradi, M., & Skitmore, M. (2024). A systematic review of the impact of emerging technologies on



student learning, engagement, and employability in built environment education. *Buildings*, *14*(9), 2769. https://doi.org/10.3390/buildings14092769

Goel, A. (2025). Construction management students' perception of BIM adoption and its implications in a non-mandated country. *International Journal of Construction Management*, *25*(3), 278–288. https://doi.org/10.1080/15623599.2024.2317038

Hagan, D. E., Aryanti, T., & Ilhamdaniah, I. (2025). Digital competencies among construction students in Ghana's technical universities: A quantitative assessment from the students' perspective. *TEKNIK*, *46*(3), 255–269. https://doi.org/10.14710/teknik.v46i3.68465

Hajirasouli, A., Banihashemi, S., Sanders, P., & Rahimian, F. (2024). BIM-enabled virtual reality (VR)-based pedagogical framework in architectural design studios. *Smart and Sustainable Built Environment*, *13*(6), 1490–1510. https://doi.org/10.1108/SASBE-07-2022-0149

Jayathilaka, R. D. W. W., Wijewickrama, M. K. C. S., & Edwards, D. J. (2025). Developing a holistic teaching and learning framework for construction management education: A systematic literature review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *32*(13), 258–284. https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2024-1557

Kong, F. (2024). Research on the construction of civil engineering curricula and the training model for innovative talents based on BIM technology. *Pacific International Journal*, *7*(6), 206–211. https://doi.org/10.55014/pij.v7i6.736

Kuncoro, T., Ichwanto, M. A., & Muhammad, D. F. (2023). VR-based learning media of earthquake-resistant construction for civil engineering students. *Sustainability*, *15*(5), 4282. https://doi.org/10.3390/su15054282

Luengo, A. D., Cabello, P., & Rodriguez, M. B. B. (2024). Online collaborative problem-solving as a tangible outcome of digital skills in technical and vocational higher education. *Computers & Education*, *218*, 105079. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105079

Olowa, T., Witt, E., & Lill, I. (2023). Building information modelling (BIM)-enabled construction education: Teaching project cash flow concepts. *International Journal of Construction Management*, *23*(9), 1494–1505. https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1979300

Patching, A., Skitmore, M., Rusch, R., & Lester, D. (2024). Case study of the collaborative design of an integrated BIM, IPD and Lean university education program. *International Journal of Construction Management*, *24*(7), 799–808. https://doi.org/10.1080/15623599.2023.2215107

Valbuena, B. C., Lozano, R. N. E., Serrano, S. A., & Granados, L. C. (2024). CAMPUS: A mobile app for construction processes learning and teaching in higher education. *Computer Applications in Engineering Education*, *32*(4), e22739. https://doi.org/10.1002/cae.22739

Wang, L., Huang, M., Zhang, X., Yan, X., Jin, R., Wanatowski, D., Cheshmehzangi, A., & Chohan, N. (2023). Incorporating BIM into the upper-division curriculum of construction engineering and management. *European Journal of Engineering Education*, *48*(3), 482–501. https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2112150

Universidad de Granma. Bayamo MN, Cuba.
Carretera de Manzanillo Km 17 ½ Bayamo. Granma. Cuba.
C.P. 85100. http://olimpia.udg.co.cu