

# REVISIÓN SISTEMÁTICA DE ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE BIM EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: EVALUACIÓN DE METODOLOGÍAS Y TENDENCIAS GLOBALES

Paolo Macaya-Vitali, Departamento de Ingeniería de Obras Civiles, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad de La Frontera. Correo: [paolo.macaya@ufrontera.cl](mailto:paolo.macaya@ufrontera.cl)

Leonardo Sierra-Varela, Departamento de Ingeniería de Obras Civiles, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad de La Frontera. Correo: [leonardo.sierra@ufrontera.cl](mailto:leonardo.sierra@ufrontera.cl)

Pablo Fuentes-González, Departamento de Ingeniería de Obras Civiles, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad de La Frontera. Correo: [p.fuentes15@ufromail.cl](mailto:p.fuentes15@ufromail.cl)

Ignacio Soriano-Reyes, Departamento de Ingeniería de Obras Civiles, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad de La Frontera. Correo: [i.soriano01@ufromail.cl](mailto:i.soriano01@ufromail.cl)

Catalina Neira-González, Departamento de Ingeniería de Obras Civiles, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad de La Frontera. Correo: [c.neira11@ufromail.cl](mailto:c.neira11@ufromail.cl)

## RESUMEN

La adopción del BIM en la industria AEC (arquitectura, ingeniería y construcción) enfrenta desafíos significativos debido a la escasez de profesionales capacitados y la lenta actualización de los planes de estudio en educación superior, lo que limita la formación integral de los estudiantes. A pesar de que BIM posee un notable potencial pedagógico, no existe un modelo establecido para su enseñanza-aprendizaje. Diversas estrategias pedagógicas se han propuesto, pero la falta de un enfoque unificado dificulta su integración. Esta investigación explora y analiza las estrategias de enseñanza-aprendizaje de BIM en las carreras AEC en la educación superior mediante una revisión sistemática de la literatura basada en PRISMA. Los resultados revelan una concentración de publicaciones en España, Reino Unido, Estados Unidos y China, con un aumento de artículos desde 2018. La revisión cualitativa destaca que los estudios se enfocan en estrategias de enseñanza efectivas y en la asimilación de BIM por parte de los estudiantes, mientras que la colaboración academia-industria y el uso de herramientas tecnológicas emergen como áreas importantes. Las conclusiones indican que, a pesar del crecimiento en la adopción de BIM, la enseñanza sigue siendo predominantemente teórica, y es necesario avanzar hacia metodologías más colaborativas y prácticas para una integración efectiva en el currículo académico.

**PALABRAS CLAVES:** BIM, educación superior, estrategias de enseñanza-aprendizaje, integración curricular, AEC, Construcción.

## INTRODUCCIÓN

La metodología BIM se percibe como un cambio de paradigma en la industria global de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) (Wu et al., 2019). Sin embargo, su adopción se ve obstaculizada por la escasez de profesionales, técnicos y educadores capacitados en BIM (Briones & Soto, 2017). Asimismo, la actualización de los planes de estudio en educación superior para incluir BIM ha sido lenta, con un enfoque limitado en el software 3D y una falta de profundización en los aspectos metodológicos esenciales (Loyola et al., 2021). Esta tardía adaptación no solo afecta la formación integral de los estudiantes, sino que también limita la capacidad de las instituciones para alinearse con las necesidades del mercado laboral, que exige

un conocimiento completo y actualizado de las metodologías BIM. Esta situación se agrava por los elevados costos asociados a la modificación de los planes de estudio, que en muchos casos requieren un aumento considerable del alumnado o apoyos financieros adicionales de fuentes públicas para poder ser implementados (Améstica-Rivas et al., 2017). Estos obstáculos financieros y administrativos suponen un desafío adicional para adaptarse a las demandas cambiantes del mercado laboral y para integrar efectivamente el BIM, en la educación superior.

La enseñanza tradicional no promueve el trabajo colaborativo y multidisciplinario necesario en la actualidad (Araya-Crisóstomo & Urrutia, 2022). En este contexto, BIM emerge como una herramienta con un potencial pedagógico excepcional, permitiendo un aprendizaje más integrado y alineado con las exigencias de la industria AEC (Meterelliyöz & Özener, 2022). Sin embargo, aún no se ha establecido un modelo enseñanza-aprendizaje del BIM que sea ampliamente aplicable en la educación superior. No obstante, en la literatura se han documentado diversas estrategias pedagógicas relacionadas con BIM, que intentan llenar este vacío y ofrecer un marco para su integración efectiva en los currículos universitarios (Casasayas et al., 2021). Por ejemplo, Adamu & Thorpe (2016), adoptaron un enfoque basado en la investigación y la planificación, lo que permitió una implementación de BIM que minimizara las perturbaciones en los programas académicos afectados y brindara al personal académico el tiempo necesario para preparar y mejorar las herramientas BIM requeridas (Adamu & Thorpe, 2016). Bañón et al. (2021), propusieron una implementación gradual de BIM, integrando asignaturas clave en los cursos académicos que desarrollan conceptos fundamentales junto con otras secundarias que abordan habilidades generales (Bañón et al., 2021).

En general, en la mayoría de los casos, la implementación de BIM comenzó con la iniciativa personal de algún docente con experiencia en la metodología, quien ofreció un curso electivo o introdujo herramientas BIM en sus clases (Loyola et al., 2021). Esto subraya la importancia de la iniciativa docente, dado que, a través de esfuerzos individuales o colaborativos, los profesores han procurado introducir el BIM a los estudiantes, adaptando los métodos tradicionales de enseñanza para integrar esta metodología innovadora (García et al., 2020). Además, según Herrera et al. (2023), las universidades con mayor desarrollo BIM son aquellas donde los estudiantes han manifestado un interés significativo en la implementación de la metodología (Herrera et al., 2023). Dado el origen diverso y particular de las iniciativas en la enseñanza del BIM, no existe hasta el momento un análisis integrado que permita identificar tendencias claras y ofrecer orientación efectiva a los profesores en el desarrollo de métodos innovadores para su enseñanza. En este sentido, el objetivo de la presente investigación es explorar y analizar las estrategias de enseñanza-aprendizaje relacionadas con el BIM en las carreras afines a la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) en la educación superior. Para ello, se presenta una revisión sistemática de las estrategias documentadas en la literatura, buscando identificar patrones emergentes, evaluar sus impactos y proponer recomendaciones que contribuyan al avance en la enseñanza del BIM. Esta revisión tiene como propósito último servir de guía para educadores e investigadores interesados en la implementación y mejora continua de la enseñanza del BIM, promoviendo una formación que esté alineada con las exigencias actuales y futuras de la industria AEC.

## **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

La búsqueda sistemática realizada en este proyecto de investigación se basa en la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page et al., 2021), un enfoque ampliamente reconocido que garantiza la rigurosidad y transparencia en revisiones sistemáticas. El proceso exploratorio inicial se basó en el estudio previo de la literatura y la experiencia del equipo de investigación. La estrategia de búsqueda consideró una

combinación de términos booleanos clasificados en tres Áreas Temáticas (AT). La primera AT aborda términos asociados a “BIM” (Building Information Modeling). La segunda AT se enfoca en “Educación”. La tercera AT considera conceptos asociados a “Industria de la construcción”. Para refinar el proceso de búsqueda, se utilizaron los operadores booleanos "AND" entre las AT y "OR" entre los conceptos incluidos en la misma AT de búsqueda. La cadena de búsqueda utilizada fue la siguiente: (1) “Methodology” OR “Design” OR “Management” OR “Building Information Modeling” OR “BIM” AND (2) “Student” OR “Education” OR “University” OR “School” OR “Learning” OR “Higher Education” AND (3) “Architecture” OR “AEC” OR “Civil Engineering” OR “Construction Industry” OR “Infrastructure” OR “Construction Management”. En la Fig. 1, se logra visualizar el proceso, proporcionando una visión clara y concisa de las etapas seguidas en la revisión sistemática.

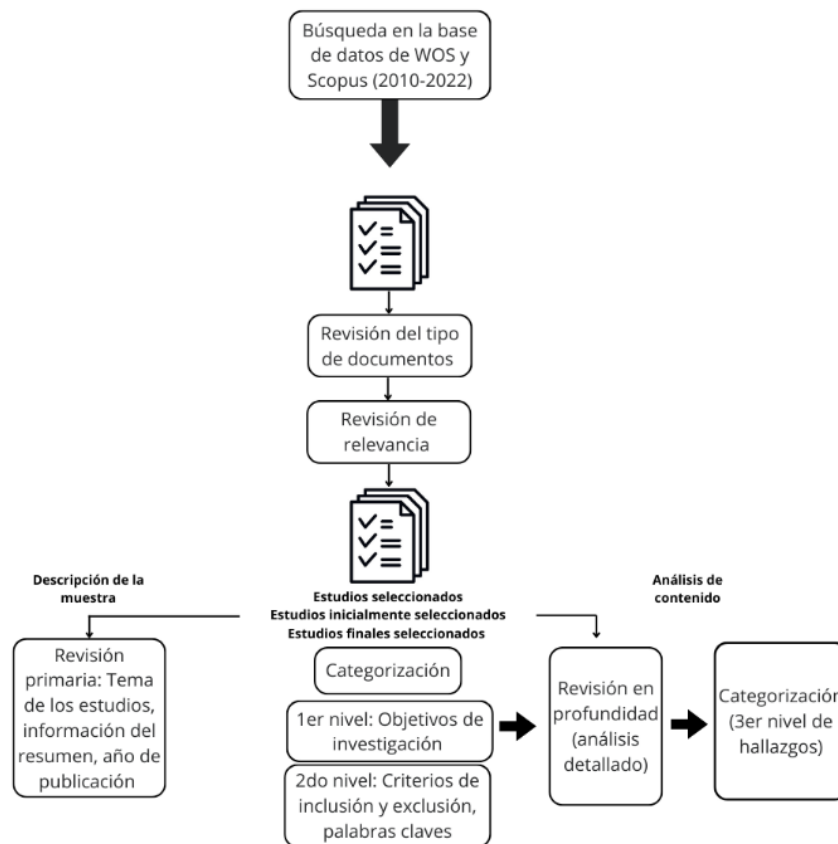


Figura N° 1. Esquema del proceso global de la búsqueda sistemática. Fuente: Basado en PRISMA 2020, traducido al español.

Los artículos seleccionados provienen de revistas científicas (exclusivamente artículos) de las bases de datos Web of Science (WoS) y Scopus, abarcando documentos publicados entre 2010 y 2022 en todos los idiomas. Estos artículos deben estar relacionados con investigaciones sobre estrategias de enseñanza-aprendizaje en la educación superior en el contexto de BIM. Se aceptan estudios de cualquier país, siempre que proporcionen casos de estudio, resultados empíricos o información relevante sobre metodologías pedagógicas en este ámbito. Se excluyen los artículos publicados fuera del período comprendido antes señalado, y los que no estén disponibles en texto completo, aquellos que requieren compra o que no fueron recibidos a tiempo

tras ser solicitados a los autores. Además, se eliminan los artículos duplicados entre las bases de datos consideradas.

La muestra inicial seleccionada de artículos científicos tanto de WoS y Scopus, fueron importados en la aplicación web y móvil gratuita “Rayyan” (Ouzzani et al., 2016), con el objetivo de eliminar los artículos duplicados, esto se realizó de manera manual y verificando el porcentaje de duplicación entre ambas bases, eliminando los duplicados de Scopus. A los artículos resultantes, se les aplicó el primer filtro de búsqueda, el cual consideró evaluar la pertinencia de los estudios seleccionados en función del título y resumen del artículo, buscando asegurar si cada uno cumplía con los criterios de elegibilidad. Finalmente, los artículos seleccionados se revisaron y leyeron por completo en una lectura en profundidad, la cual se asignó en partes iguales entre los autores de la investigación los artículos seleccionados, trabajando el análisis de manera independiente. En aquellos casos en que existieron dudas respecto a la inclusión de algún artículo por parte de los autores, se tomó la decisión final de forma conjunta.

Todos los artículos seleccionados han sido rigurosamente leídos y analizados por cada autor, utilizando tanto enfoques cuantitativos como cualitativos. En esta etapa, se excluyeron del análisis final aquellos artículos que no proporcionaron datos específicos relevantes, debido a que no contribuyeron de manera significativa al proceso.

Para el análisis cuantitativo, se lleva a cabo una lectura exhaustiva y detallada del contenido de los artículos científicos para clasificarlos y evaluar su calidad. Posteriormente, se realiza un análisis bibliométrico que destaca la relevancia, impacto e influencia cuantitativa de los artículos seleccionados, con especial atención a las revistas más citadas y prestigiosas. Además, se examinan los países de origen y los años de publicación de estos artículos. Esta información es esencial para valorar la importancia de un artículo dentro de la comunidad científica y puede ser útil en la toma de decisiones relacionadas con el financiamiento o la promoción de investigaciones futuras.

Para el análisis cualitativo de la información, se adopta un enfoque sistemático que se centra en la identificación de patrones y tendencias clave emergentes de los datos recopilados, específicamente en relación con los impactos de las estrategias de enseñanza-aprendizaje identificadas en los artículos seleccionados. Además, se realiza un análisis detallado de la transdisciplinariedad y el nivel educacional involucrado en los estudios, lo que permite una comprensión más profunda de cómo se integran y aplican las metodologías BIM en diversos contextos educativos. Finalmente, se elabora una interpretación exhaustiva de los hallazgos, destacando las implicaciones prácticas para el campo de estudio y proponiendo recomendaciones para la toma de decisiones en futuras investigaciones y aplicaciones.

## RESULTADOS OBTENIDOS

Al analizar los 29 artículos seleccionados, se aprecia que las revistas con más publicaciones son: “*Buildings*” con el 17% de las publicaciones, le siguen “*Journal of Civil Engineering Education*”, “*Journal of Engineering, Design and Technology*” y “*Engineering, Construction and Architectural Management*” con el 10 % de las publicaciones cada una, luego están “*Applied Sciences*”, “*Automation in Construction*”, “*International Journal of Engineering Education*” y “*Sustainability*” con el 7 % de las publicaciones cada una. Luego, están “*Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*”, “*Journal of Architectural Engineering*”, “*Frontiers of Architectural Research*”, “*Industry and Higher Education*”, “*International Journal of Building*

*Pathology and Adaptation*”, *International Journal of Emerging Technologies in Learning*”, *Journal of Information Technology in Construction*” con el 3% de las publicaciones.

Por otro lado, se confecciona una cartografía cuantitativa de artículos científicos publicados por país, de los que fueron útiles para la investigación, destacando España y Reino Unido con 4 artículos, seguido de Estados Unidos y China con 3 artículos cada uno, luego se encuentran Australia, Canadá y Turquía con 2 artículos cada uno, seguidos de Corea, Nigeria, Nueva Zelanda, Austria, Suecia, Estonia, Brasil, Chile y Perú con 1 artículo cada uno.

La Fig. 2, muestra la cantidad de artículos producidos anualmente, permitiendo una comparación clara del crecimiento o la disminución en la producción de publicaciones a lo largo del tiempo. El gráfico indica una intermitencia en las publicaciones de artículos entre el año 2010 y 2017, no obstante, se aprecia un aumento en la constancia y en la producción de artículos entre 2018 y 2021, lo cual sugiere un mayor interés de los investigadores respecto a la implementación de BIM en la educación superior. Esto se encuentra seguido de una ligera disminución en 2022. Sin embargo, esta disminución puede deberse a las dificultades para desarrollar estudios que contemplen trabajo intra-aula debido al contexto de la pandemia del COVID-19.

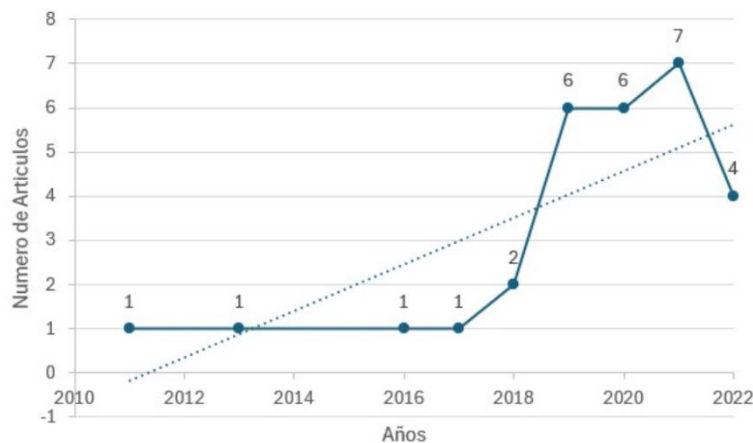


Figura Nº 2. Gráfico relacionado a la producción científica anual del período de la revisión sistemática.

En el análisis cualitativo de la información, los artículos se agruparon según el tipo de impacto de la enseñanza y aprendizaje de BIM en la educación superior, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla Nº1. Clasificación de referencias según impacto.

Nº	Impacto	Referencia
1	Aumento del trabajo colaborativo	(J. Jin et al., 2020) (R. F. Herrera et al., 2021)(Mathews, 2013)(Casasayas et al., 2021)(Agirbas, 2020)(Agirbas, 2020)(Chen et al., 2020)(Nikolic D. et al., 2021)(Olatunji, 2019) (Meterelliyöz & Özener, 2022)(Benner & McArthur, 2019)
2	Asimilación de BIM	(Elisa et al., 2020)(Zhang et al., 2018)(Boton, 2020)(Agirbas, 2020)(Chen et al., 2020)(Iñigo et al., 2021)(Swallow & Zulu, 2020)(Nikolic D. et al., 2021)(Olatunji, 2019)(Urban et al., 2022)(Meterelliyöz & Özener, 2022)(Zamora-Polo et al., 2017)(Benner & McArthur, 2019)
3	Rendimiento teórico - practico	(Elisa et al., 2020) (Hu, 2019) (Zhao, 2021)(Casasayas et al., 2021)(Casasayas et al., 2021)(Zhang et al., 2018)(Boton, 2020)(Agirbas,

		2020)(Chen et al., 2020)(Iñigo et al., 2021)(Swallow & Zulu, 2020)(Meterelliyöz & Özener, 2022)(Benner & McArthur, 2019)
4	Enseñanza BIM mediante herramientas tecnológicas complementarias	(Chen et al., 2020)(Iñigo et al., 2021)(Olowa et al., 2022)(Espinoza et al., 2021)(Espinoza et al., 2021)(Urban et al., 2022)
5	Fomenta la colaboración entre la academia y la industria	(Bosch-Sijtsema et al., 2019)(Casasayas et al., 2021)(Chen et al., 2020)(R. Jin et al., 2019)(Puolitaival & Forsythe, 2016)(Sanchez-Lite et al., 2022)
6	Se enfoca en identificar los problemas actuales para la implementación	(Bosch-Sijtsema et al., 2019)(R. Jin et al., 2019)(Babatunde et al., 2018)(Puolitaival & Forsythe, 2016)(Nikolic D. et al., 2021)(Sánchez et al., 2019)(Sanchez-Lite et al., 2022)(Zamora-Polo et al., 2017)
7	Comprender la percepción de los estudiantes sobre BIM	(Boton, 2020)(Agirbas, 2020)(Chen et al., 2020)(R. Jin et al., 2019)(Babatunde et al., 2018)(Puolitaival & Forsythe, 2016)(Swallow & Zulu, 2020)(Nikolic D. et al., 2021)(Olowa et al., 2022)(Sánchez et al., 2019)(Olatunji, 2019)(Sanchez-Lite et al., 2022)
8	Estrategias de enseñanza efectiva	(Peterson et al., 2011)(Mathews, 2013)(Ao et al., 2021)(Casasayas et al., 2021)(Agirbas, 2020)(Chen et al., 2020)(Iñigo et al., 2021)(Swallow & Zulu, 2020)(Sánchez et al., 2019)(Espinoza et al., 2021)(Meterelliyöz & Özener, 2022)(Benner & McArthur, 2019)

Los resultados obtenidos permiten identificar claramente las principales áreas en las que se ha contribuido a la enseñanza de BIM en la educación superior. La mayoría de las investigaciones que evaluaron la implementación de BIM a lo largo del tiempo se centraron en presentar estrategias de enseñanza efectivas, asegurando que los alumnos asimilen adecuadamente la metodología, respaldadas por rendimientos teóricos y prácticos. Estos enfoques han demostrado ser cruciales para el éxito del aprendizaje de BIM, destacando la importancia de un equilibrio entre la teoría y la práctica.

Además, los artículos que se enfocaron en la asimilación de BIM han sido fundamentales para comprender cómo los estudiantes internalizan y aplican los conceptos aprendidos, mientras que aquellos que utilizaron encuestas o recopilaron información se concentraron en comprender la percepción de los estudiantes e identificar los obstáculos y problemas actuales para la implementación de BIM. En particular, se observa que el aumento del trabajo colaborativo, fomentado por BIM, es uno de los impactos más destacados, lo que subraya la importancia de integrar la colaboración en la formación de los estudiantes para alinearse con las necesidades de la industria.

Por otro lado, el análisis también muestra que la enseñanza de BIM mediante herramientas tecnológicas complementarias y la colaboración entre academia e industria son áreas emergentes que han generado un impacto considerable en la preparación de los estudiantes para el entorno profesional. Estas áreas, aunque menos exploradas que otras, presentan un gran potencial para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo de la educación superior.

El análisis de la transdisciplinariedad en la implementación de BIM en la educación superior revela una tendencia hacia enfoques interdisciplinarios, que constituyen el 41% de los estudios. Este hallazgo subraya la importancia de integrar diversas disciplinas para abordar la complejidad inherente a la metodología BIM, lo que permite una formación más holística y alineada con las demandas del sector AEC. Por otro lado, el 34% de los estudios fueron clasificados como

multidisciplinarios, lo que indica un enfoque más limitado en la colaboración entre disciplinas, y un 25% de los estudios no especificaron claramente su enfoque, lo que sugiere una falta de precisión en la caracterización de los marcos académicos utilizados.

En cuanto al nivel educacional, los resultados muestran una clara predominancia de la implementación de BIM en programas de pregrado, con un 69% de los estudios enfocados en esta etapa educativa. Esto sugiere que la incorporación de BIM se está realizando principalmente en las fases iniciales de la formación profesional, lo que podría influir en la preparación temprana de los estudiantes para enfrentar los desafíos del mercado laboral. Sin embargo, la implementación en postgrado es significativamente menor, con solo un 14% de los estudios enfocados en este nivel, lo que podría indicar una oportunidad para expandir la enseñanza de BIM en programas avanzados, donde se podría explorar con mayor profundidad la aplicación de metodologías innovadoras y la integración de la investigación en la práctica profesional.

Respecto a las áreas de aplicación, se observa que la arquitectura es la disciplina más abordada, representando el 39% de los casos, seguida por la ingeniería civil con un 25% y la construcción con un 20%. Esto refleja la fuerte asociación de BIM con estas áreas del conocimiento, aunque también resalta la necesidad de expandir su aplicación a otras disciplinas relacionadas.

Finalmente, en términos de los recursos utilizados para la implementación de BIM, el 69% de los estudios se centró en el uso de software de modelación, lo que destaca la dependencia de las herramientas digitales en la enseñanza de BIM. Sin embargo, un 31% de los estudios incluyó otros recursos, lo que sugiere que existe un esfuerzo por diversificar las herramientas educativas y por explorar nuevas formas de integrar la metodología BIM en el currículo, más allá del uso exclusivo del software, fomentando una comprensión más amplia y aplicada de la metodología.

## CONCLUSIONES

El análisis realizado sobre las estrategias de enseñanza-aprendizaje del Building Information Modeling (BIM) en la educación superior revela una tendencia global hacia la percepción del BIM más como un software de modelado en 3D que como un método de colaboración integral entre los diferentes agentes de la construcción. Este enfoque limitado se debe en gran parte al desconocimiento generalizado de la metodología BIM en la industria, lo cual ha ralentizado su correcta aplicación en proyectos constructivos. El estudio de los artículos científicos muestra que la mayoría de las instituciones educativas han centrado su enseñanza en el uso de software BIM, dejando en un segundo plano las estrategias colaborativas que son fundamentales para una adopción completa del BIM. Las metodologías como el aula invertida, la aplicación de casos reales y el uso de modelos tridimensionales con realidad aumentada han sido menos utilizadas debido a su carácter innovador y a la limitación de recursos disponibles en muchas universidades. Los países con un mayor número de publicaciones relacionadas a BIM, como Reino Unido, España, Estados Unidos y China, coinciden con aquellos que tienen economías más sólidas, lo que sugiere una correlación entre el desarrollo económico y la adopción de BIM en la educación superior para su posterior aplicación en la industria. Además, se ha observado un auge en las publicaciones sobre este tema a partir de 2018, coincidiendo con un incremento en el uso de tecnología en la industria de la construcción para mejorar la productividad y sostenibilidad. En cuanto a la medición de los logros en la enseñanza-aprendizaje del BIM, las encuestas han sido el método más utilizado por los autores para evaluar el impacto de las metodologías empleadas, enfocándose principalmente en la percepción que tienen los estudiantes sobre BIM. Respecto a la medición de logros de enseñanza-aprendizaje se han utilizado en su mayoría pruebas o evaluaciones tradicionales. Es fundamental identificar la percepción y el progreso de los

estudiantes para ajustar las estrategias educativas de manera más efectiva y alineada con sus necesidades. A pesar de la implementación de diversos modelos educativos para la enseñanza de BIM, no se ha logrado establecer un modelo universal y eficaz que sea aplicable en todas las instituciones. La efectividad en la enseñanza de BIM depende de factores como los recursos disponibles, la tecnología, el tiempo asignado y la cantidad de estudiantes involucrados. Por lo tanto, es imperativo avanzar hacia metodologías más colaborativas y prácticas, respaldadas por un marco institucional robusto que facilite la adopción integral de BIM en la educación superior, garantizando así su adecuada integración en el currículo académico.

## REFERENCIAS

- Adamu, Z., & Thorpe, A. (2016). How universities are teaching bim: A review and case study from the UK. [www.itcon.org](http://www.itcon.org)
- Agirbas, A. (2020). Teaching construction sciences with the integration of BIM to undergraduate architecture students. *Frontiers of Architectural Research*, 9(4), 940–950. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.03.007>
- Améstica-Rivas, L., Llinas-Audet, X., & Escardíbul, J. O. (2017). Costos de la renovación curricular. Una propuesta metodológica para la valorización económica de carreras universitarias. *Formacion Universitaria*, 10(1), 89–100. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000100010>
- Ao, Y., Liu, Y., Tan, L., Tan, L., Zhang, M., Feng, Q., Zhong, J., Wang, Y., Zhao, L., & Martek, I. (2021). Factors driving BIM learning performance: research on china's sixth national BIM graduation design innovation competition of colleges and universities. *Buildings*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/buildings11120616>
- Araya-Crisóstomo, S., & Urrutia, M. (2022). Use of Participatory Methodologies in Pedagogical Practices of School System. *Pensamiento Educativo*, 59(2). <https://doi.org/10.7764/PEL.59.2.2022.9>
- Babatunde, S. O., Ekundayo, D., Babalola, O., & Jimoh, J. A. (2018). Analysis of the drivers and benefits of BIM incorporation into quantity surveying profession: Academia and students' perspectives. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(5), 750–766. <https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2018-0058>
- Bañon, L., Galao, O., Antonio, M., Bañon, C., Francisco, V., Ortuño, A., Esteve, S., Sanchez, J., Ubeda, M., & Jose, R. (2021). Estrategia de implementación eficaz de la metodología BIM en los estudios de ingeniería civil. Universidad de Alicante. Departamento de Ingeniería Civil, 454–464.
- Benner, J., & McArthur, J. J. (2019). Data-driven design as a vehicle for BIM and sustainability education. *Buildings*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/buildings9050103>
- Bosch-Sijtsema, P. M., Gluch, P., & Sezer, A. A. (2019). Professional development of the BIM actor role. *Automation in Construction*, 97, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.024>
- Boton, C. (2020). Remote teaching of building information modeling during the COVID-19 pandemic: A case study. *Sustainability (Switzerland)*, 12(20), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su12208665>
- Briones, C., & Soto, C. (2017). La enseñanza de BIM en Chile, el desafío de un cambio de enfoque centrado en la metodología por sobre la tecnología.



- Casasayas, O., Hosseini, M. R., Edwards, D. J., Shuchi, S., & Chowdhury, M. (2021). Integrating BIM in Higher Education Programs: Barriers and Remedial Solutions in Australia. *Journal of Architectural Engineering*, 27(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ae.1943-5568.0000444](https://doi.org/10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000444)
- Chen, K., Lu, W., & Wang, J. (2020). University–industry collaboration for BIM education: Lessons learned from a case study. *Industry and Higher Education*, 34(6), 401–409. <https://doi.org/10.1177/0950422220908799>
- Elisa, S., Veronica Natividade, & Cristiano Saad. (2020). Teaching BIM and Its Impact on Young Professionals. *Journal of Civil Engineering Education*, 146(4). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ei.2643-9115.0000019](https://doi.org/10.1061/(asce)ei.2643-9115.0000019)
- Espinoza, V. P. R., Cárdenas-Salas, D., Cabrera, A., & Coronel, L. (2021). Virtual Reality and BIM Methodology as Teaching- Learning Improvement Tools for Sanitary Engineering Courses. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(6), 20–39. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i06.13535>
- García, M. J., Torre, C., Bazquez, E., & Martín, N. (2020). Estrategias de integración de la metodología BIM en el sector AEC desde la Universidad. <http://revistas.upc.edu/ojs/index.php/JIDA>
- Herrera, R. F., Muñoz-La Rivera, F., & Vielma, J. C. (2021). Interaction Networks within Student Teams Learning Building Information Modeling (BIM). *Journal of Civil Engineering Education*, 147(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ei.2643-9115.0000032](https://doi.org/10.1061/(asce)ei.2643-9115.0000032)
- Herrera, R., Loyola, M., & Muñoz, F. (2023). Experiencias de universidades chilenas introduciendo BIM en cursos de pregrado en arquitectura, ingeniería y construcción.
- Hu, M. (2019). BIM-Enabled Pedagogy Approach: Using BIM as an Instructional Tool in Technology Courses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 145(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000398](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000398)
- Iñigo, L., Maialen, S., Fernando, M., & Juan Pedro, O. (2021). Bim application for sustainable teaching environment and solutions in the context of covid-19. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/su13094746>
- Jin, J., Hwang, K. E., & Kim, I. (2020). A study on the constructivism learning method for BIM/IPD collaboration education. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(15). <https://doi.org/10.3390/app10155169>
- Jin, R., Zou, P. X., Li, B., Piroozfar, P., & Painting, N. (2019). Comparisons of students' perceptions on BIM practice among Australia, China and UK. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(9), 1899–1923. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2018-0275>
- Loyola, M., Matta, G., & Herrera, R. (2021). ¿Cómo se enseña BIM en Chile EXPERIENCIAS DE UNIVERSIDADES CHILENAS INTRODUCIENDO BIM EN CARRERAS DE PREGRADO DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN? [www.bimforum.cl/educacion](http://www.bimforum.cl/educacion)
- Mathews, M. (2013). BIM collaboration in student architectural technologist learning. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 11(2), 190–206. <https://doi.org/10.1108/JEDT-10-2011-0067>
- Meterelliyöz, M. Ü., & Özener, O. Ö. (2022). BIM-ENABLED LEARNING FOR BUILDING SYSTEMS AND TECHNOLOGY. *Journal of Information Technology in Construction*, 27, 1–19. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.001>
- Nikolic D., Castronovo F., & Leicht R. (2021). Teaching BIM as a collaborative information management process through a continuous improvement assessment lens: a case study. <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2020>

- Olatunji, O. (2019). Promoting student commitment to BIM in construction education. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(7), 1240–1260. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2018-0173>
- Olowa, T., Witt, E., Morganti, C., Teittinen, T., & Lill, I. (2022). Defining a BIM-Enabled Learning Environment—An Adaptive Structuration Theory Perspective. *Buildings*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/buildings12030292>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. In *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Peterson, F., Hartmann, T., Fruchter, R., & Fischer, M. (2011). Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned. *Automation in Construction*, 20(2), 115–125. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.009>
- Puolitaival, T., & Forsythe, P. (2016). Practical challenges of BIM education. *Structural Survey*, 34(4–5), 351–366. <https://doi.org/10.1108/SS-12-2015-0053>
- Sánchez, A., Gonzalez-Gaya, C., Zulueta, P., & Sampaio, Z. (2019). Introduction of building information modeling in industrial engineering education: Students' perception. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(16). <https://doi.org/10.3390/app9163287>
- Sanchez-Lite, A., Zulueta, P., Zita Sampaio, A., & Gonzalez-Gaya, C. (2022). BIM for the Realization of Sustainable Digital Models in a University-Business Collaborative Learning Environment: Assessment of Use and Students' Perception. *Buildings*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/buildings12070971>
- Swallow, M., & Zulu, S. (2020). Students' awareness and perception of the value of BIM and 4D for site health and safety management. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 18(2), 414–430. <https://doi.org/10.1108/JEDT-07-2019-0174>
- Urban, H., Pelikan, G., & Schranz, C. (2022). Augmented Reality in AEC Education: A Case Study. *Buildings*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/buildings12040391>
- Wu, Z., Chen, C., Cai, Y., Lu, C., Wang, H., & Yu, T. (2019). BIM-based visualization research in the construction industry: A network analysis. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 16, Issue 18). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183473>
- Zamora-Polo, F., Luque-Sendra, A., Aguayo-González, F., & Sánchez-Martín, J. (2017). Conceptual Framework for the Use of Building Information Modeling in Engineering Education\*.
- Zhang, J., Xie, S., Xie, H., & Li, H. (2018). Project Based Learning with Implementation Planning for Student Engagement in BIM Classes Project Based Learning with Implementation Planning for Student Engagement in BIM Classes\*. <https://www.researchgate.net/publication/329519665>
- Zhao, D. (2021). Peer Pressure in BIM-Based Collaboration Improves Student Learning. *Journal of Civil Engineering Education*, 147(2). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ei.2643-9115.0000038](https://doi.org/10.1061/(asce)ei.2643-9115.0000038)