

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2023/2025

Integración de tecnologías digitales en la enseñanza universitaria de ingeniería civil y arquitectura: herramientas, metodologías y su impacto en el aprendizaje de competencias profesionales

Alumna: **Karina Alexandra Galindo Reascos**

Tutor: **Juan Gabriel González Morales**

Revisión sistemática

Máster Universitario en Educación Universitaria

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

Agradecimiento

A Dios, por su infinito amor y bendiciones en mi vida, gracias por darme la fortaleza, sabiduría y determinación para afrontar todos los retos que se han presentado en este camino para alcanzar esta meta profesional tan importante para mi. A mi querida familia, en especial a mi papá Nelson y a mi abuelita Elvita porque su amor, apoyo y bendiciones son una parte fundamental en mi vida. A Carlitos, mi amado compañero de vida, gracias por tu apoyo incondicional, por creer en mi aun en los días más difíciles, por ser mi amigo, mi familia y mi lugar seguro, espero que Dios nos de suficiente vida para cumplir todos nuestros sueños y proyectos. A Cami, a pesar del tiempo y las circunstancias, nunca dejaste de ocupar un lugar especial en mi corazón, te quiero y te he extrañado más de lo que puedo describir y aunque no podemos cambiar el pasado, estoy orgullosa de ver que no te has dado por vencida y sigues luchando cada día por construirte un mejor futuro.

A mi hermano de corazón y mi mejor amigo Saúl, gracias por ser un pilar de apoyo, alegría y confianza inquebrantable, por todas las risas compartidas y por estar ahí para secar mis lágrimas en los momentos de necesidad y sobre todo por ser esa luz constante en mi camino, para ti siempre toda mi gratitud y cariño. A Verito, porque tu amistad, apoyo y cariño me han inspirado a seguir adelante y a dar lo mejor de mí, gracias ñañita por estar siempre dispuesta a escucharme, por cada consejo, por cada palabra de aliento y por demostrarme que la distancia nunca ha sido un obstáculo para mantener viva nuestra amistad. A Addi mi querida ahijada, como un recordatorio de que con esfuerzo, fe y perseverancia cualquier sueño puede hacerse realidad. Espero que algún día que leas esto sea para ti una inspiración para seguir tus propios sueños y una muestra del amor, orgullo inmenso que siento por ti y esperanza en el maravilloso futuro que te espera.

Finalmente, quiero expresar mi profunda gratitud a la Universidad Europea por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de continuar mi formación académica a nivel de posgrado. A todo su maravilloso personal docente, por compartir sus invaluable conocimientos, pero por sobre todo por su dedicación, sabios consejos, calidad humana y la calidez con la que siempre me trataron. A mi Director de tesis, Dr. Juan Gabriel González, por su dedicación, observaciones oportunas y constante motivación durante la realización de esta investigación. Gracias porque de una u otra manera contribuyeron a que hoy pueda ver cumplido este sueño.

Dedicatoria

A mi querido padre, por ser mi ejemplo de integridad, por tu amor, tu guía y apoyo incondicional que me impulsan a ser mejor cada día, espero poder seguir dejando en alto tu apellido y llenándote de orgullo mientras Dios nos de vida. Y de una manera muy especial a ti, mamá, que aunque ya no estás físicamente, sigues presente en cada paso que doy y en cada meta que alcanzo. Este logro es fruto de tu amor, tus sacrificios y el inmenso ejemplo que siempre fuiste para mí. Tus palabras de aliento, tu fuerza y tu fe en mí son mi inspiración constante, incluso en los momentos más difíciles. Te llevo en mi corazón y en mis pensamientos todos los días, y este triunfo es mi manera de honrar todo lo que me enseñaste y todo lo que significas en mi vida. Gracias por ser mi luz eterna. Te amo y te extraño con todo mi ser.

Resumen

La presente revisión sistemática se llevó a cabo con el objetivo de analizar la integración de tecnologías digitales en la enseñanza universitaria de ingeniería civil y arquitectura; con el fin de identificar y analizar las herramientas digitales más utilizadas, las metodologías de enseñanza que las implementan y su impacto en el proceso de aprendizaje de competencias profesionales de los estudiantes. Para lo cual; se han consultado las bases de datos ERIC y ScienceDirect, en las cuales se han aplicado los siguientes criterios de inclusión y exclusión: idioma, tipo de publicación, año de publicación, área de estudio, variables de efecto (uso de herramientas digitales en la educación universitaria y fomento de la inserción laboral del estudiantado universitario) y disponibilidad, trabajando finalmente con 20 estudios en español e inglés publicados entre 2019 y 2024.

Los resultados obtenidos permiten concluir que; es imprescindible que las tecnologías digitales, como BIM, se integren de manera transversal en los currículos de disciplinas relacionadas con la construcción desde los primeros años, complementadas por capacitación avanzada y suficiente personal docente preparado, para fomentar una educación equilibrada, ética y orientada al bienestar global. Finalmente, se hace necesaria una revisión sistemática como esta que explore y sintetice la evidencia sobre la integración de estas tecnologías en la enseñanza de las disciplinas de la construcción, para orientar futuras prácticas pedagógicas y políticas educativas en el ámbito universitario.

Palabras clave: tecnologías digitales, ingeniería civil, arquitectura, competencias profesionales.

Abstract

This systematic review was carried out with the aim of analyzing the integration of digital technologies in university teaching of civil engineering and architecture; in order to identify and analyze the most used digital tools, the teaching methodologies that implement them and their impact on the learning process of professional skills of students. For this purpose; the ERIC and ScienceDirect databases have been consulted, in which the following inclusion and exclusion criteria have been applied: language, type of publication, year of publication, area of study, effect variables (use of digital tools in university education and promotion of the labor insertion of university students) and availability, finally working with 20 studies in Spanish and English published between 2019 and 2024.

The results obtained allow us to conclude that; it is essential that digital technologies, such as BIM, are integrated transversally in the curricula of disciplines related to construction from the early years, complemented by advanced training and sufficient prepared teaching staff, to promote a balanced, ethical education oriented to global well-being. Finally, a systematic review such as this one is necessary to explore and synthesize the evidence on the integration of these technologies in the teaching of construction disciplines, to guide future pedagogical practices and educational policies in the university environment.

Key words: digital technologies, civil engineering, architecture, professional skills.

Tabla de contenidos

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Contextualización de la investigación.....	1
1.1.1.	Aspectos claves del tema.....	1
1.1.2.	Vinculación con el máster en educación universitaria	2
1.1.3.	Definición del problema de investigación	3
1.2	Justificación del tema elegido.....	3
2.	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	Introducción al uso de tecnologías digitales en la educación universitaria	5
2.1.1.	Evolución del uso de tecnologías en la educación superior	5
2.1.2.	Impacto de la digitalización en la enseñanza de disciplinas técnicas.....	7
2.2.	Principales tecnologías digitales en la enseñanza de disciplinas relacionadas con la construcción.....	8
2.2.1.	Building Information Modeling (BIM).....	8
2.2.2.	Realidad virtual y realidad aumentada en la construcción.....	9
2.2.3.	Software de simulación y modelado estructural	9
2.3.	Efectos de la integración de tecnologías digitales en el aprendizaje de los estudiantes	11
2.2.4.	Desarrollo de competencias técnicas y profesionales	11
2.2.5.	Mejora de la comprensión conceptual y práctica.....	12
2.2.6.	Impacto en el trabajo colaborativo y su relación con la sostenibilidad.....	13
2.2.7.	Limitaciones y desafíos en la implementación de tecnologías en la enseñanza	14
2.4.	Metodologías pedagógicas aplicadas a la enseñanza con tecnologías digitales	15
2.4.1.	Aprendizaje basado en proyectos (ABP).....	15
2.4.2.	Aprendizaje activo	15

3.	METODOLOGÍA.....	17
3.1.	Objetivos	17
3.1.1.	Objetivo general	17
3.1.2.	Objetivos específicos.....	17
3.2.	Estrategia de búsqueda.....	17
3.2.1.	Definición de las bases de datos	17
3.2.2.	Operadores booleanos y ecuación de búsqueda	19
3.3.	Criterios de inclusión y exclusión de los documentos.....	20
3.4.	Diagrama de flujo	21
4.	RESULTADOS	22
4.1.	Presentación de los resultados obtenidos	22
4.1.1.	Resultados relativos al Objetivo Específico 1	22
4.1.2.	Resultados relativos al Objetivo Específico 2	26
4.1.3.	Resultados relativos al Objetivo Específico 3	29
5.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES DEL TRABAJO.	33
5.1	Discusión sobre el proyecto.....	33
5.1.1	Discusión sobre los resultados relativos al Objetivo Específico 1	33
5.1.2	Discusión sobre los resultados relativos al Objetivo Específico 2	34
5.1.3	Discusión sobre los resultados relativos al Objetivo Específico 3	36
6.	CONCLUSIONES.....	39
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Contextualización de la investigación

El tema “Integración de tecnologías digitales en la enseñanza universitaria de disciplinas de la construcción” aborda cómo las tecnologías emergentes están transformando el proceso educativo en carreras como ingeniería civil, arquitectura, y otras disciplinas afines a la construcción. El objetivo principal es realizar una revisión sistemática de la literatura científica para identificar las herramientas digitales más utilizadas en la enseñanza, las metodologías pedagógicas que las implementan, y analizar su impacto en el desarrollo de competencias profesionales de los estudiantes.

1.1.1. Aspectos claves del tema

Herramientas digitales en la educación: La enseñanza de las disciplinas relacionadas con la construcción se ha beneficiado del uso de diversas tecnologías digitales. Entre las más relevantes están el Building Information Modeling (BIM), software de simulación estructural y térmica, herramientas de diseño asistido por computadora (CAD), y la realidad virtual y aumentada. Estas tecnologías no solo facilitan la visualización de proyectos y diseños complejos, sino que también permiten a los estudiantes interactuar con simulaciones y entornos de trabajo reales, mejorando su comprensión práctica (Calvetti D. et al., 2024).

Metodologías pedagógicas innovadoras: Las universidades están adoptando metodologías activas para integrar estas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto incluye el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el aprendizaje activo, donde los estudiantes aplican sus conocimientos teóricos en proyectos prácticos utilizando tecnologías digitales. Estas metodologías buscan desarrollar no solo competencias técnicas, sino también habilidades transversales como el trabajo en equipo, la comunicación y la gestión de proyectos. En ese sentido; el analizar, evaluar y tomar decisiones en búsqueda de la solución más óptima en una situación problemática (real o simulada), es una de las competencias que deben poseer los profesionales de las ciencias de la construcción para desempeñarse eficaz y eficientemente en el mundo profesional (Cárdenas-Oliveros et al., 2022).

1.1.2. Vinculación con el máster en educación universitaria

Este tema se vincula estrechamente con el máster en educación universitaria, ya que se centra en la innovación pedagógica y el uso de tecnologías educativas para mejorar la formación en el ámbito universitario. Los programas de educación superior buscan constantemente adaptar sus metodologías para que los estudiantes adquieran competencias alineadas con las demandas del mundo laboral, y la construcción es un sector altamente dinámico y tecnológico (Morán e Idrovo, 2024). A continuación, se explican los aspectos clave de la vinculación de este trabajo de titulación con el máster en curso.

Formación de competencias para el futuro profesional: Los estudiantes de carreras relacionadas con la construcción no solo necesitan dominar las competencias técnicas de sus áreas, sino también habilidades clave como el trabajo en equipo, la gestión de proyectos y el pensamiento crítico, que son promovidas a través de la implementación de estas tecnologías. Esto se alinea con la misión del máster de mejorar la calidad educativa y fomentar enfoques pedagógicos que preparen a los estudiantes para los retos del mundo profesional (Araya y Martínez, 2023).

Actualización e innovación curricular: Este tema resalta la necesidad de que las instituciones de educación superior actualicen sus programas de estudios para incluir tecnologías digitales emergentes. Ya que cómo lo afirman Hall et al. (2022), en las universidades pueden temer que los estudiantes carezcan de las habilidades computacionales fundamentales para aprender eficazmente el uso de estas tecnologías o que el plan de estudios se centre demasiado en las matemáticas u otras asignaturas, mientras que se evita las implementaciones prácticas y del mundo real. Es así que, la revisión sistemática que propone este trabajo permite identificar qué metodologías son más efectivas y cómo se están implementando estas tecnologías en diferentes universidades, lo que contribuye a la mejora continua de los programas académicos.

Formación docente y nuevas metodologías: La investigación también aporta al campo de la formación docente en la educación universitaria, ya que los profesores necesitan estar capacitados en el uso de nuevas tecnologías para aplicarlas eficazmente en el aula. Este estudio podría identificar las necesidades de

formación del profesorado, así como destacar las mejores prácticas pedagógicas para la enseñanza de disciplinas de la construcción.

1.1.3. Definición del problema de investigación

El problema de investigación gira en torno a la falta de claridad sobre la efectividad y el impacto de la integración de tecnologías digitales en la enseñanza de las disciplinas relacionadas con la construcción (ingeniería civil, arquitectura, ingeniería de edificaciones, etc.) a nivel universitario. A pesar del creciente uso de herramientas digitales como Building Information Modeling (BIM), realidad aumentada/virtual, y simuladores de estructuras, no existe un consenso claro sobre cuáles son las mejores prácticas pedagógicas para implementarlas ni sobre cómo estas tecnologías impactan el aprendizaje de los estudiantes en términos de desarrollo de competencias técnicas y profesionales.

Algunas instituciones han adoptado estas tecnologías de manera inconsistente, lo que plantea preguntas sobre:

- ¿Qué herramientas digitales son las más eficaces para la enseñanza en estas disciplinas?
- ¿Cómo se integran de manera pedagógicamente adecuada en los programas educativos?
- ¿Qué impacto tienen estas herramientas en el aprendizaje de los estudiantes y su preparación profesional?

Además, existe una preocupación creciente por la sostenibilidad, tanto desde una perspectiva ambiental (eficiencia energética y optimización de recursos en proyectos de construcción) como económica y social (mejora del acceso a la educación y reducción de costos) (Haruna et al., 2021). Sin embargo, no está claro cómo las tecnologías digitales pueden apoyar estos objetivos dentro del marco educativo actual. Por lo tanto, se hace necesaria una revisión sistemática que explore y sintetice la evidencia sobre la integración de estas tecnologías en la enseñanza de las disciplinas de la construcción, para orientar futuras prácticas pedagógicas y políticas educativas en el ámbito universitario.

1.2 Justificación del tema elegido

Este tema tiene una clara vinculación con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (2015), especialmente los siguientes:

ODS 4: Educación de calidad: Este objetivo busca garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad, promoviendo oportunidades de aprendizaje durante toda la vida. En ese sentido, la integración de tecnologías digitales en la enseñanza de las disciplinas de la construcción contribuye a mejorar la calidad de la educación universitaria, permitiendo un aprendizaje más accesible, interactivo y alineado con las necesidades del mercado laboral actual.

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura: Promover la innovación y el uso de tecnologías avanzadas en la enseñanza de disciplinas relacionadas con la construcción contribuye directamente al desarrollo de infraestructuras resilientes y sostenibles. Los profesionales formados con estas herramientas estarán mejor capacitados para diseñar soluciones innovadoras en el sector de la construcción, incorporando tecnologías avanzadas que mejoren la eficiencia y la sostenibilidad.

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles: La formación de ingenieros civiles, arquitectos y profesionales de la construcción con conocimientos en tecnologías digitales ayudará a crear ciudades más sostenibles, eficaces en el uso de recursos y preparadas para enfrentar los desafíos del cambio climático. Las herramientas digitales permiten a los estudiantes diseñar soluciones que optimizan el uso del espacio, la energía y los materiales de construcción, minimizando la huella de carbono y promoviendo el uso de energías renovables.

Adicionalmente; este trabajo de titulación es relevante debido a que, permite explorar un poco más a fondo en el potencial que existe entre las tecnologías digitales y la sostenibilidad no sólo ambiental como ya se explicó sino también económica y social.

Sostenibilidad social y económica: La integración de tecnologías digitales en la educación puede mejorar el acceso a recursos de aprendizaje en comunidades más desfavorecidas. Al implementar herramientas tecnológicas accesibles, los programas de educación superior pueden llegar a estudiantes que no tienen fácil acceso a laboratorios o prácticas presenciales. El uso de plataformas virtuales también facilita la educación a distancia, democratizando el acceso a formación avanzada en todo el mundo. Al formarse en un entorno digitalizado, los estudiantes adquieren competencias para implementar proyectos más rentables y sostenibles a largo plazo. La incorporación de estas herramientas también genera ahorro en términos de infraestructura educativa, al reducir la necesidad de materiales físicos y recursos para simulaciones y ensayos (Cao et al., 2022).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción al uso de tecnologías digitales en la educación universitaria

2.1.1. Evolución del uso de tecnologías en la educación superior

Los cambios generacionales exigen en los entornos educativos actuales que los docentes adquieran habilidades más avanzadas para llevar a cabo una enseñanza innovadora y eficaz, con el objetivo de promover prácticas de aprendizaje que guíen los procesos de formación profesional. Es fundamental reconocer que los avances tecnológicos, tanto en el ámbito educativo como en otros contextos, pueden conllevar diversos riesgos. Si no se establece un marco regulatorio adecuado para el uso, manejo y aplicación de las tecnologías educativas, podría generarse un vacío legal que dé lugar a problemas y dificultades en este importante campo de investigación (Oliva, 2024).

De acuerdo con Padilla-Hernández et al. (2020), desde hace más de veinte años, las universidades en países como México y España han integrado las tecnologías de la información y la comunicación (en adelante TIC) en sus actividades. En este contexto, uno de los retos más significativos es de carácter pedagógico, es decir, cómo utilizar las TIC para impulsar la mejora y transformación del ámbito educativo. Internet y las plataformas digitales de las bibliotecas universitarias ofrecen una oportunidad invaluable para el aprendizaje, aunque también presentan un reto debido a la gran cantidad de información disponible, el tiempo limitado y la necesidad de optimizar la búsqueda de manera eficiente.

Precisamente, estos investigadores tuvieron la oportunidad de entrevistar a cuatro docentes universitarios, Simhá y Huitzil, de México, y Augusto y Nerea, de España, quienes compartieron sus experiencias acerca del uso de tecnologías en la docencia. Para los profesores participantes en dicho estudio, el uso más frecuente de las TIC en sus primeros años de docencia fue la preparación de materiales para sus asignaturas.

Los docentes elaboraron materiales como presentaciones en PowerPoint y manuales, además de identificar referencias a textos y documentos digitales para sus clases. Mencionaron además el esfuerzo necesario para seleccionar información, familiarizarse con recursos informativos, plataformas institucionales, bases de datos y herramientas de la web 2.0. Para Nerea, fue útil un curso de formación sobre entornos virtuales y las recomendaciones de otros profesores para encontrar referencias relevantes. Augusto, por su parte, sugirió la creación de un wiki para facilitar la actualización de contenidos de la asignatura e incentivar la participación de los estudiantes (Padilla-Hernández et al., 2020).

Estas experiencias son parte de su práctica docente actual, han proporcionado aprendizajes significativos para su labor educativa y han contribuido al enriquecimiento de su perfil profesional. Los temas generales que abarcan los proyectos e iniciativas impulsados por los docentes se muestran a continuación en la Figura 1.

Figura 1

Incidentes sobre el desarrollo de proyectos y de iniciativas con apoyo de TIC

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="background-color: #c00000; color: white; padding: 5px; border-radius: 5px;">Incidentes críticos para la CDD</div> <div style="font-size: 24px; color: #c00000;">➔</div> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 5px; border-radius: 5px;">Desarrollo de proyectos e iniciativas con el uso de TIC</div> </div>		
Tema general	Profesores	Ejemplos de incidentes críticos
Elaboración de contenidos y materiales para el aprendizaje y la docencia	Todos	<ul style="list-style-type: none"> Realización de vídeos del contenido de las asignaturas, accesibles mediante plataformas institucionales o canales públicos. Diseño de guía visual para apoyar el desarrollo de la asignatura. Creación de blogs con la participación de docentes y estudiantes.
Creación de ambientes digitales para el aprendizaje	Todos	<ul style="list-style-type: none"> Espacios digitales en plataformas institucionales y otras TIC (acceso a la información, la comunicación, la planificación de la asignatura, situaciones de aprendizaje y la evaluación). Metodología de aula invertida (<i>flipped classroom</i>) con apoyo de los vídeos y cuestionarios en línea. Actividades de edición de wikis con la participación de los estudiantes (Wikipedia y otros sitios wiki). Diseño y tutoría de cursos virtuales y semipresenciales según proyectos institucionales.
Identidad digital docente	Todos excepto Nerea	<ul style="list-style-type: none"> Página web profesional como portafolio y fuente de contactos. Gestión de perfiles en herramientas web 2.0 y plataformas de red social para la colección y difusión de contenidos.
Plataformas de trabajo en red e innovación	Augusto	<ul style="list-style-type: none"> Creación de grupo de trabajo en red y su transformación en un área universitaria dedicada a la innovación social.
Formación docente	Todos	<ul style="list-style-type: none"> Participación en cursos de formación docente para el uso de TIC. Su sentido fue positivo por la ayuda para comprender los entornos en línea, y por otro, negativo como contraejemplo de una adecuada tutoría y diseño de esta modalidad. Diseño y colaboración como tutor(a) en cursos de formación docente sobre el uso de TIC. Ser ejemplo y ayuda para otros profesores.

Nota: CDD = Competencia Digital Docente. Fuente: Padilla-Hernández et al. (2020).

2.1.2. Impacto de la digitalización en la enseñanza de disciplinas técnicas

La digitalización ha transformado profundamente la enseñanza universitaria, especialmente en las disciplinas técnicas como las ingenierías. Este impacto ha sido multifacético, mejorando no solo la manera en que se enseña, sino también cómo los estudiantes aprenden, practican y desarrollan habilidades clave para su futuro profesional. Para las nuevas generaciones, la tecnología ha estado presente desde su infancia y está completamente integrada en sus vidas. Para los jóvenes, es inconcebible llevar a cabo sus actividades cotidianas sin las TIC, ya que forman parte esencial de su vida personal y social. Han desarrollado una nueva identidad y destreza, al ser una forma distinta de relacionarse y comunicarse.

Por ello, es crucial que los docentes se adapten al uso de estas tecnologías y a los nuevos medios de comunicación, ajustándolos a las crecientes demandas de interacción, para integrarlos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La labor del docente en estas circunstancias será diseñar y presentar escenarios que, aprovechando el conocimiento previo del alumno, le permitan asimilar y estructurar nuevos significados (Acuña, 2022).

Uno de los impactos más notables es el acceso a softwares de simulación y modelado avanzado, como el Building Information Modeling (BIM) y el uso de programas de CAD (diseño asistido por computadora) en ingeniería civil. Estas herramientas permiten a los estudiantes interactuar con entornos virtuales realistas, realizar pruebas de sus diseños y detectar problemas antes de implementarlos en el mundo real. Esto ha llevado a una mejora significativa en la comprensión de conceptos complejos y en la resolución de problemas técnicos (Torres y Cobo, 2017; Rajasimham, 2016).

La digitalización también ha permitido la creación de entornos de aprendizaje más interactivos. Las plataformas de aprendizaje en línea, combinadas con recursos multimedia, simulaciones y realidad aumentada/virtual (RA/RV), permiten a los estudiantes aprender de manera más visual y práctica. Esto es particularmente útil en las ingenierías, donde los conceptos abstractos a menudo necesitan ser visualizados para ser comprendidos a fondo. Además, la posibilidad de personalizar el ritmo y el estilo de aprendizaje mediante plataformas digitales facilita que los estudiantes adapten su experiencia educativa a sus propias necesidades y capacidades.

La integración de la tecnología en la educación de las ingenierías no solo mejora la experiencia educativa, sino que prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mercado laboral digital. De acuerdo con Aucancela et al. (2024) y Velásquez y Echeverri (2023), actualmente las empresas en todos los campos de la ingeniería buscan profesionales que estén familiarizados con las últimas tecnologías, como la automatización, el análisis de datos y el Internet de las Cosas (IoT). La enseñanza digitalizada asegura que los graduados estén equipados con las competencias técnicas necesarias para adaptarse a entornos profesionales cada vez más tecnológicos.

2.2. Principales tecnologías digitales en la enseñanza de disciplinas relacionadas con la construcción

2.2.1. Building Information Modeling (BIM)

El Modelado de Información de Construcción o mejor conocido por su nombre en inglés Building Information Modeling (en adelante BIM, por sus siglas en inglés), es un enfoque integral y avanzado en la planificación, diseño, construcción y gestión de proyectos de construcción. Como método multifuncional, el BIM hace una contribución significativa a la industria de la Ingeniería Arquitectónica y la Construcción (AEC por sus siglas en inglés de Architectural Engineering and Construction industry).

Según la British Standards Institution (2018), BIM utiliza representaciones digitales compartidas de los proyectos de construcción para promover el proceso de diseño, construcción y operación y formar una base confiable para la toma de decisiones desde la fase previa a la construcción hasta que el proyecto ya está construido. A pesar de que no existe una definición uniforme de BIM, existe un consenso en la industria de AEC de que BIM no es solo una herramienta y un software instalado en una computadora; más bien, es una combinación de software y proceso. Debido a que, puede proporcionar modelado tridimensional (3D) del proyecto, gestionar el cronograma del proyecto durante todo su ciclo de vida, proporcionar una plataforma de comunicación para todas las partes interesadas, estimar y calcular los costos del proyecto, detectar conflictos y permitir que las partes interesadas inspeccionen y gestionen los edificios durante todo su ciclo de vida (Cao et al., 2022; Lu et al., 2017).

2.2.2. Realidad virtual y realidad aumentada en la construcción

La realidad virtual (en adelante RV) permite crear entornos tridimensionales inmersivos y simulados que representan con gran detalle un edificio o infraestructura antes de que se construya. Con gafas o dispositivos de RV, los usuarios pueden "navegar" por el proyecto, interactuar con los diferentes elementos de diseño y observar cómo será el resultado final. Los arquitectos, ingenieros y clientes pueden experimentar el diseño en una escala realista, lo que les permite revisar el espacio, la disposición de los elementos y la funcionalidad general antes de la construcción.

En un entorno virtual, los trabajadores pueden recibir capacitación en procedimientos de construcción o seguridad sin estar expuestos a riesgos. Esto es particularmente útil para proyectos complejos o peligrosos. Adicional a ello, las empresas de construcción pueden utilizar la RV para mostrar el proyecto finalizado a los clientes de una manera más atractiva y comprensible que los planos tradicionales o maquetas físicas. Por su parte, La realidad aumentada (en adelante RA) combina el mundo físico con elementos digitales superpuestos, lo que permite visualizar datos y modelos digitales en tiempo real sobre el entorno físico real. En la construcción, esto implica que los trabajadores o ingenieros pueden, a través de dispositivos móviles, tabletas o gafas de RA, ver capas de información digital sobre una obra en construcción (Arriagada y Valiente, 2019).

2.2.3. Software de simulación y modelado estructural

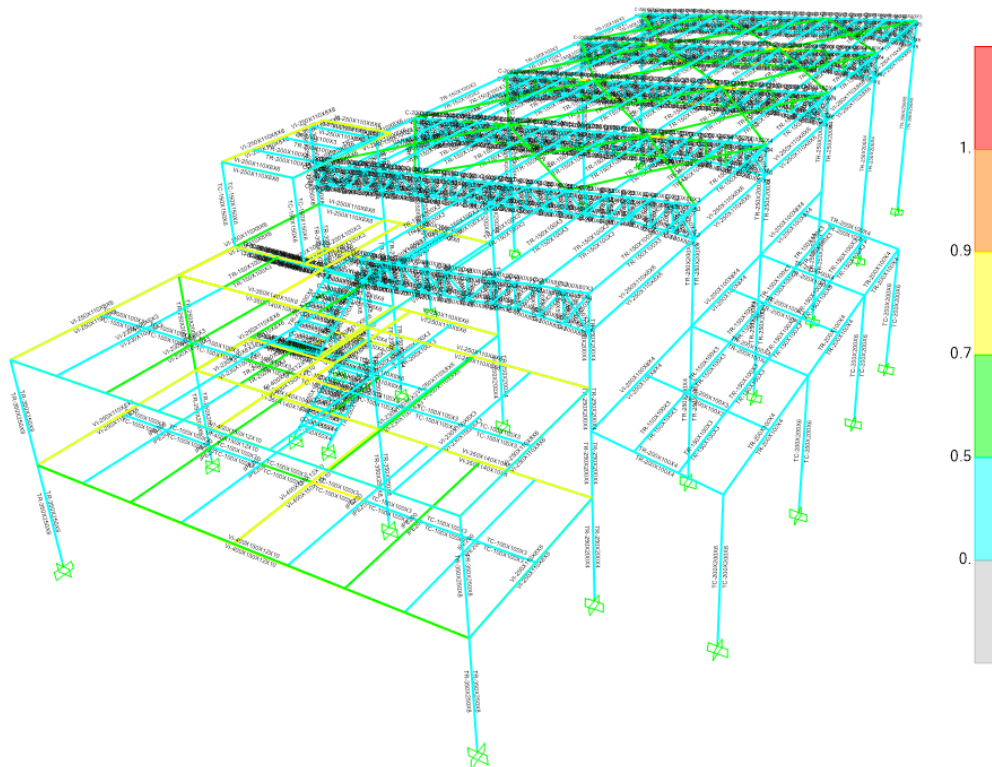
Son herramientas informáticas diseñadas para analizar y predecir el comportamiento de estructuras y materiales bajo diferentes condiciones de carga y esfuerzos. Estas herramientas son esenciales en disciplinas como la ingeniería civil, mecánica y arquitectura, ya que permiten realizar simulaciones precisas sobre el comportamiento de edificios, puentes, carreteras y otras infraestructuras, antes de ser construidas físicamente. De acuerdo con Cubillos y López (2021), la simulación de un proyecto de construcción en este contexto, se entiende como una herramienta de apoyo que promueve el aprendizaje por descubrimiento, exige demostrar los conocimientos adquiridos, permite que el estudiante practique de manera autónoma, facilita la reproducción de experiencias previas, ofrece control sobre las variables y favorece la autoevaluación.

De acuerdo con Odeyemi et al. (2020), entre los principales tipos de softwares de simulación y modelado estructural se encuentran los siguientes:

- **SAP2000:** Uno de los software más utilizados para análisis y diseño estructural en diferentes tipos de edificaciones e infraestructuras. Permite realizar análisis estáticos y dinámicos, y su interfaz gráfica facilita la creación y modificación de modelos estructurales. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de un proyecto modelado en este software.

Figura 2

Análisis estructural de un proyecto industrial modelado en el software SAP2000



Fuente: elaboración propia

- **ETABS:** Especializado en el análisis y diseño de edificios, ETABS es particularmente útil para estructuras de gran altura. Permite realizar simulaciones sísmicas, análisis de cargas de viento y evaluar el rendimiento estructural bajo diferentes condiciones.
- **STAAD.Pro:** Una herramienta poderosa para el análisis estructural y diseño que admite una amplia gama de materiales y normativas internacionales. Se usa en proyectos de ingeniería civil e infraestructura de todo tipo.

- **ANSYS:** Aunque se utiliza en una variedad de industrias, ANSYS es especialmente popular en ingeniería estructural para realizar simulaciones de eventos complejos como impactos y cargas dinámicas. Ofrece simulaciones de elementos finitos (FEM), lo que permite un análisis detallado de los componentes estructurales.
- **Revit Structure:** Parte de la familia de Autodesk, Revit Structure es ideal para el modelado de información de construcción (BIM) y el análisis estructural de edificios. Su integración con otros programas de diseño arquitectónico permite una colaboración fluida entre diferentes disciplinas.
- **CSI Bridge:** Herramienta especializada en el diseño y análisis de puentes. Este software permite realizar análisis de cargas móviles, fuerzas sísmicas y otros factores cruciales en el diseño de infraestructuras de puentes.

2.3.Efectos de la integración de tecnologías digitales en el aprendizaje de los estudiantes

2.2.4. Desarrollo de competencias técnicas y profesionales

Las tecnologías digitales, como el BIM, la RV, la RA y los software de simulación estructural, han transformado la manera en que los estudiantes desarrollan competencias técnicas en sus áreas de especialización. Además de dichas habilidades técnicas, la integración de tecnologías digitales también impulsa el desarrollo de competencias profesionales que son clave para su éxito laboral en la industria de la construcción (Muñoz-La Rivera F. et al., 2021).

Las herramientas digitales ofrecen a los estudiantes la posibilidad de simular situaciones complejas y experimentar con soluciones. Este enfoque fortalece sus habilidades de análisis crítico y les permite enfrentar desafíos reales de manera creativa y efectiva, desarrollando soluciones innovadoras para los problemas estructurales y de diseño, esto prepara a los estudiantes para el trabajo en equipos multifuncionales y mejora su capacidad de comunicación técnica. Adicionalmente, dado que el campo de la construcción está en constante evolución, los estudiantes que se entrenan con tecnologías digitales adquieren una mayor adaptabilidad a los cambios tecnológicos; por lo tanto, están mejor preparados para adoptar nuevas herramientas y metodologías en su vida profesional, lo que les da una ventaja competitiva en el mercado laboral (Suárez-Guerrero y Orgaz-Agüera, 2019).

De acuerdo con Muñoz-La Rivera et al. (2021):

Se han identificado 20 características de innovación que necesita poseer un profesional del área de la ingeniería: debe ser adaptable y flexible (enérgico, activo para aprender, hacer y rehacer, aceptando positivamente la opinión de los demás); buscador de alternativas múltiples (capaz de buscar una mejor manera de ejecutar un proceso, diseñar o fabricar un producto); experimentador (capaz de aceptar la incertidumbre, utilizando la creación de prototipos para evaluar las opciones); integrador de conocimientos (capaz de integrar los propios conocimientos con los del equipo y técnico para construir nuevas soluciones).

Con conocimiento profundo (profesional educado y conocedor de una amplia gama de temas); curioso por hacer y aprender (profesional reflexivo, en constante búsqueda de nuevas ideas y soluciones); comunicador (capaz de comunicar eficazmente las ideas y persuadir a otros); responsable (capaz de tomar el control de sus actividades y supervisar un proyecto de principio a fin, respondiendo a los resultados y aceptando los posibles errores); persistente (comprometido, decidido, resistente). (p. 78)

2.2.5. Mejora de la comprensión conceptual y práctica

Los modelos en 3D y las simulaciones interactivas ayudan a los estudiantes a visualizar estructuras y sistemas complejos que de otra forma podrían ser difíciles de entender a partir de planos bidimensionales. Ver un proyecto completo en su contexto físico les permite entender mejor las interacciones entre sus componentes estructurales, tecnologías como los software de modelado y simulación estructural permiten a los estudiantes ver cómo se comportan los elementos constructivos bajo diferentes cargas y condiciones. Esto es crucial para entender cómo funcionan los principios de equilibrio, estabilidad y resistencia, lo que refuerza su comprensión de conceptos clave en ingeniería estructural y diseño arquitectónico (Gutiérrez, 2023).

Por otro lado, como lo afirma Lozano-Ramírez (2020), la integración de herramientas tecnológicas fomenta un enfoque de aprendizaje basado en problemas (ABP), donde los estudiantes trabajan con simulaciones para resolver desafíos reales de diseño y construcción. Esta metodología mejora su capacidad para entender los conceptos teóricos en un contexto práctico, ya que los estudiantes deben aplicar conocimientos abstractos a situaciones concretas.

Muchas de las herramientas digitales proporcionan retroalimentación inmediata sobre los diseños y simulaciones que los estudiantes están desarrollando. Por ejemplo, en un análisis estructural, el software puede indicar si una estructura colapsaría bajo ciertas condiciones de carga o si necesita ser rediseñada. Esto permite a los estudiantes corregir errores en tiempo real y entender las implicaciones prácticas de sus decisiones de diseño.

2.2.6. Impacto en el trabajo colaborativo y su relación con la sostenibilidad

Las plataformas tecnológicas permiten que los estudiantes aprendan a su propio ritmo, accediendo a recursos educativos en línea, tutoriales interactivos y simulaciones. Esto fomenta un aprendizaje más autónomo y personalizado, ya que los estudiantes pueden enfocarse en las áreas en las que necesitan mejorar. Adicionalmente; herramientas como BIM permiten la colaboración en tiempo real entre diferentes disciplinas, como arquitectos, ingenieros y constructores, esto refuerza la comprensión de cómo las diferentes partes de un proyecto interactúan y promueve la comunicación entre los equipos de trabajo, una habilidad crítica en la industria de la construcción (Chen et al., University–industry collaboration for BIM education: Lessons learned from a case study, 2020).

El uso de tecnologías digitales también tiene un impacto positivo en la enseñanza de prácticas de construcción sostenible, lo que es esencial en las carreras relacionadas con la construcción. Los estudiantes pueden aprender a aplicar principios de diseño sostenible, como la eficiencia energética y la reducción de residuos, a través de simulaciones que modelan el impacto ambiental de diferentes decisiones de diseño. En ese contexto cabe mencionar que, existen software específicos que permiten simular el rendimiento energético de edificios, donde los estudiantes pueden observar cómo diferentes diseños, configuraciones y materiales afectan el consumo de energía. Este tipo de análisis es clave para implementar estrategias que reduzcan el impacto ambiental (Lu et al., 2017).

2.2.7. Limitaciones y desafíos en la implementación de tecnologías en la enseñanza

La tecnología requerida para algunas de las herramientas avanzadas, como BIM o software de simulación, a menudo requiere ordenadores potentes, licencias costosas y una infraestructura adecuada. Las instituciones con presupuestos limitados pueden tener dificultades para adquirir y mantener estas herramientas, lo que puede generar desigualdades en el acceso a estas tecnologías entre los estudiantes. En algunas regiones, el acceso a una conexión de internet de alta velocidad es limitado o costoso, lo que puede dificultar la implementación de herramientas digitales, especialmente aquellas que requieren grandes volúmenes de datos o trabajo colaborativo en línea.

Otro desafío importante es la falta de capacitación y actualización de los profesores en el uso de estas tecnologías. Si bien los estudiantes pueden estar familiarizados con el uso de tecnologías digitales en su vida diaria, muchos docentes en carreras de construcción carecen de la formación necesaria para integrar de manera efectiva estas herramientas en sus métodos de enseñanza. Algunos profesores pueden ser resistentes a adoptar nuevas tecnologías, ya sea debido a una falta de familiaridad o por una preferencia por métodos tradicionales de enseñanza. Esta resistencia puede limitar la implementación de tecnologías digitales en el aula (García et al., 2023).

Debido a que, la tecnología avanza rápidamente, esto exige que los docentes participen en programas de formación continua para mantenerse al día con las herramientas y metodologías más recientes. Sin embargo, las oportunidades para este tipo de formación son a menudo limitadas, y los profesores pueden no tener tiempo o recursos para dedicarse a la capacitación. Finalmente, incorporar estas tecnologías dentro del plan de estudios puede requerir reestructuración de los programas educativos, lo cual es un proceso costoso y que demanda tiempo. Las universidades deben equilibrar el uso de herramientas digitales con la enseñanza de conceptos fundamentales, lo que puede ser un verdadero desafío (García et al., 2023).

2.4. Metodologías pedagógicas aplicadas a la enseñanza con tecnologías digitales

2.4.1. Aprendizaje basado en proyectos (ABP)

El ABP es una estrategia de enseñanza en la que los estudiantes aprenden resolviendo problemas del mundo real mediante la planificación, ejecución y evaluación de proyectos concretos. Esta metodología se basa en la colaboración y el aprendizaje experiencial, donde los estudiantes trabajan en equipos para desarrollar un producto, diseño o solución que está estrechamente ligado a la realidad de su campo profesional. De acuerdo con Araya y Martínez (2023), los principios clave del ABP incluyen:

- **Centralidad del estudiante:** Los estudiantes son los protagonistas de su propio aprendizaje. El profesor asume el papel de facilitador o guía, mientras los estudiantes investigan, diseñan, resuelven problemas y toman decisiones.
- **Contexto real:** Los proyectos deben estar conectados con problemas reales o cercanos al entorno profesional. Esto permite a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos adquiridos a situaciones prácticas.
- **Colaboración:** La mayoría de los proyectos se realizan en equipos, fomentando el trabajo en grupo, la comunicación y la resolución conjunta de problemas.
- **Aprendizaje interdisciplinario:** Los proyectos a menudo implican la integración de varias disciplinas, lo cual es esencial en carreras como la ingeniería y la arquitectura.

2.4.2. Aprendizaje activo

El aprendizaje activo se refiere a un enfoque pedagógico en el que los estudiantes participan activamente en su proceso de aprendizaje, en lugar de ser simples receptores pasivos de información. En este enfoque, se fomenta la reflexión, la interacción, y la aplicación práctica del conocimiento, permitiendo a los estudiantes interactuar con el contenido de manera más dinámica. De acuerdo con Gutiérrez (2023), los componentes clave del aprendizaje activo en carreras de construcción son:

- **Reflexión sobre el aprendizaje:** El estudiante debe reflexionar sobre lo que está aprendiendo, evaluando su propio proceso y tomando decisiones sobre cómo mejorar. Este tipo de reflexión permite a los estudiantes construir conexiones más profundas entre el conocimiento teórico y su aplicación práctica.
- **Retroalimentación inmediata:** El aprendizaje activo generalmente permite a los estudiantes recibir retroalimentación rápida, ya sea de sus profesores, compañeros o de las propias herramientas tecnológicas (como simuladores o software de diseño). Esta retroalimentación les ayuda a ajustar su enfoque y aprender de sus errores.
- **Preparación para el entorno profesional:** En el mundo real, los ingenieros y arquitectos no solo aplican conocimientos, sino que deben ser capaces de resolver problemas, adaptar soluciones y trabajar en equipo, aspectos que se refuerzan mediante el aprendizaje activo.

3. METODOLOGÍA

3.1. Objetivos

3.1.1. Objetivo general

Realizar una revisión sistemática de la literatura académica sobre la integración de tecnologías digitales en la enseñanza universitaria de ingeniería civil y arquitectura, con el fin de identificar y analizar las herramientas digitales más utilizadas, las metodologías de enseñanza que las implementan y su impacto en el proceso de aprendizaje de competencias profesionales de los estudiantes.

3.1.2. Objetivos específicos

- **Identificar las tecnologías digitales más utilizadas en la enseñanza de ingeniería civil y arquitectura**, tales como software de simulación, Building Information Modeling (BIM), realidad virtual/aumentada, y su aplicación en diferentes áreas de conocimiento (diseño estructural, hidráulica, geotecnia, etc.).
- **Analizar las metodologías pedagógicas que integran herramientas digitales en la enseñanza de ingeniería civil y arquitectura**, evaluando el enfoque teórico y práctico de dichas metodologías y cómo influyen en el desarrollo de competencias técnicas y transversales en los estudiantes.
- **Evaluar el impacto del uso de tecnologías digitales en el rendimiento académico y en la adquisición de competencias profesionales de los estudiantes de ingeniería civil y arquitectura**, con base en estudios empíricos que midan los efectos del uso de estas herramientas en el aprendizaje y la formación profesional.

3.2. Estrategia de búsqueda

3.2.1. Definición de las bases de datos

Para el desarrollo de esta revisión sistemática se han consultado principalmente las siguientes bases de datos:

ERIC: De acuerdo con Menéndez et al. (2010), “se describe a ERIC como una biblioteca digital para la información y la investigación educativa, patrocinada por el Instituto de Ciencias de la Educación (Institute of Education Sciences, IES) del Departamento de Educación de Estados Unidos” (p. 144).

Esta base de datos cuyo nombre completo es Education Resources Information Center, pero que es más conocida por sus siglas en inglés, actualmente cuenta con más de 1.3 millones de publicaciones sobre educación, las cuales han sido revisadas por expertos siguiendo estrictos criterios de calidad. A veces, si una revista no está especializada en educación, solo se indexan aquellos artículos que pueden ser relevantes para el repositorio de ERIC según su temática. Los documentos se pueden consultar mediante enlaces directos a la revista o accediendo al archivo en formato pdf desde la base de datos. Además, la colección se complementa con una sección de fuentes no periódicas que incluye libros y "literatura gris"; es decir, trabajos menos convencionales pero igualmente valiosos (Menéndez et al., 2010).

Las fuentes de estos documentos son variadas e incluyen organizaciones académicas y políticas, centros de investigación, editoriales universitarias, y agencias del Departamento de Educación de los Estados Unidos, además de otras instituciones federales, estatales y locales. Esta sección también recoge contribuciones individuales, como ponencias en congresos, tesis y otros documentos de investigación, la mayoría de los cuales están disponibles en PDF para acceso directo (Menéndez et al., 2010).

ScienceDirect: Una de las más importantes fuentes internacionales y multidisciplinarias de difusión y visibilidad de publicaciones es la plataforma denominada ScienceDirect de la editorial Elsevier, que ofrece acceso a una vasta colección de literatura científica y académica. Esta base de datos cubre áreas del conocimiento como ciencias físicas, ingeniería, ciencias de la vida, ciencias sociales, y humanidades. ScienceDirect proporciona artículos de revistas académicas, capítulos de libros, y obras de referencia en formato digital. Actualmente cuenta con más de 2.650 revistas científicas indexadas de la más alta calidad, 18 millones de artículos y capítulos de libros, de los cuales alrededor de 1.4 millones son de acceso abierto; es decir, se encuentran disponibles para su libre descarga en formato pdf (Santos-Assán et al., 2021).

3.2.2. Operadores booleanos y ecuación de búsqueda

Tabla 1

Operadores booleanos utilizados en la revisión sistemática

Booleano	Explicación
“,”	Este descriptor fue utilizado con el fin de que los resultados arrojados fueran lo más específicos posible al incluir todos los términos de interés descritos en las ecuaciones de búsqueda, para de esa manera descartar mucha información irrelevante al tema.
and	Este descriptor se utilizó como un complemento a las comillas; es decir, para asegurar que la búsqueda se centrara en los métodos de enseñanza de los estudiantes de ingeniería civil, arquitectura y carreras afines a la construcción; más no de otras ingenierías, puesto que el tema se hubiera desviado del foco de interés.
or	Este descriptor se empleó debido a que el mundo de las herramientas digitales es muy amplio; por lo tanto, se buscó centrar la búsqueda en aquellas que pertenecieran a la categoría del modelado BIM o similares, puesto que, está muy en auge en la industria de la construcción.

Fuente: elaboración propia

Tabla 2

Ecuación de búsqueda utilizada en cada base de datos

Base de datos	Ecuación de búsqueda
ERIC	“herramientas digitales” or “BIM” or “simulación” or “modelado” and “estudiantes universitarios” and “construcción” or “ingeniería civil” or “arquitectura” and “métodos de enseñanza”
ScienceDirect	“digital tools” or “BIM” or “simulation” or “modeling” and “university students” and “construction” or “civil engineering” or “architecture” and “teaching methods”

Fuente: elaboración propia

3.3. Criterios de inclusión y exclusión de los documentos

Tabla 3

Criterios de inclusión y exclusión de los documentos en la revisión sistemática

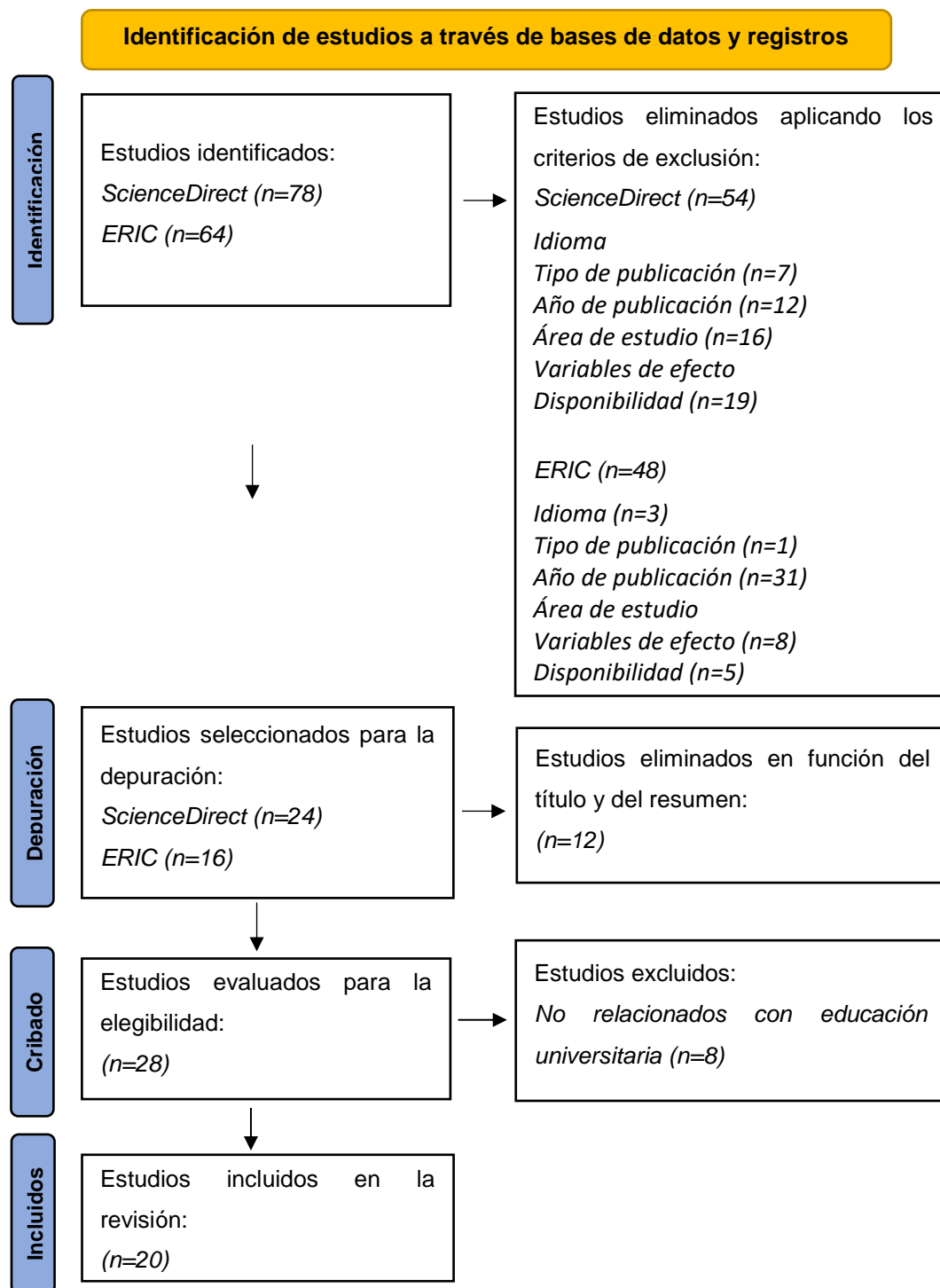
Criterios	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Idioma	Español e inglés	Cualquier otro idioma
Tipo de publicación	Artículos de revistas revisados por pares, artículos de libros, documentos propios de la base de datos, estudios de caso, revisiones sistemáticas.	Tesis, resúmenes de congresos, artículos de opinión, casos únicos.
Año de publicación	Todos los artículos publicados desde 2019 a 2024.	Todos los artículos con más de 5 años de antigüedad.
Área de estudio	Ingeniería civil, arquitectura, construcción, educación universitaria, modelado de edificios, herramientas de simulación.	Todas las demás ciencias que no estén relacionadas a las mencionadas.
Variables de efecto	Estudios que analizaron cómo el uso de herramientas digitales (como BIM, software de modelado y simulación) en la educación universitaria de carreras de construcción impactaron en el desarrollo profesional de los estudiantes. Se consideraron también los estudios sobre fomento de la inserción laboral del estudiantado universitario mediante la enseñanza de estas herramientas digitales.	Se excluyeron los estudios que trataban sobre la enseñanza tradicional de carreras relacionadas a la construcción. Se excluyeron además los estudios que a pesar de estar relacionados con herramientas digitales y la industria de la construcción, no estaban orientados hacia el campo de la educación.
Disponibilidad	Todos los artículos de acceso abierto y disponibles para su descarga en formato digital.	Aquellos artículos de acceso restringido.

Fuente: elaboración propia

3.4. Diagrama de flujo

Figura 3

Diagrama de flujo del proceso de búsqueda y selección de los documentos finales



Fuente. elaboración propia adaptado de Page et al. (2021)

4. RESULTADOS

4.1. Presentación de los resultados obtenidos

4.1.1. Resultados relativos al Objetivo Específico 1

Tabla 4

Tecnologías digitales más utilizadas en la enseñanza de ingeniería civil y arquitectura

Artículo	Autores	Año de publicación	Principales hallazgos
Establishing the Architectural Talents Cultivating System of Practice and Innovation Ability Under the Background of New Engineering	Chengdong, Y. y Shuang, L.	2019	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling • Simulaciones digitales
Analysing construction student experiences of mobile mixed reality enhanced learning in virtual and augmented reality environments	Vasilevski, N. y Birt, J.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling • Realidad Virtual (VR): Samsung Gear VR y dispositivos HTC VIVE • Realidad aumentada (AR): Unity3D, Mobile Mixed Reality (tecnologías de realidad mixta móvil) • Autodesk Revit
Evolving Product Development Skills Through Group Based Activity Instructions in Engineering Exploration Course	Pawar, R.; Metri, R.; Sawant, S. y Kulkarni, S.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • MechAnalyzer • MIT App Inventor • Firebase
University–industry collaboration for BIM education: Lessons learned from a case study	Chen, K.; Lu, W. y Wang, J.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling
Virtual reality research and development in NTU	Huang, L., Mohd, F., Aung, R., Goh, Z., y Xu, M.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling • Realidad Virtual (VR): CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)

			<ul style="list-style-type: none"> • Realidad Aumentada (AR) • ACRES • LiDAR • Virtual Singapore
Collaborative multidisciplinary learning: Quantity surveying students' perspectives	Ekundayo, D., Shelbourn, M., y Olusola, S.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling • CAD 2D y 3D
Digital Planning Using Building Information Modelling and Virtual Reality: New Approach for Students' Remote Practical Training under Lockdown Conditions in The Course of Smart Building Engineering	Schulze-Buxloh, L., Grob, R., y Ulbrich, M.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling • Autodesk Revit
Introducing BIM in Curricular Programs of Civil Engineering	Zita, A.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling • Autodesk Revit • ArchiCAD • Navisworks
Metodología de formación educativa basada en entornos virtuales de aprendizaje para estudiantes de Ingeniería Civil	Donoso-León, C., Espinoza-Tinoco, L., Gallardo-Donoso, L., y Morales-Alarcón, F.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Autodesk Revit • BIM 360 • Pet Interactive Simulation • WALTER FENDT • Formulia • Formulia Civil
Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la industria 4.0 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)	Muñoz-La Rivera, F., Hermosilla, P., Delgadillo, J., y Echeverría, D.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas ciberfísicos • Internet de las Cosas (IoT) • Realidad Virtual (VR) y Realidad Aumentada (AR) • Softwares de simulación energética • Computational Fluid Dynamics (Software de simulación de flujo y dinámica de fluidos)
Strategies for Improving Quantity Surveyors' Education Training in Uganda	Kibwami, N., Wesonga, R., Manga, M., y Mukasa, T.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling • CAD
Desarrollo del pensamiento crítico: Metodología para fomentar el aprendizaje en ingeniería	Cárdenas-Oliveros, J. A., Rodríguez-Borges, C. G., Pérez-Rodríguez, J.	2022	<ul style="list-style-type: none"> • CAD • Simuladores y emuladores virtuales

A., y Valencia-Zambrano, X. H.			
Teaching generative construction scheduling: Proposed curriculum design and analysis of student learning for the Tri-Constraint Method	Hall, D., Custovic, I., Sriram, R., y Chen, Q.	2022	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling • Software ALICE • Simuladores de eventos
Aprendizaje Desarrollador de Competencias en Ingeniería Civil: Abordando la Complejidad y la Transversalidad	Gutiérrez-Gómez, P.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling • Realidad Virtual (VR) y Realidad Aumentada (AR) • Internet de las Cosas (IoT) • Autodesk Revit • Etabs • SAP2000 • Navisworks • ANSYS • CSI Bridge • Tekla Structures
A Review of the Digital Skills Needed in the Construction Industry: Towards a Taxonomy of Skills	Siddiqui, F., Thaheem, M., y Abdekhodae, A.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling • Realidad Mixta (MR) • Realidad Virtual (VR) • Realidad Aumentada (AR) • Digital Twins (Gemelos Digitales) • Internet de las Cosas (IoT) • Sistemas de Información Geográfica (GIS) • Navisworks • AutoCAD • Autodesk Revit
Bim and IFC: Awareness and Self-assessed knowledge from the perspective of Cambodian university students	Corrado, R., Soy, M., y Heang, V.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling • Autodesk Revit • ArchiCAD • SketchUp • AutoCAD • Internet de las Cosas (IoT)
Extended reality for enhancing spatial ability in	Darwish, M., Kamel, S., y Assem, A.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • Realidad Extendida (XR)

architecture design education			<ul style="list-style-type: none"> • Realidad Virtual (VR): Oculus Quest 2 • Realidad Aumentada (AR): Augment • Gravity Sketch
Towards greater integration of building information modeling in the architectural design curriculum: A longitudinal case study	Laovisutthichai, V., Srihiran, K., y Lu, W.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling
Experiencing Education 5.0 for Civil Engineering	Calvetti, D., Mêda, P., De Sousa, H., Miguel, C., Amorim, J., y Jorge, M.	2024	<ul style="list-style-type: none"> • BIM: Building Information Modeling • Digital Twins (Gemelos Digitales) • LiDAR y escaneo 3D • Internet de las Cosas (IoT)
The contribution of digital tools to architectural design studio: A case study	Ceylan, S., Sahin, P., Secmen, S., Somer, M., y Süher, H.	2024	<ul style="list-style-type: none"> • AutoCAD • Autodesk Revit • SketchUp • Lumion • Rhinoceros • 3ds Max • Realidad Virtual (VR) • Realidad Aumentada (AR)

Nota: La Tabla 4 destaca avances clave en la integración de tecnologías emergentes en la enseñanza universitaria de ingeniería civil y arquitectura; entre las cuales se destacan BIM (Building Information Modeling), realidad virtual (VR), realidad aumentada (AR), simulaciones digitales y diversos softwares aunque en menor proporción (Autodesk, Revit, Navisworks, AutoCAD, etc.). Fuente: elaboración propia

4.1.2. Resultados relativos al Objetivo Específico 2

Tabla 5

Metodologías pedagógicas que integran herramientas digitales en la enseñanza de disciplinas de la construcción

Artículo	Autores	Año de publicación	Principales hallazgos
Establishing the Architectural Talents Cultivating System of Practice and Innovation Ability Under the Background of New Engineering	Chengdong, Y. y Shuang, L.	2019	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar, Operar) • Plataformas de práctica multidimensional • Aprendizaje basado en proyectos colaborativos
Analysing construction student experiences of mobile mixed reality enhanced learning in virtual and augmented reality environments	Vasilevski, N. y Birt, J.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje inmersivo con tecnologías de realidad mixta • Enfoque “aprender haciendo” • Gamificación
Evolving Product Development Skills Through Group Based Activity Instructions in Engineering Exploration Course	Pawar, R.; Metri, R.; Sawant, S. y Kulkarni, S.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje basado en actividades • Aprendizaje basado en proyectos • Aprendizaje basado en problemas • Aprendizaje colaborativo
University–industry collaboration for BIM education: Lessons learned from a case study	Chen, K.; Lu, W. y Wang, J.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje basado en colaboración universidad-industria • Aprendizaje gamificado • Pedagogía constructivista
Virtual reality research and development in NTU	Huang, L., Mohd, F., Aung, R., Goh, Z., y Xu, M.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Aulas invertidas con realidad virtual (VR) • Aprendizaje inmersivo e interactivo • Aprendizaje interdisciplinario y colaborativo • Aprendizaje basado en resolución de problemas (ABP)

Collaborative multidisciplinary learning: Quantity surveying students' perspectives	Ekundayo, D., Shelbourn, M., y Olusola, S.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Constructivismo • Evaluación basada en competencias • Progresión curricular escalonada
Digital Planning Using Building Information Modelling and Virtual Reality: New Approach for Students' Remote Practical Training under Lockdown Conditions in The Course of Smart Building Engineering	Schulze-Buxloh, L., Grob, R., y Ulbrich, M.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Simulación de situaciones profesionales • Evaluación continua y retroalimentación
Introducing BIM in Curricular Programs of Civil Engineering	Zita, A.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo colaborativo • Formación práctica
Metodología de formación educativa basada en entornos virtuales de aprendizaje para estudiantes de Ingeniería Civil	Donoso-León, C., Espinoza-Tinoco, L., Gallardo-Donoso, L., y Morales-Alarcón, F.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología PACIE (Presencia, Alcance, Capacitación, Interacción, E-learning) • Aprendizaje basado en problemas (ABP) • Aula invertida (Flipped Classroom) • Método ADDIE
Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la industria 4.0 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)	Muñoz-La Rivera, F., Hermosilla, P., Delgadillo, J., y Echeverría, D.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Educación basada en competencias • Aprendizaje experiencial y experimental • Proyectos colaborativos con impacto sostenible
Strategies for Improving Quantity Surveyors' Education Training in Uganda	Kibwami, N., Wesonga, R., Manga, M., y Mukasa, T.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de habilidades blandas • Diversificación de las competencias • Enfoque práctico sobre la teoría
Desarrollo del pensamiento crítico: Metodología para fomentar el aprendizaje en ingeniería	Cárdenas-Oliveros, J. A., Rodríguez-Borges, C. G., Pérez-Rodríguez, J. A., y Valencia-Zambrano, X. H.	2022	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje mixto (blended learning) • Aprendizaje basado en problemas (ABP) • Aprendizaje basado en proyectos (PBL) • Aprendizaje cooperativo
Teaching generative construction scheduling: Proposed curriculum	Hall, D., Custovic, I., Sriram, R., y Chen, Q.	2022	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje basado en problemas (ABP)

design and analysis of student learning for the Tri-Constraint Method			<ul style="list-style-type: none"> • Aula invertida • Aprendizaje activo • Evaluación formativa y retrospectiva
Aprendizaje Desarrollador de Competencias en Ingeniería Civil: Abordando la Complejidad y la Transversalidad	Gutiérrez-Gómez, P.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • ABP • Aprendizaje basado en proyectos (PBL) • Metodología constructivista • Enfoque metacognitivo
A Review of the Digital Skills Needed in the Construction Industry: Towards a Taxonomy of Skills	Siddiqui, F., Thaheem, M., y Abdekhodae, A.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje basado en proyectos (PBL) y simulaciones (AR y VR) • Enfoque interdisciplinario y colaborativo
Bim and IFC: Awareness and Self-assessed knowledge from the perspective of Cambodian university students	Corrado, R., Soy, M., y Heang, V.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • Integración progresiva de BIM en el currículum • Aprendizaje basado en proyectos (PBL)
Extended reality for enhancing spatial ability in architecture design education	Darwish, M., Kamel, S., y Assem, A.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje experiencial • Teoría de carga cognitiva (CLT) • Enfoque en el diseño iterativo
Towards greater integration of building information modeling in the architectural design curriculum: A longitudinal case study	Laovisutthichai, V., Srihiran, K., y Lu, W.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje basado en proyectos (PBL) • Integración interdisciplinaria • Gamificación
Experiencing Education 5.0 for Civil Engineering	Calvetti, D., Mêda, P., De Sousa, H., Miguel, C., Amorim, J., y Jorge, M.	2024	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje basado en proyectos (PBL) • Educación basada en laboratorios (LBE) • Gamificación
The contribution of digital tools to architectural design studio: A case study	Ceylan, S., Sahin, P., Secmen, S., Somer, M., y Süher, H.	2024	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje basado en proyectos (PBL) • Aprendizaje activo y por experiencia • Métodos híbridos de enseñanza

Nota: La Tabla 5 refleja la integración de estrategias educativas modernas en entornos académicos universitarios, destacando la interdisciplinariedad y el uso de herramientas digitales. Fuente: elaboración propia

4.1.3. Resultados relativos al Objetivo Específico 3

Tabla 6

Impacto del uso de tecnologías digitales en el rendimiento académico y en la adquisición de competencias profesionales de los estudiantes

Artículo	Autores	Año de publicación	Principales hallazgos
Establishing the Architectural Talents Cultivating System of Practice and Innovation Ability Under the Background of New Engineering	Chengdong, Y. y Shuang, L.	2019	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de habilidades prácticas • Fomento de la innovación y el emprendimiento • Preparación para el mercado laboral
Analysing construction student experiences of mobile mixed reality enhanced learning in virtual and augmented reality environments	Vasilevski, N. y Birt, J.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento en la motivación y el compromiso • Familiarización con tecnologías emergentes • Simulación realista de proyectos • Interacción sensorial
Evolving Product Development Skills Through Group Based Activity Instructions in Engineering Exploration Course	Pawar, R.; Metri, R.; Sawant, S. y Kulkarni, S.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de prototipar y analizar datos • Fomento de habilidades blandas • Evaluación y mejora continua
University–industry collaboration for BIM education: Lessons learned from a case study	Chen, K.; Lu, W. y Wang, J.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de competencias teóricas y prácticas • Mayor alineación con las necesidades de la industria
Virtual reality research and development in NTU	Huang, L., Mohd, F., Aung, R., Goh, Z., y Xu, M.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de habilidades técnicas y espaciales • Impacto y educación especial y neurociencias • Competencias para industria 4.0 • Conservación del patrimonio y proyectos multidisciplinarios

Collaborative multidisciplinary learning: Quantity surveying students' perspectives	Ekundayo, D., Shelbourn, M., y Olusola, S.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento de la colaboración interdisciplinaria • Habilidades de liderazgo y colaboración • Incremento de la empleabilidad
Digital Planning Using Building Information Modelling and Virtual Reality: New Approach for Students' Remote Practical Training under Lockdown Conditions in The Course of Smart Building Engineering	Schulze-Buxloh, L., Grob, R., y Ulbrich, M.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Resolución de problemas en contextos reales • Aplicación de realidad virtual para visualización de resultados • Impacto positivo en la motivación y el aprendizaje
Introducing BIM in Curricular Programs of Civil Engineering	Zita, A.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de competencias clave • Alineación con las demandas del Mercado • Flexibilidad en la formación académica • Formación en gestión de proyectos
Metodología de formación educativa basada en entornos virtuales de aprendizaje para estudiantes de Ingeniería Civil	Donoso-León, C., Espinoza-Tinoco, L., Gallardo-Donoso, L., y Morales-Alarcón, F.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de habilidades técnicas y prácticas • Adaptación a las necesidades del mercado laboral
Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la industria 4.0 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)	Muñoz-La Rivera, F., Hermosilla, P., Delgadillo, J., y Echeverría, D.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Digitalización y automatización • Innovación y creatividad • Adaptación a los retos de la industria 4.0
Strategies for Improving Quantity Surveyors' Education Training in Uganda	Kibwami, N., Wesonga, R., Manga, M., y Mukasa, T.	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación para las demandas de la industria • Desarrollo de competencias interdisciplinarias • Eficiencia y sostenibilidad en el diseño

Desarrollo del pensamiento crítico: Metodología para fomentar el aprendizaje en ingeniería	Cárdenas-Oliveros, J. A., Rodríguez-Borges, C. G., Pérez-Rodríguez, J. A., y Valencia-Zambrano, X. H.	2022	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo del pensamiento crítico • Competencias transversales y específicas • Reducción de brechas en el aprendizaje
Teaching generative construction scheduling: Proposed curriculum design and analysis of student learning for the Tri-Constraint Method	Hall, D., Custovic, I., Sriram, R., y Chen, Q.	2022	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje teórico y práctico equilibrado • Competencias en automatización y BIM • Autoevaluación positiva
Aprendizaje Desarrollador de Competencias en Ingeniería Civil: Abordando la Complejidad y la Transversalidad	Gutiérrez-Gómez, P.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora en la resolución de problemas Complejos • Desarrollo de competencias prácticas • Facilitación del aprendizaje autónomo
A Review of the Digital Skills Needed in the Construction Industry: Towards a Taxonomy of Skills	Siddiqui, F., Thaheem, M., y Abdekhodae, A.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoras en la eficiencia y sostenibilidad • Desarrollo de competencias específicas • Preparación para la industria 4.0 y 5.0
Bim and IFC: Awareness and Self-assessed knowledge from the perspective of Cambodian university students	Corrado, R., Soy, M., y Heang, V.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento de simulaciones de sostenibilidad • Desarrollo de competencias en interoperabilidad
Extended reality for enhancing spatial ability in architecture design education	Darwish, M., Kamel, S., y Assem, A.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento en la habilidad espacial • Reducción de la carga cognitiva • Compresión profunda del diseño • Aumento de la motivación y la participación
Towards greater integration of building information modeling in the architectural design	Laovisutthichai, V., Srihiran, K., y Lu, W.	2023	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor entendimiento de sistemas Complejos

curriculum: A longitudinal case study			<ul style="list-style-type: none"> • Preparación para el entorno profesional
Experiencing Education 5.0 for Civil Engineering	Calvetti, D., Mêda, P., De Sousa, H., Miguel, C., Amorim, J., y Jorge, M.	2024	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de habilidades técnicas avanzadas • Integración interdisciplinaria • Fomento de la sostenibilidad y la innovación • Preparación para entornos industriales digitales
The contribution of digital tools to architectural design studio: A case study	Ceylan, S., Sahin, P., Secmen, S., Somer, M., y Süher, H.	2024	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades avanzadas de diseño • Competencias en análisis y gestión de proyectos • Competencias para la sostenibilidad • Capacidad para innovar en el diseño

Nota: La Tabla 6 resalta la relación entre la educación y las demandas del mercado laboral, integrando tecnologías digitales y metodologías activas para fomentar habilidades prácticas y colaborativas. Fuente: elaboración propia

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES DEL TRABAJO.

5.1 Discusión sobre el proyecto

5.1.1 Discusión sobre los resultados relativos al Objetivo Específico 1

De acuerdo con Chen et al. (2020), Schulze-Buxloh et al. (2021) y Laovisutthichai et al. (2023), la enseñanza de plataformas de colaboración como BIM y CAD en programas universitarios no solo responde a una necesidad técnica, sino también a una transformación cultural en la forma en que se diseña, planifica y construye. Estas herramientas empoderan a los estudiantes al brindarles habilidades prácticas y visión integral de proyectos, preparándolos para ser actores clave en la evolución de la industria de la construcción. La posición destacada de estos softwares en la literatura refleja su rol central en la formación de profesionales de la construcción. Esto indica que las universidades priorizan habilidades prácticas relacionadas con el diseño y la visualización, que son demandas críticas en la industria.

De igual manera Vasilevski y Birt (2020), Zita (2021) y Ceylan et al. (2024), afirman que; otro de los softwares más implementados en la enseñanza de carreras universitarias como ingeniería civil y diseño arquitectónico es Autodesk Revit. Su frecuencia subraya su relevancia para conectar teoría y práctica. Los estudiantes pueden experimentar escenarios realistas que fortalecen su comprensión de conceptos como la resistencia estructural y la planificación de procesos constructivos. Al permitir que los estudiantes experimenten con escenarios realistas, estas tecnologías no solo mejoran la comprensión conceptual, sino que también fomentan habilidades prácticas esenciales para su futuro profesional. Invertir en la accesibilidad, capacitación y contextualización de estas herramientas asegurará que los estudiantes estén completamente preparados para enfrentar los desafíos de la industria moderna.

Por otro lado, en la literatura consultada se hace mención a dos tecnologías en crecimiento que son: realidad virtual (VR) y aumentada (AR). Aunque en desarrollo, estas tecnologías están ganando popularidad debido a su capacidad para ofrecer experiencias inmersivas. Su adopción en la enseñanza de disciplinas como ingeniería civil y arquitectura es indicativa de una transición hacia métodos más innovadores de enseñanza que mejoran la comprensión espacial y la participación estudiantil. Con una integración estratégica, estas herramientas no solo enriquecerán la experiencia

educativa, sino que también impulsarán la innovación y la sostenibilidad en la industria de la construcción (Huang et al., 2020; Muñoz-La Rivera F. et al., 2021; Siddiqui et al., 2023).

Chengdong y Shuang (2019), Kibwami et al. (2021) y Corrado et al. (2023), afirman que en un sector como la construcción, que depende de equipos multidisciplinares, el uso de herramientas digitales un poco más tradicionales como AutoCAD 2D está perdiendo relevancia. Esto representa una oportunidad para integrar en mayor medida plataformas como BIM y Autodesk Revit, que reflejan prácticas y los desafíos de una industria en constante evolución. A pesar de su disminución en protagonismo, AutoCAD 2D sigue siendo valioso como herramienta introductoria para enseñar conceptos básicos de dibujo técnico y diseño. Su simplicidad y accesibilidad lo convierten en un buen punto de partida para los estudiantes que recién comienzan a explorar el diseño asistido por computadora.

Finalmente; la baja frecuencia con la que se mencionan otros softwares como Navisworks, LiDAR, SketchUP, ANSYS, CSI Bridge, Tekla Structures, entre otros, sugiere una adopción limitada en las aulas universitarias, posiblemente debido a restricciones en infraestructura, capacitación docente o percepción de su aplicabilidad. Sin embargo, estas tecnologías son clave en la transformación digital de la industria y deberían ser un área de enfoque estratégico (Pawar et al., 2020; Calvetti D. et al., 2024). Este análisis sugiere que, aunque las tecnologías tradicionales dominan, existe un potencial significativo para expandir y diversificar el uso de herramientas digitales en la educación de disciplinas relacionadas con la construcción, con lo cual se ha cumplido lo planteado en el Objetivo Específico 1.

5.1.2 Discusión sobre los resultados relativos al Objetivo Específico 2

De acuerdo con Chengdong y Shuang (2019); mediante el Modelo CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar, Operar), el cual está diseñado como una “progresión en tres niveles” donde los cursos evolucionan desde la enseñanza de los fundamentos hasta aplicaciones avanzadas y el uso de plataformas de práctica multidimensional, se impulsó el aprendizaje de los estudiantes mediante el desarrollo de proyectos completos que reflejan el ciclo de vida de un producto o proyecto arquitectónico. Estos cursos fomentaron la creación de proyectos desde la conceptualización hasta la implementación y operación, integrando tanto teoría como

práctica; lo cual fomenta en los estudiantes la creatividad, el pensamiento crítico y el aprendizaje autónomo.

Vasilevski y Birt (2020) y Darwish et al., (2023), afirman que; a través del enfoque “aprender haciendo” o “experiential learning”, el uso de tecnologías de realidad mixta y la gamificación, se simulaban escenarios reales de construcción, cómo el análisis de iluminación diurna y nocturna en diseños arquitectónicos. Además; se introdujeron elementos de gamificación en las actividades, como tours interactivos y desafíos para descubrir información oculta, lo que aumentó la motivación y el interés de los estudiantes. Esto incentivó la exploración individual y en grupo, permitiendo a los estudiantes adquirir competencias técnicas y desarrollar habilidades de análisis crítico. Finalmente; Darwish et al., (2023) mencionaron que, la Teoría de la Carga Cognitiva (CLT) es muy eficaz para reestructurar los contenidos que se enseñan a los estudiantes y así minimizar la carga cognitiva innecesaria y con ello facilitar el aprendizaje efectivo.

En diversos artículos se exploraron cuatro importantes metodologías pedagógicas que se encuentran muy en auge como son: aprendizaje basado en actividades (Activity-Based Learning, ABL), aprendizaje basado en proyectos (Project-Based Learning, PBL), aprendizaje basado en problemas (Problem-Based Learning) y aprendizaje colaborativo. La combinación de dichas metodologías implica que los estudiantes trabajen de manera activa en actividades prácticas mediante la formación de equipos, lo cual fomenta el pensamiento crítico, la cooperación, la interdependencia positiva y la comunicación efectiva para poder resolver problemas complejos en un entorno colaborativo (Pawar et al., 2020; Cárdenas-Oliveros et al., 2022; Hall et al., 2022; Gutiérrez, 2023; Siddiqui et al., 2023; Corrado et al., 2023; Calvetti D. et al., 2024; Ceylan et al., 2024; Laovisutthichai et al., 2023; Huang et al., 2020).

De acuerdo con Chen et al. (2020), Ekundayo et al. (2021) y Gutiérrez-Gómez (2023); el aprendizaje basado en colaboración universidad-industria involucra que una empresa de la industria constructiva participe de manera activa en la planificación y ejecución del curso académico, con el fin de identificar competencias prácticas clave que deben poseer los estudiantes. Esto combinado con la gamificación y una pedagogía constructivista facilitó que los estudiantes asumieran roles como diseñadores, contratistas y gestores de proyectos, trabajando juntos para completar

una tarea basada en BIM. Gracias a lo cual, los estudiantes construyeron su conocimiento a través de experiencias directas y significativas.

Por su parte; Donoso-León et al. (2021) propusieron la metodología PACIE (Presencia, Alcance, Capacitación, Interacción, E-learning) que consiste en lo siguiente; Presencia: fomenta que los estudiantes se comprometan con el uso de plataformas virtuales. Alcance: establece objetivos y propósitos claros para el aprendizaje virtual. Capacitación: promueve el aprendizaje colaborativo y autónomo entre los estudiantes. Interacción: se enfoca en la comunicación continua entre estudiantes y docentes a través de herramientas digitales. E-learning: Utiliza plataformas tecnológicas como medio de aprendizaje interactivo. Esto combinado con el método ADDIE, un modelo de diseño instruccional para crear experiencias de aprendizaje estructuradas y efectivas adaptadas al entorno virtual.

Finalmente, Huang et al. (2020) y Hall et al. (2022) concuerdan en la importancia de la metodología conocida como aula invertida (Flipped Classroom); en la cual el estudiante asume un papel más activo en su aprendizaje, investigando los temas antes de las clases y usando el tiempo de clase para resolver dudas y profundizar en conceptos. La metodología de aula invertida permite a los estudiantes estudiar contenidos teóricos antes de las sesiones en clase mediante lecturas y videos asignados como tarea. Por lo tanto, las sesiones presenciales se enfocan en actividades prácticas y resolución de problemas y proyectos colaborativos. Con lo antes mencionado, se afirma que se ha cumplido con lo planteado en el Objetivo Específico 2.

5.1.3 Discusión sobre los resultados relativos al Objetivo Específico 3

De acuerdo con Chengdong y Shuang (2019), Chen et al. (2020), Pawar et al. (2020) y Donoso-León et al. (2021); gracias al uso de tecnologías digitales en las aulas de arquitectura e ingeniería civil, además de adquirir los conocimientos fundamentales sobre BIM y otros programas, los estudiantes desarrollan habilidades prácticas como la colaboración, la interoperabilidad de la información y gestión de proyectos. Si los estudiantes trabajan en proyectos reales que integran disciplinas como ingeniería, tecnología verde y diseño computacional, desarrollan competencias para resolver problemas prácticos. En ese sentido, las herramientas tecnológicas como simuladores, softwares de modelado y aplicaciones interactivas permitieron a los estudiantes adquirir competencias técnicas esenciales; como análisis estructural

y diseño de proyectos, incluso en modalidad virtual (durante la pandemia). Es así que, las competencias técnicas adquiridas incluyeron la capacidad de prototipar, analizar datos, y diseñar sistemas funcionales que combinan múltiples disciplinas.

Vasilevski y Birt (2020), Schulze-Buxloh et al. (2021) y Darwish et al. (2023) afirman también que; La combinación de BIM y VR no solo mejora las habilidades técnicas de los estudiantes, sino que también aumenta su motivación al permitirles trabajar en un proyecto significativo y tangible. La naturaleza inmersiva y gamificada de las actividades con AR y VR motivó a los estudiantes a involucrarse más profundamente en el aprendizaje, incentivando la exploración de nuevas tecnologías relevantes para la industria de la construcción. Esto debido a que, este tipo de tecnologías crean entornos inmersivos que reducen la carga cognitiva innecesaria, facilitando el aprendizaje y el manejo de tareas complejas ya que los datos presentados en 3D son más intuitivos que los planos tradicionales en 2D.

Otro punto igualmente importante es el mencionado por Huang et al. (2020), Zita (2021), Laovisutthichai et al. (2023), Siddiqui et al. (2023), quienes comentan que; los estudiantes que aprenden a utilizar BIM y CAD están mejor equipados para cumplir con los requisitos de un mercado laboral (industria 4.0 y 5.0) que demanda habilidades digitales avanzadas. Esto debido a que, la industria de la construcción cada vez exige más el uso de BIM, la integración de esta metodología en los programas educativos asegura que los estudiantes estén mejor preparados para cumplir con los estándares actuales y las necesidades del sector y ayuda a cerrar la brecha entre la teoría académica y la práctica industrial.

Por lo tanto; la incorporación de competencias en BIM y CAD en el currículo mejora significativamente la empleabilidad de los graduados, ya que estas herramientas son altamente valoradas en la industria de la construcción global.

Finalmente, Kibwami et al. (2021), Muñoz-La Rivera et al. (2021), Corrado et al. (2023), Calvetti et al. (2024) y Ceylan et al. (2024) aseguran que; las herramientas digitales permiten a los estudiantes integrar conocimientos multidisciplinarios y diseñar procesos sostenibles que respondan a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); como la eficiencia energética, cálculos de huella de carbono, la reducción de residuos y la optimización de recursos, competencias esenciales para la construcción moderna. Esto los capacita para proponer soluciones innovadoras y a desarrollar una mentalidad orientada hacia la sostenibilidad.

Sin embargo; aunque existen muchas ventajas y aspectos positivos del uso de tecnologías digitales en la enseñanza de carreras como ingeniería civil y arquitectura como ya se ha mencionado anteriormente, también existen importantes desafíos que deben ser mencionados, tales como: los métodos de enseñanza tradicionales no están alineados con la digitalización y las demandas de la industria de la construcción moderna. Es así que, las universidades enfrentan dificultades para encontrar instructores que posean tanto conocimientos teóricos sólidos como experiencia práctica en BIM. Esto limita su capacidad para enseñar a los estudiantes a integrar estas tecnologías en sus proyectos, lo que genera una brecha entre las habilidades necesarias en la industria y las que se adquieren en la academia (Gutiérrez-Gómez, 2023).

De igual manera, las universidades enfrentan desafíos relacionados con la infraestructura tecnológica insuficiente como la falta de acceso a software avanzado, equipos de alto rendimiento y plataformas colaborativas (lo cual puede ser costoso) que son esenciales para implementar BIM de manera efectiva, lo que genera desigualdades entre los estudiantes en función de sus recursos disponibles. No todas las universidades pueden costear plataformas de aprendizaje digital, lo que las lleva a optar por software libre con soporte técnico limitado o nulo, afectando la sostenibilidad y eficacia del modelo educativo. Adicionalmente; existe una diversidad cognitiva y de habilidades tecnológicas entre estudiantes, esto complica la implementación homogénea de tecnologías en la educación. Aunque estas herramientas ofrecen una experiencia inmersiva, dominar su uso requiere tiempo y práctica (Hall et al., 2022). Por lo tanto, se afirma que se ha cumplido con lo planteado en el Objetivo Específico 3.

6. CONCLUSIONES

Aunque los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un marco global ampliamente reconocido, no siempre se integran en los programas formativos de ingeniería, lo que dificulta que los estudiantes comprendan cómo sus decisiones técnicas pueden contribuir a metas globales como la sostenibilidad o la reducción de desigualdades. Es así que, la enseñanza de tecnologías digitales suele priorizar aspectos técnicos, dejando de lado principios éticos, sostenibles y centrados en el bienestar humano.

Por otro lado; a pesar de su utilidad, estas herramientas digitales a veces fomentan una dependencia excesiva, limitando el desarrollo de habilidades tradicionales como el dibujo a mano y la creación de maquetas físicas, que siguen siendo esenciales en áreas como la arquitectura. La colaboración entre universidades e industria es clave para alinear el aprendizaje con las demandas del mercado laboral, asegurando que los egresados estén mejor preparados para los desafíos profesionales actuales. Sin embargo, los estudiantes de arquitectura e ingeniería civil suelen formarse de manera aislada, dificultando su capacidad de trabajar en equipo en proyectos interdisciplinarios. Aunque reconocen la importancia de la colaboración, a menudo carecen de habilidades clave como confianza, respeto mutuo y comunicación abierta.

De igual manera, es fundamental diseñar currículos académicos que integren tecnologías como BIM de manera transversal, no solo como un curso aislado, sino como un eje central en múltiples asignaturas a lo largo de la carrera. Este enfoque permite que los estudiantes comprendan la aplicabilidad y el impacto de estas herramientas en diversos contextos profesionales. Finalmente, para garantizar una implementación efectiva, las universidades necesitan contar con un equipo docente altamente capacitado tanto en el manejo técnico de estas tecnologías como en metodologías pedagógicas innovadoras que promuevan el aprendizaje activo y la integración de conceptos éticos y sostenibles. Solo de esta manera se podrá asegurar una formación verdaderamente integral y alineada con las demandas complejas y cambiantes del sector profesional.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, E. (2022). Análisis del impacto de las TIC en la Educación Superior en Latinoamérica. *Edutech Review*, 9(1), 15-29. <https://doi.org/10.37467/gkarevedutech.v9.3277>
- Araya, M., & Martínez, P. (2023). El aprendizaje basado en problemas como estrategia de seguimiento de las competencias del perfil de egreso. Una experiencia en Ingeniería Civil en la Universidad de Valparaíso. *Educatio Siglo XXI*, 41(2), 11-38. <https://doi.org/10.6018/educatio.503551>
- Arriagada, J., & Valiente, M. (2019). Potencial de las tecnologías inmersivas en el análisis del ciclo de vida de las edificaciones = Potential of immersive technologies in the analysis of the life cycling of buildings. *Anales de Edificación*, 5(3), 92-99. <https://doi.org/10.20868/ade.2019.4375>
- Aucancela, J., Zapata, P., & Moreno, V. (2024). Contadores del siglo XXI: desarrollo de competencias profesionales para la industria 4.0. *Revista Conrado*, 20(99), 179-186.
- British Standards Institution. (2018). *ISO 19650-1:2018; Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works, Including Building*.
- Calvetti, D., Mêda, P., De Sousa, H., Chichorro, M., Amorim, J., & Moreira da Costa, J. (2024). Experiencing Education 5.0 for Civil Engineering. *Procedia Computer Science*, 232, 2416-2425. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.060>
- Cao, Y., Kamaruzzaman, S., & Aziz, N. (2022). Green Building Construction: A Systematic Review of BIM Utilization. *Buildings*, 12(5), 12. <https://doi.org/10.3390/buildings12081205>
- Cárdenas-Oliveros, J., Rodríguez-Borges, C., Pérez-Rodríguez, J., & Valencia-Zambrano, X. (2022). Desarrollo del pensamiento crítico: Metodología para fomentar el aprendizaje en ingeniería. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, XXVIII(4), 512-530.
- Ceylan, S., Sahin, P., Secmen, S., Somer, M., & Süher, H. (2024). The contribution of digital tools to architectural design studio: A case study. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(102795), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102795>

- Chen, K., Lu, W., & Wang, J. (2020). University–industry collaboration for BIM education: Lessons learned from a case study. *Industry and Higher Education*, 36(6), 401-409. <https://doi.org/10.1177/0950422220908799>
- Chengdong, Y., & Shuang, L. (2019). Establishing the Architectural Talents Cultivating System of Practice and Innovation Ability Under the Background of New Engineering. *International Education Studies*, 12(9), 70-75. <https://doi.org/10.5539/ies.v12n9p70>
- Corrado, R., Soy, M., & Heang, V. (2023). Bim and IFC: Awareness and Self-assessed knowledge from the perspective of Cambodian university students. *Ain Shams Engineering Journal*, 101851, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101851>
- Cubillos, S., & López, F. (2021). Enseñanza de construcción de estructuras para arquitectos mediante simulación 3D. *Arquitectura +*, 6(11), 71-83. <https://doi.org/10.5377/arquitectura.v6i11.11831>
- Darwish, M., Kamel, S., & Assem, A. (2023). Extended reality for enhancing spatial ability in architecture design education. *Ain Shams Engineering Journal*, 102104, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.102104>
- Donoso-León, C., Espinoza-Tinoco, L., Gallardo-Donoso, L., & Morales-Alarcón, F. (2021). Metodología de formación educativa basada en entornos virtuales de aprendizaje para estudiantes de Ingeniería Civil. *Revista científica dominio de las ciencias*, 7(2), 530-550.
- Ekundayo, D., Shelbourn, M., & Olusola, S. (2021). Collaborative multidisciplinary learning: Quantity surveying students' perspectives. *Industry and Higher Education*, 35(3), 211-222. <https://doi.org/10.1177/0950422220944127>
- García, J., García, B., Guevara, Y., Ortega, Y., Sakibaru, L., & Vargas, C. (2023). *Inteligencia artificial en la praxis docente: vínculo entre la tecnología y el proceso de aprendizaje*. Mar Caribe. <https://doi.org/10.17613/vqt1-cp64>
- Gutiérrez-Gómez, P. (2023). Aprendizaje Desarrollador de Competencias en Ingeniería Civil: Abordando la Complejidad y la Transversalidad. *Digital Publisher*, 8(4), 471-498. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.4.1906>
- Hall, D., Custovic, I., Sriram, R., & Chen, Q. (2022). Teaching generative construction scheduling: Proposed curriculum design and analysis of student learning for the Tri-Constraint Method. *Advanced Engineering Informatics*, 51(101455), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.aci.2021.101455>

- Haruna, A., Shafiq, N., & Montasir, O. A. (2021). Building information modelling application for developing sustainable building (Multi criteria decision making approach). *Ain Shams Engineering Journal*, 12, 293-302. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.06.006>
- Huang, L., Mohd, F., Aung, R., Goh, Z., & Xu, M. (2020). Virtual reality research and development in NTU. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 2(5), 394-408. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2020.06.002>
- Kibwami, N., Wesonga, R., Manga, M., & Mukasa, T. (2021). Strategies for Improving Quantity Surveyors' Education Training in Uganda. *International Education Studies*, 14(2), 33-43. <https://doi.org/10.5539/ies.v14n2p33>
- Laovisutthichai, V., Srihiran, K., & Lu, W. (2023). Towards greater integration of building information modeling in the architectural design curriculum: A longitudinal case study. *Industry and Higher Education*, 37(2), 265-278. <https://doi.org/10.1177/09504222221120165>
- Lozano-Ramírez, M. C. (2020). El aprendizaje basado en problemas en estudiantes universitarios. *Tendencias pedagógicas*, 37, 90-103. <https://doi.org/10.15366/tp2021.37.008>
- Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. (2017). Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. *Automation in Construction*, 83, 134-148. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.024>
- Menéndez, V., Gregori, E., & Antequera, G. (2010). Análisis bibliométrico sobre el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la educación superior a partir de la base de datos ERIC. *Observar*(4), 142-180.
- Morán, Á., & Idrovo, M. (2024). Pedagogía indagativa en los programas académicos de educación superior. *Revista de ciencias sociales*, 30(2), 320-331.
- Muñoz-La Rivera, F., Hermosilla, P., Delgadillo, J., & Echeverría, D. (2021). Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la industria 4.0 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). *Formación Universitaria*, 14(2), 75-84. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000200075>
- Odeyemi, S., Akinpelu, M., Abdulwahab, R., Ibitoye, B., & Amoo, A. (2020). Evaluation of Selected Software Packages for Structural Engineering Works. *ABUAD Journal of Engineering Research and Development (AJERD)*, 3(2), 133-141.

- Oliva, H. (2024). Gestión e implementación de la Inteligencia Artificial en el contexto de la Educación Superior. *Realidad y Reflexión*(59), 33-52. <https://doi.org/10.5377/ryr.v1i59.18717>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Padilla-Hernández, A., Gámiz-Sánchez, V., & Romero-López, M. A. (2020). Evolución de la competencia digital docente del profesorado universitario: incidentes críticos a partir de relatos de vida. *Educación*, 56(1), 109-127. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1088>
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., . . . Lalu, M. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10(89), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>
- Pawar, R., Metri, R., Sawant, S., & Kulkarni, S. (2020). Evolving Product Development Skills Through Group Based Activity Instructions in Engineering Exploration Course. *Procedia Computer Science*, 172, 314-323. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.051>
- Rajasimham, J. T. (2016). *La tecnología educativa*. Madrid España: Ediciones B.
- Santos-Assán, A., Díaz-Pompa, F., Cruz-Aguilera, N., Balseira-Sanamé, Z., & Serrano-Leyva, B. (2021). Economía digital: análisis de la producción científica encontrada en Sciencedirect entre 2008-2018. *Ingeniería Industrial*, XLII(2), 1-12.
- Schulze-Buxloh, L., Grob, R., & Ulbrich, M. (2021). Digital Planning Using Building Information Modelling and Virtual Reality: New Approach for Students' Remote Practical Training under Lockdown Conditions in The Course of Smart Building Engineering. *Proceedings of ICEMST 2021--International Conference on Education in Mathematics, Science and Technology*, 118-123.
- Siddiqui, F., Thaheem, M., & Abdekhodae, A. (2023). A Review of the Digital Skills Needed in the Construction Industry: Towards a Taxonomy of Skills. *Buildings*, 13(2711), 1-27. <https://doi.org/10.3390/buildings13112711>

- Suárez-Guerrero, C., & Orgaz-Agüera, F. (2019). Perfil digital y expectativas profesionales sobre tecnología en estudiantes universitarios. *Revista espacios*, 40(21), 29-41.
- Torres, P., & Cobo, J. (2017). Tecnología educativa y su papel en el logro de los fines de la educación. *Educere*, 21(68), 31-40.
- Vasilevski, N., & Birt, J. (2020). Analysing construction student experiences of mobile mixed reality enhanced learning in virtual and augmented reality environments. *Research in Learning Technology*, 28, 1-23.
<https://doi.org/10.25304/rlt.v28.2329>
- Velásquez, A., & Echeverri, H. (2023). Hacia la formación de ingenieros para la industria 5.0: desafíos y oportunidades. 2023: *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2023*. EIEI ACOFI.
<https://doi.org/10.26507/paper.2785>
- Zita, A. (2021). Introducing BIM in Curricular Programs of Civil Engineering. *International Journal of Higher Education*, 11(1), 31-42.
<https://doi.org/10.5430/ijhe.v11n1p31>