

Transformación digital y fortalecimiento de competencias espaciales mediante entornos BIM en estudiantes de Arquitectura

Digital transformation and strengthening of spatial skills through BIM environments in Architecture students

Recibido: 22/05/2026 - Aceptado: 06/08/2026

Sindhy Nayeri Cedillo Lozada

<https://orcid.org/0000-0001-5422-6265>

snayeri@ucvvirtual.edu.pe

Universidad Cesar Vallejo. Trujillo, Perú

Resumen

La transformación digital ha impulsado el uso de herramientas basadas en el modelado de información (Building Information Modeling, BIM) como recurso didáctico para fortalecer competencias profesionales en la formación universitaria. Sin embargo, en la enseñanza de la Arquitectura existe todavía evidencia limitada sobre su aporte específico al desarrollo de las competencias espaciales. Esta investigación tuvo como objetivo analizar el aporte de la metodología BIM como entorno didáctico en el fortalecimiento de las competencias espaciales de estudiantes de Arquitectura. Se empleó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con un diseño preexperimental de un solo grupo con mediciones de pretest y posttest, aplicado a una muestra inicial de 30 estudiantes del segundo ciclo, seleccionada mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, de los cuales 27 completaron ambas mediciones y conformaron la muestra analizada en el posttest. Se aplicó un cuestionario estructurado que evaluó las dimensiones de orientación espacial, manipulación de objetos tridimensionales y razonamiento espacial. Los resultados evidenciaron un incremento significativo de la media general entre el pretest ($M = 37,13$) y el posttest ($M = 47,89$), confirmado mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon aplicada a los 27 pares con datos completos ($Z = -4,547$; $p < 0,001$). El análisis de regresión lineal, realizado sobre esta misma muestra de 27 casos, mostró que el pretest predice significativamente el posttest ($\beta = 0,899$; $R^2 = 0,808$). Se concluye que la metodología BIM fortalece las competencias espaciales, particularmente la orientación y el razonamiento espacial, sin producir cambios estadísticamente significativos en la manipulación de objetos tridimensionales, y constituye una estrategia pertinente para acompañar procesos de transformación digital en la educación superior.

Palabras clave: Building Information Modeling, competencias espaciales, educación superior.

Abstract

Digital transformation has driven the use of Building Information Modeling (BIM) tools as a teaching resource to strengthen professional competencies in higher education. However, in architectural education there is still limited evidence regarding its specific contribution to the development of spatial skills. This study aimed to analyze the contribution of the BIM methodology as a didactic environment for strengthening spatial skills in Architecture students. A quantitative approach was used, of an applied type, with a one-group pre-experimental design involving pretest and posttest measurements, applied to an initial sample of 30 second-cycle students selected through non-probabilistic convenience sampling, of whom 27 completed both measurements and constituted the sample analyzed at posttest. A structured questionnaire assessed the dimensions of spatial orientation, manipulation of three-dimensional objects, and spatial reasoning. Results showed a significant increase in the overall mean between the pretest ($M = 37.13$) and the posttest ($M = 47.89$), confirmed by the non-parametric Wilcoxon test applied to the 27 complete pairs ($Z = -4.547$; $p < 0.001$). Linear regression analysis, performed on this same sample of 27 cases, showed that the pretest significantly predicts the posttest ($\beta = 0.899$; $R^2 = 0.808$). It is concluded that the BIM methodology

strengthens spatial skills, particularly spatial orientation and reasoning, without producing statistically significant changes in the manipulation of three-dimensional objects, and constitutes a relevant strategy to support digital transformation processes in higher education.

Keywords: Building Information Modeling, spatial skills, higher education.

Introducción

La incorporación de tecnologías digitales en la educación superior ha transformado los procesos de enseñanza-aprendizaje y ha impulsado el desarrollo de nuevas estrategias orientadas al fortalecimiento de competencias profesionales. En Arquitectura, estas tecnologías favorecen la representación, visualización y análisis de la información espacial mediante entornos digitales. En este sentido, Cabrera y Peñafiel (2025) señalan que las estrategias didácticas apoyadas en tecnologías digitales promueven aprendizajes más autónomos y significativos, mientras que Waqar et al. (2023) destacan que los entornos digitales basados en BIM favorecen la innovación educativa mediante nuevas formas de representación arquitectónica.

Diversos estudios evidencian que los estudiantes presentan dificultades en el desarrollo de competencias espaciales. Guzmán et al. (2020) identificaron limitaciones en la comprensión tridimensional y en la relación entre la representación espacial y los procesos constructivos; Medina (2020) reportó dificultades en la representación gráfica y la percepción espacial; y Hernández et al. (2024) encontraron niveles insuficientes de orientación espacial, manipulación de objetos tridimensionales y razonamiento espacial en estudiantes universitarios.

Conceptualmente, la competencia espacial constituye un constructo cognitivo multidimensional que comprende, entre otros componentes, la percepción, la visualización, la rotación mental, las relaciones espaciales y la orientación en el entorno. En el campo específico de la Arquitectura, Berkowitz et al. (2021) demostraron, mediante una evaluación transversal y longitudinal aplicada a estudiantes de distintos niveles formativos, que las habilidades espaciales dominio-específicas se desarrollan progresivamente a lo largo de la carrera, y que las pruebas más vinculadas al quehacer arquitectónico son las que mejor discriminan entre estudiantes noveles y avanzados. Este hallazgo respalda la pertinencia de diseñar estrategias formativas deliberadas —y no solo depender de la exposición curricular genérica— para el fortalecimiento de estas competencias desde los primeros ciclos de formación. En la misma línea, Porat y Ceobanu (2024) documentaron que los programas híbridos que combinan métodos de enseñanza tradicionales, aprendizaje basado en computador, realidad aumentada y construcción de modelos físicos tridimensionales producen mejoras perceptibles en la habilidad espacial de estudiantes de Arquitectura e Ingeniería, siendo especialmente valorados por los propios estudiantes los componentes que permiten la manipulación activa de objetos en el espacio.

Ante esta situación, la metodología Building Information Modeling (BIM) ha adquirido relevancia como herramienta digital aplicada a la formación arquitectónica, debido a que permite la creación de modelos tridimensionales integrados y favorece la visualización de elementos espaciales. Apaza y Anahua (2021) señalan que BIM facilita la comprensión de proyectos arquitectónicos mediante entornos digitales colaborativos, mientras que Khudhair et al. (2021) destacan su contribución al desarrollo de competencias digitales y a la interacción con modelos tridimensionales. No obstante, su incorporación en la educación superior aún presenta limitaciones: Böes et al. (2021) identificaron como principales barreras la limitada capacitación docente y la resistencia al cambio metodológico, mientras que Ruschel y Kehl (2024) resaltan la importancia de integrar BIM en la formación universitaria, y Ashour et al. (2022) demostraron que los entornos digitales asociados a BIM pueden mejorar las habilidades espaciales de los estudiantes.

Evidencia adicional proveniente de entornos de realidad extendida refuerza esta tendencia. Darwish et al. (2023) compararon un grupo experimental de estudiantes de Arquitectura que empleó tecnología de realidad extendida durante el taller de diseño inicial frente a un grupo de control que empleó

métodos convencionales, encontrando una mejora perceptible en las puntuaciones de habilidad espacial general del grupo experimental, aunque también identificaron dificultades técnicas y una curva de adaptación asociada al uso de dispositivos inmersivos. Estos resultados sugieren que, si bien las tecnologías digitales —incluido BIM— constituyen recursos prometedores para el fortalecimiento de las competencias espaciales, su efectividad puede verse condicionada por la familiaridad previa de los estudiantes con las herramientas, el tiempo de exposición y el diseño pedagógico de las actividades, aspectos que resulta pertinente considerar al interpretar los resultados de la presente investigación.

En el contexto peruano, el Plan BIM Perú ha impulsado la adopción progresiva de esta metodología en el sector construcción y en la educación superior; no obstante, aún existe limitada evidencia sobre su aplicación como estrategia didáctica para fortalecer competencias espaciales específicas en estudiantes de Arquitectura. Abrahamzon et al. (2024) evidenciaron que la incorporación de tecnologías digitales en la enseñanza arquitectónica contribuye al desarrollo de habilidades espaciales, pero señalan la necesidad de continuar generando estudios que evalúen su impacto en contextos educativos particulares. Por ello, resulta pertinente analizar el aporte de BIM como entorno didáctico para fortalecer las competencias espaciales en estudiantes de Arquitectura.

La presente investigación tuvo como objetivo analizar el aporte de la metodología Building Information Modeling (BIM) como entorno didáctico en el fortalecimiento de las competencias espaciales en estudiantes de Arquitectura durante el año 2025. Se planteó como hipótesis que la aplicación de BIM influye positivamente en el fortalecimiento de las competencias espaciales de los estudiantes de Arquitectura.

Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, tipo aplicado y diseño preexperimental de un solo grupo con mediciones de pretest y postest. Según Sánchez y Murillo (2021), este enfoque se caracteriza por la medición objetiva de fenómenos y la aplicación de procedimientos estadísticos para comprobar hipótesis; en la misma línea, Castro et al. (2023) señalan que la investigación aplicada busca utilizar conocimientos científicos para generar soluciones prácticas en contextos determinados, mientras que Ramos (2021) explica que los diseños preexperimentales permiten analizar variaciones en un grupo antes y después de una intervención.

Este tipo de diseño, si bien no incorpora un grupo de control ni aleatorización de los participantes, resulta pertinente en contextos educativos donde las restricciones institucionales y éticas dificultan la conformación de grupos control equivalentes, y permite obtener una primera aproximación empírica sobre el efecto de una intervención antes de escalar hacia diseños cuasiexperimentales o experimentales más robustos. No obstante, esta configuración implica limitaciones respecto a la validez interna del estudio, en la medida en que no es posible descartar completamente la influencia de variables extrañas —como la maduración de los participantes, la familiarización con el instrumento de medición o la motivación asociada a la novedad tecnológica— sobre la mejora observada entre el pretest y el postest. Esta limitación se retoma en el apartado de conclusiones al discutir el alcance de los hallazgos.

La población estuvo conformada por 120 estudiantes del segundo ciclo de la carrera de Arquitectura, de los cuales se seleccionó una muestra de 30 estudiantes mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Se incluyó a estudiantes matriculados en el segundo ciclo con participación voluntaria, y se excluyó a quienes no completaron las evaluaciones. De los 30 estudiantes que participaron en el pretest, 3 no completaron el postest por motivos de inasistencia; en consecuencia, sus registros del pretest fueron excluidos del análisis inferencial, de modo que tanto la prueba de Wilcoxon como el análisis de regresión lineal se aplicaron sobre los 27 casos con mediciones completas en ambos momentos ($N = 27$ pares). Para la recolección de datos se utilizó un cuestionario estructurado de competencias espaciales,

aplicado en pretest y postest, que evaluó las dimensiones de orientación espacial, manipulación de objetos tridimensionales y razonamiento espacial.

Estas tres dimensiones se sustentan en la literatura especializada sobre habilidad espacial: la orientación espacial refiere a la capacidad de mantener la propia posición y establecer relaciones de referencia frente a objetos o escenarios en movimiento o cambio de perspectiva; la manipulación de objetos tridimensionales alude a la capacidad de rotar, trasladar y transformar mentalmente representaciones volumétricas; y el razonamiento espacial comprende los procesos de inferencia lógica aplicados a la comprensión de relaciones geométricas y constructivas complejas (Berkowitz et al., 2021; Porat y Ceobanu, 2024). Estas dimensiones no operan de manera aislada, sino que se articulan de forma interdependiente durante las tareas propias del diseño arquitectónico, lo que justifica su evaluación conjunta en el presente estudio.

El procedimiento se desarrolló en tres etapas. En la primera se aplicó el pretest para identificar el nivel inicial de las competencias espaciales. En la segunda, los estudiantes participaron en sesiones prácticas con herramientas BIM orientadas a la creación, visualización y análisis de modelos tridimensionales aplicados al diseño arquitectónico, tras lo cual se aplicó el postest. Las sesiones prácticas, con una duración total de 4 semanas (18 horas lectivas) y desarrolladas mediante el software Revit, se estructuraron de manera progresiva, iniciando con el reconocimiento de la interfaz y los comandos básicos del entorno BIM, para luego avanzar hacia la elaboración de modelos tridimensionales de mayor complejidad geométrica y espacial, favoreciendo así una familiarización gradual del estudiante con la representación digital del espacio arquitectónico. En la tercera etapa se procesó la información mediante SPSS versión 25: se aplicó estadística descriptiva y, para el contraste de hipótesis, la prueba no paramétrica de Wilcoxon ($\alpha = 0,05$) junto con un análisis de regresión lineal para determinar la capacidad explicativa de BIM sobre el fortalecimiento de las competencias espaciales. Durante el estudio se respetaron los principios éticos de confidencialidad, anonimato y participación voluntaria; asimismo, se informó a los estudiantes sobre los objetivos de la investigación y se garantizó que la participación no incidiera en su evaluación académica regular, resguardando así su bienestar y autonomía dentro del proceso formativo.

Resultados y discusión

Tabla 1. Estadísticas de las competencias espaciales en estudiantes de Arquitectura según pretest y postest.

Estadística	Pretest	Posttest
Válido	30	27
Media	37.13	47.89
Mediana	41.00	49.00
Desviación estándar	7.69	5.37
Coeficiente de variación	21%	11%
Mínimo	25.00	40.00
Máximo	46.00	55.00

Fuente: elaboración propia a partir del procesamiento de datos en SPSS versión 25.

Las estadísticas descriptivas evidencian una mejora en las competencias espaciales de los estudiantes después de la incorporación de entornos BIM: la media pasó de 37,13 a 47,89 puntos, la mediana de 41,00 a 49,00 y la moda de 41,00 a 53,00. Por dimensión, la orientación espacial aumentó de 18,27 a 27,00 puntos, la manipulación de objetos tridimensionales de 19,10 a 20,22 puntos, y el razonamiento espacial —la dimensión con el mayor incremento— de 8,70 a 20,89 puntos. Asimismo, la

disminución de la desviación estándar (de 7,69 a 5,37) y del coeficiente de variación (de 21 % a 11 %) evidencia una mayor homogeneidad en los resultados tras la intervención, aunque en la dimensión manipulación de objetos tridimensionales se observó un incremento del coeficiente de variación (63 % a 77 %), lo que indica mayor dispersión en esta dimensión particular.

Tabla 2. *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon de las competencias espaciales, global y por dimensiones.*

Prueba de Wilcoxon (Posttest–Pretest)	Z	Sig. asintótica (bilateral)
Competencias espaciales (global)	-4.547	0.000
Orientación espacial	-3.478	0.001
Manipulación de objetos tridimensionales	-0.195	0.845
Razonamiento espacial	-2.834	0.005

Fuente: elaboración propia a partir del procesamiento de datos en SPSS versión 25.

La prueba no paramétrica de Wilcoxon evidenció diferencias estadísticamente significativas entre pretest y posttest en el puntaje global de competencias espaciales ($Z = -4,547$; $p = 0,000$), lo que permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna: la aplicación de BIM generó mejoras significativas en las competencias espaciales de los estudiantes de Arquitectura. Por dimensión, se hallaron diferencias significativas en orientación espacial ($Z = -3,478$; $p = 0,001$) y en razonamiento espacial ($Z = -2,834$; $p = 0,005$); en cambio, la manipulación de objetos tridimensionales no presentó diferencias significativas ($Z = -0,195$; $p = 0,845$), lo que indica que el aporte de BIM no es homogéneo entre todas las dimensiones de las competencias espaciales.

Tabla 3. *Coeficiente de determinación del modelo de regresión de las competencias espaciales.*

Modelo	R	R ²	R ² ajustado	Sig.
Pretest → Posttest	.899	0.808	0.800	0.000

Fuente: elaboración propia a partir del procesamiento de datos en SPSS versión 25.

El análisis de regresión lineal mostró que el pretest predice significativamente el posttest ($B = 0,648$; $\beta = 0,899$; $t = 10,243$; $p = 0,000$), con un coeficiente de correlación $R = 0,899$ y un coeficiente de determinación $R^2 = 0,808$, lo que indica que el modelo explica el 80,8 % de la variabilidad observada en las competencias espaciales de los estudiantes de Arquitectura, con un cambio en F estadísticamente significativo ($p = 0,000$).

Los hallazgos permiten sostener que la aplicación de BIM favoreció el fortalecimiento de las competencias espaciales de los estudiantes, respondiendo al objetivo planteado. En concordancia, Ashour et al. (2022) evidenciaron mejoras en las habilidades espaciales mediante entornos digitales vinculados con BIM, lo que respalda que la interacción con modelos tridimensionales constituye un recurso pertinente para fortalecer la comprensión espacial durante la formación arquitectónica.

Estos resultados son coherentes con la evidencia reportada por Porat y Ceobanu (2024), quienes hallaron que los componentes tecnológicos basados en la manipulación de modelos tridimensionales —ya sea mediante software de modelado o realidad aumentada— fueron valorados por los propios estudiantes como los recursos más efectivos para el desarrollo de su habilidad espacial, por encima de los métodos de enseñanza tradicionales. Este patrón sugiere que la interacción activa con representaciones digitales tridimensionales, como la que ofrecen los entornos BIM, favorece procesos de aprendizaje experiencial que trascienden la mera exposición conceptual a los contenidos.

La mejora significativa en orientación espacial puede explicarse por las posibilidades de visualización y exploración tridimensional que ofrecen los entornos digitales, que permiten al estudiante

interpretar diferentes posiciones y relaciones dentro del espacio arquitectónico. Este resultado guarda relación con Medina (2020), quien identificó dificultades en la percepción espacial y la representación gráfica, resaltando la necesidad de estrategias formativas que favorezcan una comprensión más dinámica del espacio.

En cambio, la ausencia de significancia estadística en la manipulación de objetos tridimensionales evidencia que la incorporación de BIM no genera mejoras homogéneas en todas las dimensiones de las competencias espaciales. Una posible explicación se relaciona con las condiciones de implementación de la metodología: Böes et al. (2021) identificaron que la limitada capacitación docente y la resistencia al cambio metodológico constituyen barreras para la incorporación de BIM en la educación superior, por lo que el desarrollo de esta competencia podría requerir actividades prácticas más específicas y mayor continuidad en el uso de herramientas tridimensionales.

Esta situación resulta consistente con lo señalado por Darwish et al. (2023), quienes al evaluar el efecto de tecnologías de realidad extendida sobre la habilidad espacial general de estudiantes de Arquitectura advirtieron que la efectividad de las herramientas digitales puede verse limitada en quienes atraviesan una curva de adaptación tecnológica, especialmente en tareas que exigen manipulación fina y sostenida de objetos virtuales. En el caso de la presente investigación, es posible que el tiempo de exposición a las herramientas BIM no haya sido suficiente para consolidar cambios significativos en esta dimensión particular, lo que subraya la necesidad de complementar la metodología con actividades prácticas específicas y de mayor duración orientadas a la manipulación tridimensional.

Desde una perspectiva más amplia, la manipulación de objetos tridimensionales exige un tipo de coordinación sensoriomotriz distinto al que demandan la orientación y el razonamiento espacial, ya que implica traducir de manera simultánea los movimientos ejecutados mediante mouse y teclado en transformaciones mentales del objeto representado (Porat y Ceobanu, 2024). En los entornos BIM de uso convencional, esta mediación instrumental limita la retroalimentación sensorial directa que sí ofrecen tecnologías de realidad aumentada o extendida, las cuales, según Darwish et al. (2023), favorecen más claramente el desarrollo de este tipo de habilidad. Esta diferencia en la modalidad de interacción podría explicar por qué, a pesar de las mejoras significativas observadas en las otras dos dimensiones, la manipulación tridimensional no alcanzó cambios estadísticamente significativos durante el tiempo relativamente breve de la intervención didáctica.

El mayor incremento descriptivo se observó en el razonamiento espacial, hallazgo que coincide con Guzmán et al. (2020), quienes señalaron dificultades en la comprensión tridimensional de los estudiantes. Ello sugiere que los modelos BIM proporcionan escenarios que permiten explorar relaciones espaciales y desarrollar procesos de razonamiento vinculados con la representación arquitectónica.

La elevada capacidad explicativa del modelo de regresión ($R^2 = 0,808$) confirma la relevancia de incorporar herramientas digitales en la formación arquitectónica, en un contexto caracterizado por una creciente digitalización de la enseñanza. En esta línea, Abrahamzon et al. (2024) evidenciaron que el uso de tecnologías digitales en la enseñanza de la Arquitectura contribuye al desarrollo de habilidades espaciales, respaldando la pertinencia de incorporar recursos tecnológicos dentro de las estrategias formativas.

Los resultados obtenidos sugieren implicaciones concretas para el diseño curricular de los programas de Arquitectura. En primer lugar, siguiendo la evidencia de Berkowitz et al. (2021) sobre el desarrollo progresivo y dominio-específico de la habilidad espacial, resulta recomendable integrar entornos BIM de manera escalonada a lo largo de los distintos ciclos formativos, en lugar de concentrar su uso en cursos aislados, de modo que los estudiantes consoliden progresivamente cada una de las dimensiones evaluadas. En segundo lugar, dado que la dimensión de manipulación de objetos tridimensionales no mostró cambios estadísticamente significativos, los programas académicos podrían complementar el uso de BIM con tecnologías de realidad aumentada o extendida —en línea con lo propuesto por Darwish et al.

(2023) y Porat y Ceobanu (2024)— que ofrecen una interacción más directa y manipulativa con los modelos tridimensionales. En tercer lugar, la superación de barreras identificadas por Böes et al. (2021), como la limitada capacitación docente y la resistencia al cambio metodológico, requiere de programas institucionales de formación continua del profesorado en el manejo pedagógico —y no solo técnico— de las herramientas BIM, de modo que su incorporación en el aula responda a un diseño instruccional deliberado y no a la sola disponibilidad del software.

Conclusiones

En función del objetivo planteado, se concluye que la incorporación de la metodología Building Information Modeling (BIM) como estrategia didáctica favoreció el fortalecimiento de las competencias espaciales en estudiantes de Arquitectura. La aplicación de entornos digitales tridimensionales permitió generar condiciones de aprendizaje orientadas a la comprensión y representación del espacio arquitectónico.

Respecto a las dimensiones evaluadas, la aplicación de BIM favoreció principalmente el desarrollo de la orientación espacial y el razonamiento espacial, mientras que la manipulación de objetos tridimensionales no evidenció un cambio estadísticamente significativo. Esto muestra que el aporte de la metodología puede variar según la competencia espacial que se pretenda desarrollar y las características de las actividades formativas implementadas.

En consecuencia, la incorporación de BIM en la formación universitaria de Arquitectura constituye una alternativa pertinente para complementar las estrategias tradicionales de enseñanza y fortalecer competencias vinculadas con la comprensión espacial y la representación tridimensional; su implementación requiere, sin embargo, una planificación pedagógica que articule las herramientas digitales con actividades específicas orientadas al desarrollo de cada competencia.

El estudio presenta limitaciones que deben considerarse al interpretar los hallazgos: se empleó un diseño preexperimental de un solo grupo, sin comparación con un grupo control; la muestra estuvo conformada por 30 estudiantes seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, lo que limita la generalización de los resultados; y se registraron tres datos perdidos en el postest. A partir de estas limitaciones, futuras investigaciones podrían considerar muestras más amplias y diseños cuasiexperimentales o experimentales con grupos de comparación, ampliar el tiempo de aplicación de BIM, desarrollar intervenciones específicas para la manipulación de objetos tridimensionales, y comparar distintas herramientas y estrategias didácticas basadas en BIM para determinar cuáles generan mejores resultados en cada dimensión de las competencias espaciales.

En esa línea, la evidencia internacional revisada (Berkowitz et al., 2021; Darwish et al., 2023; Porat y Ceobanu, 2024) sugiere que los diseños multimodales, que combinan BIM con recursos de realidad aumentada o extendida y con actividades de construcción de modelos físicos, podrían ofrecer un abordaje más integral para el desarrollo equilibrado de las distintas dimensiones de la competencia espacial. Explorar dicha combinación en el contexto de la formación arquitectónica peruana constituye una línea de investigación prometedora, que permitiría contrastar la presente evidencia con escenarios pedagógicos de mayor complejidad tecnológica.

Referencias

- Abrahamzon, L., Galantini, K. & Luna, A. (2024). Augmented Reality for the Development and Reinforcement of Spatial Skills: A Case Applied to Civil Engineering Students. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 14(5), 88-108. <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i5.47473>
- Apaza, R. & Anahua, R. (2021). Building Information Modeling (BIM) en proyectos de infraestructura civil. *ScienceOpen*, 12–24. <https://doi.org/10.14293/S2199-1006.1.SOR-PPATOPR.v1>
- Ashour, Z., Shaghaghian, Z. & Yan, W. (2022). BIMxAR: BIM-empowered augmented reality for learning architectural representations. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.03207>

- Berkowitz, M., Gerber, A., Thurn, C. M., Emo, B., Hoelscher, C. & Stern, E. (2021). Spatial abilities for architecture: Cross sectional and longitudinal assessment with novel and existing spatial ability tests. *Frontiers in Psychology*, 11, 609363. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.609363>
- Böes, J. S., Barros, J. D., & Lima, M. M. (2021). BIM maturity model for higher education institutions. *Ambiente Construído*, 21(2), 131-150. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000200518>
- Cabrera, E. & Peñafiel, V. (2025). "Voces del miedo": Podcasts de terror latinoamericano para el desarrollo de la expresión oral de estudiantes de educación básica superior. *Cátedra*, 8(1), 60-76. <https://doi.org/10.29166/catedra.v8i1.7046>
- Castro, J. J., Gómez, L. K. & Camargo, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174. <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Darwish, M., Kamel, S. & Assem, A. (2023). Extended reality for enhancing spatial ability in architecture design education. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(6), 102104. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.102104>
- Guzmán, Á., Revelo, N., Mejía, G. & Velásquez, V. (2020). Enseñanza del diseño de conexiones estructurales paramétricas aplicando la metodología "design thinking". *Advances in Building Education*, 4(1), 25. <https://doi.org/10.20868/abe.2020.1.4414>
- Hernández, P. M., Henríquez, C. H., Chamorro, M. H., Lázaro, L. M., Vergara, Y. P. & Rivera, M. V. (2024). Niveles de desarrollo humano en estudiantes de una institución de educación superior en Colombia: caso Corporación Universitaria del Caribe (CECAR). *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(6), e07917. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n6-166>
- Khudhair, A., Li, H., Ren, G. & Liu, S. (2021). Towards future BIM technology innovations: A bibliometric analysis of the literature. *Applied Sciences*, 11(3), 1232. <https://doi.org/10.3390/app11031232>
- Medina, S. (2020). Secuencias didácticas en la dimensión del espacio: prototipando mapas gráficos-espaciales. *Cuaderno*, 109, 85-104. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7471332>
- Porat, R. & Ceobanu, C. (2024). Enhancing spatial ability: A new integrated hybrid training approach for engineering and architecture students. *Education Sciences*, 14(6), 563. <https://doi.org/10.3390/educsci14060563>
- Ramos, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1-7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Ruschel, R. C. & Kehl, C. (2024). Curricular BIM implementation plan: Protocol proposal and pilot application in Brazil. *Ambiente Construído*, 24, e131385. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212024000100717>
- Sánchez, A. A. & Murillo, A. (2021). Enfoques metodológicos en la investigación histórica: Cuantitativa, cualitativa y comparativa. *Debates por la Historia*, 9(2), 147-181. <https://doi.org/10.54167/debates-por-la-historia.v9i2.792>
- Waqar, A., Othman, I., Hayat, S., Radu, D., Khan, M., Galatanu, T., Almujiab, H., Hadzima-Nyarko, M., & Benjeddou, O. (2023). Building Information Modeling—Empowering Construction Projects with End-to-End Life Cycle Management. *Buildings*, 13(8), 2041. <https://doi.org/10.3390/buildings13082041>

Declaración de ética, transparencia y uso de inteligencia artificial (IA)

El estudio se desarrolló respetando los principios éticos de participación voluntaria, confidencialidad y anonimato de los estudiantes participantes. La información recopilada fue utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación, y los resultados fueron procesados de forma agregada, sin identificar individualmente a los estudiantes. La autora declara no presentar conflictos de interés relacionados con el desarrollo de la investigación. El estudio no contó con financiamiento externo.

Contribuciones de autoría

Sindhy Nayeri Cedillo Lozada: conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, supervisión, validación, visualización, redacción del borrador original y redacción — revisión y edición.