Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación / https://revistahorizontes.org
Volumen 10 / N° 42 / abril - junio 2026 / ISSN: 2616-7964 / pp. 1 – 17
https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v10i42.1250

Review Article

Impresión 3D: una nueva dimensión para el aprendizaje creativo en arquitectura

3D printing: a new dimension for creative learning in architecture Impressão 3D: uma nova dimensão para a aprendizagem criativa em arquitetura

Luis Armando Escudero Ruiz
arquitectolaer@gmail.com ✉
Universidad César Vallejo. Tarapoto, Perú

Claudia Orihuela Vidaurre
claudiaorihuela.94@gmail.com
Universidad César Vallejo. Tarapoto, Perú

Fresia Fernanda Espinoza Vásquez
fressy2604@gmail.com
Universidad César Vallejo. Tarapoto, Perú

Kattia Margarita Ramírez Diaz
arq.kattia.ramirez.d@gmail.com
Universidad César Vallejo. Tarapoto, Perú

Resumen

Contexto: La incorporación de tecnologías emergentes en la educación superior representa un desafío para fortalecer competencias innovadoras en arquitectura, especialmente en procesos vinculados con creatividad, diseño y aprendizaje experiencial. **Objetivo:** Analizar el impacto de la impresión 3D en el aprendizaje creativo dentro de la formación arquitectónica. **Metodología:** Se realizó una revisión sistemática con enfoque mixto, siguiendo el modelo PRISMA. Se consultaron bases de datos como Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SciELO y Google Scholar. Se incluyeron estudios originales publicados entre 2021 y 2025, en español e inglés, y se excluyeron documentos no arbitrados o aplicaciones sin fines educativos. **Resultados:** El análisis de 16 investigaciones evidencia que la impresión 3D favorece el aprendizaje experiencial, la comprensión espacial y el desarrollo de la creatividad en estudiantes de arquitectura. Sin embargo, predominan estudios cualitativos con muestras reducidas, lo que limita la generalización de los hallazgos. **Conclusiones:** La impresión 3D transforma los procesos formativos en arquitectura al integrar tecnología, diseño y creatividad. No obstante, persisten vacíos relacionados con la formación docente, la integración curricular y la necesidad de estudios longitudinales que permitan evaluar su impacto a largo plazo.

Palabras clave: Aprendizaje creativo; Fabricación digital; Educación arquitectónica; Impresión 3D; STEAM.

Abstract

Background: The integration of emerging technologies in higher education poses a significant challenge for strengthening innovative competencies in architecture, particularly in processes linked to creativity, design, and experiential learning. **Objective:** This study aims to analyze the impact of 3D printing on creative learning within architectural education. **Methodology:** A systematic review with a mixed-methods approach was conducted following the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) statement. The search encompassed databases such as Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SciELO, and Google Scholar. The inclusion criteria focused on original peer-reviewed studies published between 2021 and 2025 in both English and Spanish, while non-peer-reviewed documents and non-educational applications were excluded. **Results:** An analysis of 16 research articles demonstrates that 3D printing fosters experiential learning, spatial understanding, and the development of creativity among architecture students. However, the literature is dominated by qualitative studies with small sample sizes, which limits the generalizability of the findings. **Conclusions:**

3D printing transforms pedagogical processes in architecture by integrating technology, design, and creativity. Nevertheless, significant research gaps remain regarding faculty development, curricular integration, and the necessity for longitudinal studies to evaluate its long-term impact.

Key words: Creative learning; Digital fabrication; Architectural education; 3D printing; STEAM

Introducción

Desde hace varios años, el acelerado avance tecnológico global ha generado oportunidades y desafíos sin precedentes para la incorporación de tecnologías emergentes en el ámbito educativo (Zhang et al., 2025). La impresión tridimensional (3D), en particular, logra consolidarse como una metodología de fabricación aditiva que produce objetos capa por capa a partir de diseños asistidos por computadora. Desde su surgimiento en 1986, esta tecnología despierta un creciente interés académico e industrial, lo cual experimenta una expansión continua del mercado con 4400 millones de dólares en 2013 a 13 800 millones en 2021, con proyecciones que estiman alcanzar los 77 000 millones para 2030 (Rahmani et al., 2022).

Paralelamente, la creatividad se posiciona como una de las competencias fundamentales del siglo XXI, entendida como la capacidad de generar ideas originales y aplicarlas de manera práctica para desarrollar productos innovadores que respondan a problemas reales (Weng et al., 2022; Ozkan y Umdu, 2021). En este contexto, la educación orientada a la innovación busca que los estudiantes enfrenten desafíos auténticos mediante procesos creativos y conviertan sus ideas en resultados concretos a través del uso de tecnologías digitales. Este enfoque permite visualizar conceptos, plasmar la originalidad y fortalecer el pensamiento creativo (Chen et al., 2025). La incorporación de la fabricación aditiva en entornos educativos posibilita, precisamente, implementar actividades que favorecen la asimilación de información, el progreso creativo y la capacidad para solucionar problemas complejos (Moyano et al., 2023).

No obstante, la integración de la tecnología digital en la educación no está exenta de desafíos. Tang et al. (2022) señalan que, si bien el uso de herramientas digitales contribuye a mejorar la creatividad, persiste una falta de consenso sobre las estrategias más efectivas para lograrlo. Chen et al. (2025) evidencian que enfoques como el pensamiento de diseño en la educación basada en la fabricación digital promueven el pensamiento creativo, pero advierten que se requiere mayor evidencia sobre cómo estos resultados se aplican a contextos universitarios específicos, particularmente en disciplinas proyectuales como la arquitectura. Huang y Hsu (2022) demuestran que el uso combinado de diseños paramétricos, impresión 3D y realidad virtual en la enseñanza de la arquitectura del paisaje mejora la creatividad de los estudiantes; sin embargo, identifican limitaciones relacionadas con las habilidades técnicas previas y la disponibilidad tecnológica institucional.

Esta problemática se agudiza al considerar que, mientras la producción tecnológica experimenta crecimientos exponenciales en diversos ámbitos, los métodos y recursos didácticos en la educación superior permanecen relativamente inalterados a lo largo de generaciones (Cabrera y Córdova, 2023). Aunque se observan avances en educación básica, como el estudio de Sultan et al. (2025), que muestra cómo la arquitectura apoyada con impresión 3D favorece la creatividad infantil, el trabajo en equipo y el pensamiento espacial, persisten limitaciones metodológicas como las exigencias

técnicas y los tiempos de producción, que restringen la participación homogénea y la extrapolación de hallazgos.

En el ámbito específico de la educación arquitectónica superior, Özeren (2023) señala que, aunque la impresión 3D gana protagonismo, todavía son insuficientes las investigaciones que aborden profunda y estructuradamente cómo esta tecnología impacta en el aprendizaje creativo de los estudiantes. Kroff y Bellemans (2026) coinciden en señalar la escasez de estudios que analicen la eficacia de los enfoques pedagógicos empleados para incorporar la fabricación digital en la formación de arquitectos, así como la necesidad de marcos teóricos que articulen la tecnología con el desarrollo de competencias disciplinares. Keune y Peppler (2019) complementan esta perspectiva al destacar que los materiales y tecnologías con los que los estudiantes interactúan no son simples instrumentos, sino que se constituyen en materiales para desarrollar con ellos, que moldean los procesos cognitivos y creativos.

Esta revisión sistemática se inscribe, precisamente, en la necesidad de comprender el estado actual de la investigación sobre impresión 3D en educación arquitectónica, con énfasis en su contribución al desarrollo del aprendizaje creativo. Estudios previos señalan la importancia de explorar el potencial de la fabricación digital como herramienta para el pensamiento creativo en contextos educativos (Cabrera y Córdova, 2023). El estudio se fundamenta en un enfoque teórico constructivista y de aprendizaje experiencial, que concibe el conocimiento como resultado de la interacción del estudiante con su entorno y con herramientas tecnológicas que median procesos cognitivos superiores. Bajo este marco, la impresión 3D no se considera un simple recurso técnico, sino un dispositivo pedagógico que transforma las dinámicas de enseñanza-aprendizaje en la formación arquitectónica.

Tras considerar lo antes expuesto, el objetivo general de esta investigación es analizar la evidencia científica sobre el impacto de la impresión 3D en el desarrollo del aprendizaje creativo en educación arquitectónica, para comprender su potencial pedagógico y orientar futuras implementaciones en el ámbito formativo. Este interés se fundamenta en estudios como el de Qurraie et al. (2024), quienes demuestran el valor de la impresión 3D para construir la imaginación y materializar conceptos de diseño, un proceso para fomentar la creatividad en el ámbito arquitectónico. Como objetivos específicos se plantean sintetizar los estudios que abordan la aplicación de la impresión 3D en contextos educativos de arquitectura, y Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEAM); identificar los beneficios y limitaciones de esta tecnología en el desarrollo del aprendizaje creativo; y determinar los vacíos y desafíos para su implementación efectiva.

La investigación se justifica desde tres dimensiones complementarias. Epistemológicamente, organiza el estado del arte y aporta a la reflexión sobre las evidencias disponibles, lo cual contribuye a una comprensión de cómo la impresión 3D influye en los procesos educativos en la era digital. Metodológicamente, plantea la necesidad de analizar los efectos de la impresión 3D mediante un enfoque mixto que combine herramientas cuantitativas y cualitativas e identifique cambios en el rendimiento, la motivación y las habilidades prácticas de los estudiantes, así como recoja sus percepciones y experiencias. Pedagógicamente, responde a la necesidad de transformar los métodos tradicionales de enseñanza hacia estrategias innovadoras, activas, significativas y centradas en el estudiante, en coherencia con las demandas

actuales y con el enfoque STEAM, como base para el aprendizaje interdisciplinario y creativo en arquitectura.

Metodología

El estudio se desarrolló mediante una revisión sistemática descriptivo-analítica, con un enfoque mixto integrado que combinó dimensiones cuantitativas y cualitativas. Se trató de una investigación documental y no experimental, orientada a la recopilación, análisis y síntesis estructurada de la evidencia científica disponible sobre la aplicación de la impresión 3D en el aprendizaje creativo dentro de la educación arquitectónica. La formulación de la pregunta de investigación se realizó por medio de la metodología PICO, adaptada al contexto educativo, lo que permitió estructurar adecuadamente la búsqueda y el análisis de la literatura.

La pregunta general que guió el proceso fue conocer cuál fue el impacto de la impresión 3D en el desarrollo del aprendizaje creativo en educación arquitectónica según la evidencia científica de estudios recientes. Adicionalmente, se formularon tres preguntas específicas orientadas a identificar los tipos de estudios existentes, los beneficios y limitaciones de la tecnología, así como los vacíos y desafíos para su implementación efectiva. Para garantizar la transparencia y rigurosidad del proceso, se aplicó la secuencia del modelo PRISMA, que establece directrices claras para la identificación, selección y síntesis de la literatura científica.

La búsqueda bibliográfica se ejecutó en bases de datos académicas y buscadores entre las que se encuentran Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SciELO y Google Scholar. Las fuentes se seleccionaron por su relevancia en la difusión de investigaciones en educación, tecnología y arquitectura, lo que garantizó la cobertura de la literatura pertinente para el objeto de estudio. Como facilitadores de la búsqueda, se emplearon combinaciones de operadores booleanos tanto en inglés como en español. La estrategia incluyó términos como ("3D printing" OR "additive manufacturing") AND ("architectural education" OR "architecture learning") AND ("creative learning" OR "design thinking" OR "innovation in education"). Para el idioma español, se utilizaron los equivalentes ("impresión 3D" AND "educación arquitectónica" AND "aprendizaje creativo"). Mediante esta estrategia se recuperó un conjunto inicial de publicaciones relevantes, las cuales fueron sometidas a un proceso de cribado y selección.

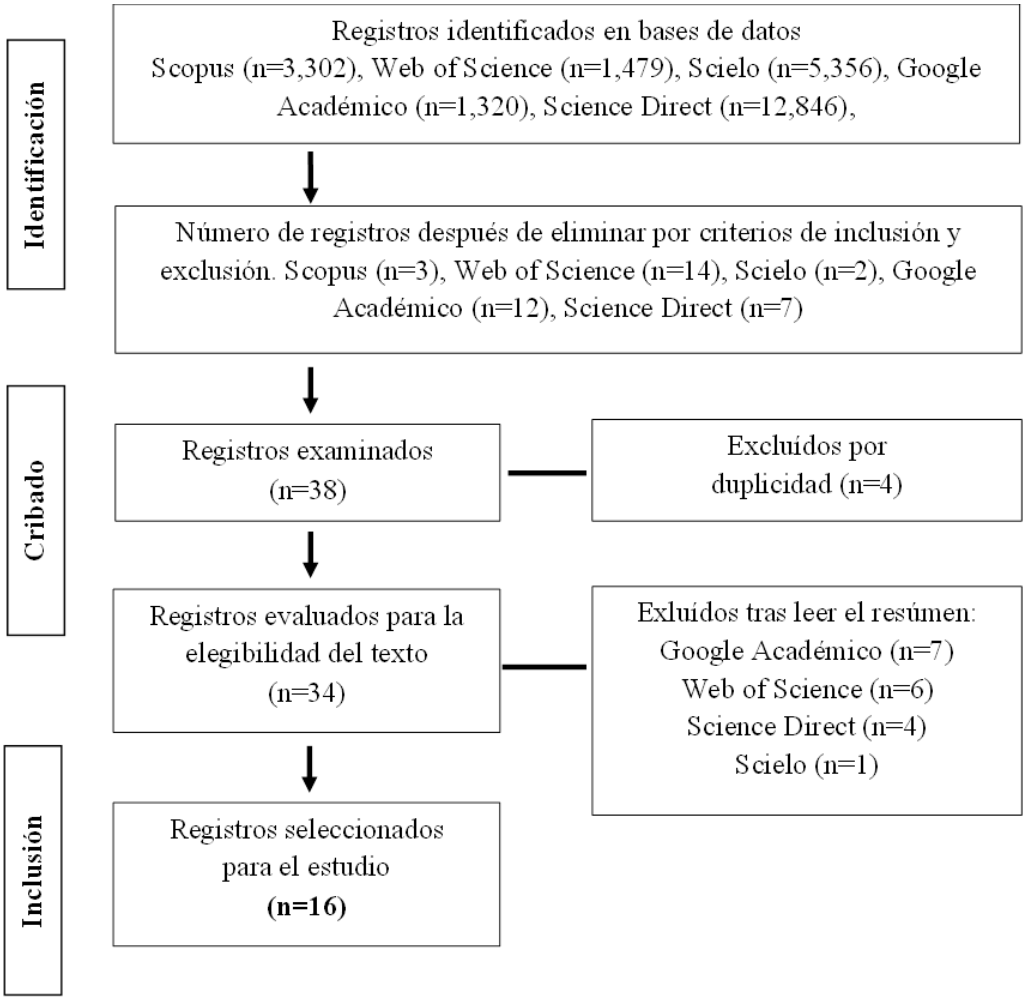
Para definir los estudios se establecieron criterios de inclusión y exclusión claramente definidos. Se incluyeron artículos enfocados en la aplicación de la impresión 3D en contextos educativos de arquitectura o STEAM, publicados entre 2021 y 2025, que correspondieran a investigaciones originales de carácter cualitativo, cuantitativo o mixto, redactados en español, inglés o portugués y con acceso completo al texto. Se excluyeron aquellos artículos centrados en otros aspectos de la impresión 3D fuera del contexto arquitectónico o STEAM, publicaciones anteriores a 2021, artículos de opinión, tesis, blogs y documentos sin acceso completo.

La búsqueda inicial, Figura 1, arrojó 24,303 registros tras aplicar el término "3D printing" en las bases de datos consultadas. Posteriormente, mediante la aplicación de filtros y operadores booleanos correspondientes a los criterios de inclusión y exclusión, se obtuvieron 38 artículos relevantes. Estos registros fueron gestionados mediante los

softwares Zotero y Rayyan AI para la eliminación de duplicados, proceso que permitió descartar cuatro (4) artículos. Se lograron así 34 estudios priorizados por tratarse de investigaciones de enfoque cualitativo, cuantitativo o mixto, que proporcionaban datos pertinentes para los objetivos planteados. En la tercera fase del proceso de selección, se procedió a la lectura de los textos restantes, lo que permitió depurar investigaciones de revisión y artículos alejados del propósito de estudio por no involucrar la impresión 3D con fines pedagógicos. Como resultado, se excluyeron 18 estudios adicionales, lo que permitió incluir finalmente un total de 16 investigaciones para el análisis pertinente.

La evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos se realizó mediante las listas de verificación CASP (Critical Appraisal Skills Programme), lo que garantizó la validez, consistencia y rigor de la evidencia sintetizada. Esta herramienta permitió analizar aspectos como la coherencia del diseño, la claridad de los objetivos, la caracterización de las muestras, la validez de los instrumentos y la solidez de las conclusiones. Cada estudio fue valorado con una puntuación de 0 a 10 según los criterios CASP organizados en validez, resultados y relevancia, clasificándose en calidad alta, media o limitada. Esta evaluación posibilitó ponderar la solidez de los hallazgos y asegurar la transparencia y credibilidad en la síntesis de resultados presentada en este artículo.

Figura 1. *Diagrama de flujo PRISMA.*



Resultados

Los resultados que se presentan a continuación se estructuran en función de los objetivos específicos planteados, con el fin de ofrecer una respuesta sistemática y fundamentada a la pregunta de investigación. El análisis integra los hallazgos provenientes de los estudios seleccionados, evaluados previamente mediante las listas CASP, lo que garantiza la validez y rigor de la evidencia sintetizada. La exposición combina estratégicamente con desarrollo narrativo, debido a que permite una comprensión global de las tendencias, beneficios, limitaciones, vacíos y desafíos identificados en la literatura científica reciente sobre impresión 3D en educación arquitectónica.

Tipos de estudios que abordan la aplicación de la impresión 3D en educación arquitectónica

La revisión sistemática identifica un total de 16 estudios publicados entre 2021 y 2025 que abordan la aplicación de la impresión 3D en contextos educativos vinculados a la arquitectura y al enfoque STEAM. Como se observa en la Tabla 1, existe un claro predominio de investigaciones cualitativas, que representan el 81.25% del total (13 estudios), frente a un 18.75% correspondiente a estudios cuantitativos (3 estudios). Esta distribución evidencia que el campo se encuentra en una fase predominantemente exploratoria, donde el interés se orienta a comprender experiencias, procesos y percepciones asociadas a la incorporación de la fabricación digital en entornos formativos, más que a la medición de impactos mediante diseños experimentales controlados.

Tabla 1. *Lista de artículos seleccionados para el estudio.*

Artículos con enfoque cualitativo		
1	Bedewy et al (2021)	STEAM practices to explore ancient architectures using augmented reality and 3D printing with GeoGebra.
2	Özeren et al. (2023)	Learning-by-doing using 3D printers: Digital fabrication in architecture education.
3	Kalfa et al. (2025)	Learning from failure: Hybrid fabrication of a gridshell canopy structure using timber battens and 3D printers.
4	Kim et al. (2021)	Exploring the potential of 3D printing technology in landscape design process.
5	Chun (2021)	A Study on the Impact of 3D Printing and Artificial Intelligence on Education and Learning Process.
6	Dinçer y Dilek (2025)	3D printing and virtual reality in the study of muqarnas: A comparative approach.
7	Codarin (2023)	Stampa 3D robotizzata: valorizzazione di processi progettuali e costruttivi a Detroit.

8	Acke et al. (2021)	Survey and literature study to provide insights on the application of 3D technologies in objects conservation and restoration.
9	Qurraie et al. (2024)	Building imagination in 3D: The design by children with architecture and 3D printing.
10	Chandrasekera et al. (2024)	Designing futures: Place-based STEM learning through cultural and spatial innovation.
11	Nofal et al. (2025)	Developing digital skills for architectural heritage: A didactic approach to 3D mapping and phygital storytelling.
12	Ugliotti et al. (2025)	An inclusive approach to inspire creativity and team building through modular architecture drawing.
13	Pavignano y Zich (2025)	Academic heritage between digitization and dissemination. ISPRS Archives of the Photogrammetry.
	Artículos con enfoque cuantitativo	
14	Candia (2022)	Integración de la impresión 3D en la educación tecnológica.
15	Huang y Hsu (2022)	Innovative practice of sustainable landscape architecture education—Parametric-aided design and application.
16	Totuk et al. (2025)	Fused filament fabrication in CAD education: A closed-loop approach.

Caracterización de los estudios incluidos en la revisión sistemática

Entre los estudios cualitativos con mayor rigor metodológico, evaluados mediante la herramienta CASP (2023) con puntuaciones entre 8.5 y 10, destacan las investigaciones de Özeren et al. (2023) y Kalfa et al. (2025), quienes evidencian el potencial de la impresión 3D para el aprendizaje basado en proyectos y el desarrollo del pensamiento espacial en estudiantes de arquitectura. Özeren et al. (2023) demuestran cómo la interacción directa con impresoras 3D transforma la comprensión de los estudiantes sobre las relaciones entre diseño, materialidad y construcción, y promueven una actitud experimental y reflexiva frente al proyecto arquitectónico. Por su parte, Kalfa et al. (2025) aportan una perspectiva innovadora al analizar el papel del error y el fracaso controlado en procesos de fabricación híbrida y concluyen que estas experiencias negativas, cuando son adecuadamente mediadas, se convierten en prácticas de aprendizaje creativo y la resolución de problemas complejos en diseño arquitectónico.

Asimismo, Chandrasekera et al. (2024) y Nofal et al. (2025) aportan estrategias innovadoras que vinculan la fabricación digital con procesos de ideación y narrativas interdisciplinarias en el campo arquitectónico. El primer estudio explora cómo la impresión 3D, integrada en enfoques de aprendizaje situado, facilita la conexión entre el patrimonio cultural local y el desarrollo de competencias STEM en estudiantes de arquitectura, que generan propuestas de diseño contextualmente relevantes e incorporan dimensiones históricas, sociales y tecnológicas de manera articulada.

Nofal et al. (2025), por su parte, desarrollan un enfoque didáctico que combina el mapeo 3D con narrativas físico-digitales para la puesta en valor del patrimonio arquitectónico, lo que demuestra que la tecnología no solo mejora las habilidades técnicas de modelado y representación, sino que también potencia la capacidad de comunicar ideas complejas a audiencias diversas mediante lenguajes híbridos físico-digitales. Pavignano y Zich (2025) complementan este panorama con una propuesta de digitalización y difusión del patrimonio académico; evidencian cómo los modelos impresos en 3D funcionan como mediadores efectivos que facilitan los procesos de transferencia y apropiación social del conocimiento experto, propio de la disciplina y la comprensión pública de la arquitectura.

En contraste, los estudios cuantitativos, aunque minoritarios, aportan evidencia empírica sobre efectos medibles en creatividad y diseño que complementan los hallazgos cualitativos. Candia (2022) reporta mejoras significativas en el rendimiento técnico de estudiantes tras la implementación de talleres con impresión 3D en educación tecnológica, con incrementos notables en la precisión y complejidad de los modelos desarrollados, medidos mediante rúbricas estandarizadas de evaluación de competencias digitales y de diseño.

Por su parte, Huang y Hsu (2022) demuestran que la integración del diseño paramétrico con impresión 3D en cursos de arquitectura del paisaje produce mejoras en indicadores de creatividad, originalidad y viabilidad técnica de las propuestas estudiantiles, con tamaños del efecto considerables que respaldan la eficacia de la intervención. Totuk et al. (2025) sustentan estos hallazgos, con un enfoque de circuito cerrado en educación, desde la Comisión de Atención a la Diversidad (CAD), donde la retroalimentación que proviene de la materialización de diseños mediante impresión por deposición fundida, permite a los estudiantes identificar y corregir errores de modelado de forma autónoma para mejorar la calidad de los diseños finales y la comprensión de las lógicas constructivas subyacentes a sus propuestas arquitectónicas.

Beneficios de la impresión 3D en el desarrollo del aprendizaje creativo

El análisis de los estudios destaca un conjunto de beneficios asociados a la incorporación de la impresión 3D en la educación arquitectónica, los cuales se manifiestan en múltiples dimensiones del proceso formativo. El aprendizaje activo y experiencial irrumpe como el beneficio más recurrente, identificado en el 81% de las investigaciones, lo que confirma el potencial de la fabricación digital para materializar el principio pedagógico de aprender haciendo en contextos de formación proyectual. Özeren et al. (2023) y Kalfa et al. (2025) destacan cómo la posibilidad de diseñar, hacer prototipos y probar modelos tridimensionales transforma la dinámica del aula tradicional, así como promueve una implicación cognitiva profunda y significativa por parte de los estudiantes, que trasciende la recepción pasiva de contenidos.

La comprensión espacial y conceptual constituye el segundo beneficio en frecuencia, presente en el 75% de los estudios, los cuales evidencian el valor epistémico de la manipulación directa de modelos tangibles. Investigaciones como las de Dinçer y Dilek (2025) y Kim et al. (2021) demuestran que la interacción física con objetos impresos facilita la asimilación de conceptos abstractos relacionados con geometrías complejas, estructuras portantes y relaciones proporcionales, aspectos centrales en la formación

arquitectónica que tradicionalmente resultan difíciles de abordar exclusivamente mediante representaciones bidimensionales o visualizaciones digitales en pantalla.

La creatividad y el pensamiento innovador aparecen como beneficios destacados en el 62% de los trabajos revisados, por lo que se consolida la idea de que la impresión 3D actúa como un verdadero catalizador de procesos creativos en educación arquitectónica. Bedewy et al. (2021) y Qurraie et al. (2024) enfatizan que la tecnología permite la iteración rápida de prototipos y la exploración de soluciones alternativas sin los costos económicos y temporales asociados a la fabricación tradicional mediante maquetas artesanales, lo que libera a los estudiantes de la autocensura derivada del temor al error y fomenta una actitud experimental.

Esta capacidad de experimentación promueve una disposición abierta hacia la exploración de soluciones divergentes y el rediseño iterativo, elementos fundamentales en el desarrollo del pensamiento creativo y proyectual que caracteriza al quehacer arquitectónico contemporáneo (Moyano et al., 2023). El fortalecimiento de competencias técnicas y cognitivas, reportado en el 56% de los estudios, se manifiesta en el dominio progresivo de software de modelado paramétrico, la comprensión de lógicas de fabricación digital y el desarrollo de habilidades avanzadas para la resolución de problemas complejos que integran variables formales, estructurales, materiales y constructivas en una misma operación de diseño.

La promoción de la cultura maker y la innovación pedagógica, identificada en el 44% de los trabajos, refleja cómo la introducción de la fabricación digital transforma las prácticas docentes hacia enfoques participativos, interdisciplinarios y centrados en el estudiante. Chandrasekera et al. (2024) y Ugliotti et al. (2025) evidencian cómo la incorporación de impresoras 3D en el aula de arquitectura genera un cambio en el rol docente, que transita desde la transmisión unidireccional de conocimientos hacia la facilitación de procesos de aprendizaje autónomo y colaborativo, donde el profesor actúa como guía y acompañante en lugar de fuente exclusiva de saber.

La colaboración y el trabajo en equipo, presentes en el 38% de los estudios, aparecen como beneficios derivados de la naturaleza intrínsecamente proyectual de las actividades con impresión 3D, que frecuentemente requieren la articulación de conocimientos y habilidades complementarias entre los estudiantes para abordar problemas de diseño de complejidad creciente. Chun (2021) y Acke et al. (2021) destacan cómo los talleres de fabricación digital generan dinámicas de aprendizaje cooperativo que trascienden la ejecución técnica, al promover espacios de diálogo, negociación de significados y construcción colectiva del conocimiento disciplinar.

Finalmente, beneficios como el aumento de la motivación (31%), la participación activa (31%) y el desarrollo de enfoques interdisciplinarios (25%) complementan un panorama donde la impresión 3D se concibe como una herramienta para rediseñar los procesos de enseñanza-aprendizaje en arquitectura. Codarin (2023) y Pavignano y Zich (2025) aportan evidencia sobre cómo la novedad tecnológica y el carácter tangible de los modelos impresos generan un impacto emocional positivo en los estudiantes e incrementan su disposición hacia el aprendizaje y su compromiso afectivo con las tareas propuestas. Este componente motivacional es relevante en disciplinas proyectuales, donde la implicación personal y la capacidad de sostener el interés a lo largo de procesos de diseño prolongados constituyen

factores determinantes del éxito formativo y del desarrollo de disposiciones creativas, duraderas y transferibles a contextos profesionales futuros.

Limitaciones, vacíos y desafíos en la investigación e implementación

A pesar de los beneficios que se evidencian, el análisis crítico de los estudios permite a los autores de este estudio declarar que también existen limitaciones que condicionan la solidez y generalización de los resultados logrados hasta el momento. La totalidad de las investigaciones (100%) presentan insuficiencia de datos empíricos sólidos, debido a que predominan abordajes cualitativos descriptivos que, si bien aportan comprensión profunda de fenómenos complejos, carecen de la potencia estadística necesaria para establecer relaciones causales sólidas entre el uso de impresión 3D y las mejoras observadas en el aprendizaje creativo.

En este contexto, se coincide con Cabrera y Córdova (2023) quienes destacan la necesidad de superar los estudios exploratorios y avanzar hacia investigaciones con diseños metodológicos que permitan confirmar la naturaleza y magnitud del impacto de la impresión 3D en el desarrollo creativo.

Esta debilidad se vincula con la realización de estudios en contextos únicos (88%) y con muestras reducidas (88%), lo que limita la transferibilidad de los resultados a otras realidades educativas con diferentes condiciones institucionales, culturales y de recursos. Özeren et al. (2023) y Pavignano y Zich (2025) reconocen que sus hallazgos, aunque prometedores e internamente consistentes, corresponden a experiencias piloto desarrolladas en condiciones altamente específicas de financiamiento, infraestructura y apoyo institucional, lo que impide extrapolar conclusiones sin las debidas reservas, y llaman a replicar los estudios en contextos diversos para validar la consistencia de los patrones observados.

La falta de control experimental y de grupos comparativos afecta al 81% de los estudios, lo cual refleja la primicia de la investigación en fabricación digital educativa y la dificultad para implementar diseños en contextos académicos con restricciones éticas y organizativas. De esta manera, resulta difícil discernir si los efectos positivos se atribuyen a la impresión 3D o a factores como el efecto novedad, o las características particulares de los participantes. Kroff y Bellemans (2026) corroboran que esta investigación educativa está en una fase exploratoria, con escasos diseños que permitan establecer relaciones de causalidad adecuadas. Asimismo, el 81% de los trabajos carece de seguimiento longitudinal, lo que imposibilita evaluar efectos sostenidos y comprender cómo los aprendizajes se consolidan o diluyen en el tiempo. A esto se suman las limitaciones de recursos tecnológicos y financieros, que condicionan la calidad de las experiencias educativas y el acceso equitativo de los estudiantes.

Paralelamente, se identifican vacíos estructurales que obstaculizan la integración consolidada de la impresión 3D en la formación arquitectónica más allá de experiencias piloto aisladas. Un vacío perceptible, presente en el 81% de las investigaciones, es la falta de formación docente especializada que permita un aprovechamiento pedagógico óptimo de la tecnología. Bedewy et al. (2021), Nofal et al. (2025) y Chandrasekera et al. (2024) coinciden en señalar que, aunque los profesores muestran disposición favorable hacia la innovación tecnológica, carecen de competencias técnicas y didácticas específicas para integrar la fabricación digital pedagógicamente en sus asignaturas.

Se asume entonces que esta insuficiencia genera aplicaciones superficiales que no explotan el potencial transformador de la tecnología y genera dependencia de apoyos externos de especialistas o técnicos, insostenibles en el tiempo y que dificultan la apropiación institucional de la innovación (Keune y Peppler, 2019). La ausencia de marcos teóricos y metodológicos que articulen la impresión 3D con el desarrollo de competencias disciplinares específicas afecta al 75% de los estudios, de tal manera que permite evidenciar que la incorporación de la tecnología frecuentemente precede a la reflexión pedagógica sobre su sentido formativo y los modos óptimos de integrarla en los currículos existentes sin generar sobrecargas o disrupciones contraproducentes.

La escasa evidencia empírica sobre impacto educativo (62%) y las brechas curriculares (19%) reflejan que la impresión 3D se implementa en actividades extracurriculares o cursos optativos periféricos, sin alcanzar las asignaturas básicas de los planes de estudio donde se desarrollan las competencias nucleares de la formación arquitectónica. Moyano et al. (2023) señalan que esta carencia curricular impide evaluar el potencial de la tecnología para transformar competencias y genera una percepción de la fabricación digital como un añadido prescindible más que como un componente de la formación profesional contemporánea.

Finalmente, la carencia de estudios longitudinales (12%) impide comprender cómo los beneficios reportados en el corto plazo se convierten en desarrollos profesionales duraderos y actitudes innovadoras transferibles a contextos laborales reales, lo que limita la capacidad de construir argumentos para la inversión sostenida en este tipo de tecnologías educativas.

En cuanto a los desafíos para la implementación práctica, las limitaciones de recursos e infraestructura constituyen las barreras más frecuentemente reportadas por los investigadores. Özeren (2023) y Kalfa et al. (2025) demuestran cómo la escasez de impresoras, la obsolescencia acelerada de los equipos y la falta de materiales de consumo limitan el acceso estudiantil continuo a experiencias de fabricación digital y reducen las oportunidades de aprendizaje a demostraciones prácticas restringidas en el tiempo. Las restricciones de tiempo y carga académica sobresalen como un desafío adicional, dado que los procesos completos de modelado, impresión y postprocesamiento requieren horas de dedicación que exceden los límites lectivos típicos de las asignaturas, así, genera tensiones entre la profundidad de exploración deseable pedagógicamente y las posibilidades reales de los cursos con duraciones estandarizadas.

Los costos elevados de adquisición y mantenimiento de equipos, junto con la lenta adopción tecnológica por parte de instituciones con culturas organizativas tradicionales, reflejan la necesidad de políticas institucionales que prioricen la innovación educativa y asignen recursos a la modernización pedagógica continua, en lugar de apuestas puntuales desconectadas de una visión estratégica de largo plazo (Cabrera y Córdova, 2023).

Finalmente, la resistencia al cambio por parte de los docentes, aunque minoritaria en los estudios revisados, constituye un recordatorio de que la transformación educativa requiere inversión tecnológica y desarrollo de infraestructura, así como procesos culturales que acompañen a los profesores en la resignificación de sus prácticas hacia modelos creativos, participativos y tecnológicamente integrados que reconozcan y

aborden las ansiedades y temores que todo cambio significativo suscita en comunidades profesionales establecidas.

Discusión

Los resultados confirman que la impresión 3D constituye un catalizador del aprendizaje activo y experiencial en educación arquitectónica, tal como lo evidencian Özeren et al. (2023) y Kalfa et al. (2025). Dicha tendencia está en correspondencia con los postulados del aprendizaje constructivista y experiencial que fundamentan esta investigación, donde el conocimiento nace de la interacción directa con el entorno material. Novak et al. (2021), identifican que la fabricación digital promueve la creatividad y la innovación como tendencias globales en educación STEAM, lo que refuerza la validez externa de los beneficios reportados en el 62% de los estudios analizados. La coincidencia de hallazgos entre contextos geográficos diversos explica que la impresión 3D posee un potencial pedagógico transversal, aunque su materialización efectiva dependa de factores locales de implementación que requieren atención diferenciada.

La comprensión espacial y conceptual, identificada como el segundo beneficio recurrente (75%), encuentra respaldo en investigaciones que trascienden el ámbito arquitectónico. Milošević et al. (2023), demuestran que la interacción con modelos impresos genera un cambio cualitativo en la mentalidad de los estudiantes durante el proceso de diseño, al permitirles evaluar sus propuestas en el entorno físico. La capacidad de tangibilización supera las limitaciones de las representaciones bidimensionales y las visualizaciones digitales, aspectos que Dinçer y Dilek (2025) y Kim et al. (2021) también destacan en sus investigaciones sobre geometrías complejas. La convergencia de evidencia proveniente de Europa, Asia y América Latina consolida la tesis de que la impresión 3D funciona como un puente epistémico entre la abstracción conceptual y la concreción material en disciplinas proyectuales.

En el ámbito de la creatividad y el pensamiento innovador (62%), los resultados de esta revisión concuerdan con las tendencias globales identificadas por Qurraie et al. (2024) en su análisis sobre arquitectura y educación. Estos autores demuestran que la impresión 3D aporta una nueva perspectiva y flexibilidad de diseño al campo arquitectónico, aunque advierten que las limitaciones tecnológicas actuales y su impacto potencial en los procesos de diseño son todavía puntos de discusión controvertida entre estudiantes, académicos y profesionales. La tensión entre potencial transformador y restricciones operativas se replica en los estudios analizados, donde el 63% reporta limitaciones de recursos como barrera significativa. La literatura internacional coincide en que la brecha entre promesa tecnológica y realidad educativa solo puede superarse mediante inversiones sostenidas y marcos pedagógicos sólidos.

Una contribución fundamental de este estudio radica en la sistematización de los vacíos estructurales que obstaculizan la integración curricular de la impresión 3D, particularmente la falta de formación docente especializada (81%) y la ausencia de marcos teóricos que articulen tecnología y pedagogía (75%). Estos hallazgos complementan y actualizan los reportados por Novak et al. (2021), quienes identifican la necesidad de desarrollar enfoques instruccionales para la fabricación digital. Mientras que la literatura previa se centra en beneficios y limitaciones técnicas, esta revisión aporta una

categorización original que distingue entre vacíos de conocimiento (formación docente, integración pedagógica) y desafíos operativos (recursos, infraestructura). Tal diferenciación permite orientar nuevas investigaciones hacia aspectos estratégicos de la implementación y supera el énfasis exclusivo en la disponibilidad tecnológica que caracteriza gran parte de la producción académica reciente.

Como segunda contribución, esta revisión evidencia la necesidad de superar el predominio de enfoques cualitativos exploratorios (81.25%) mediante diseños mixtos que combinen comprensión fenomenológica con mediciones de impacto. Chytas et al. (2024), señalan la carencia de evidencia comparativa con otros métodos tridimensionales como la disección cadavérica o la realidad virtual. La ausencia de estudios longitudinales (12%) y de grupos control (81%) identificada en esta investigación constituye una limitación recurrente en el campo, que se supera mediante diseños cuasiexperimentales cuidadosamente planificados que respeten las restricciones éticas y organizativas de los contextos educativos naturales, pero que aporten la potencia estadística necesaria para establecer relaciones causales sólidas.

Entre las limitaciones de este estudio debe señalarse la posible existencia de sesgo de publicación, dado que la búsqueda se restringe a bases de datos académicas convencionales; se excluye literatura gris, actas de congresos no indexadas y tesis doctorales que podrían contener hallazgos relevantes con resultados negativos o nulos (Page et al., 2021). La inclusión de estudios publicados en revistas arbitradas, aunque garantiza un control de calidad, podría sobreestimar los beneficios reportados al excluir investigaciones con resultados no significativos. Por tanto, otras revisiones pueden ampliar el espectro de fuentes e incorporar estrategias de búsqueda complementarias que permitan una representación más equilibrada del estado del conocimiento e incluyan registros de ensayos educativos y repositorios institucionales de universidades con programas consolidados en fabricación digital.

Otra limitación corresponde a la heterogeneidad de los contextos educativos analizados, que abarcan desde talleres extracurriculares con niños (Qurraie et al., 2024) hasta cursos de posgrado en arquitectura (Özeren et al., 2023). Aunque esta diversidad es enriquecedora en términos de amplitud, dificulta la comparación directa de resultados y la extracción de conclusiones uniformes sobre la efectividad de la impresión 3D en niveles educativos específicos. La falta de análisis diferenciados por etapa formativa (grado, posgrado, educación continua) dificulta determinar si los beneficios reportados son equivalentes para estudiantes con diferentes niveles de experiencia previa en diseño y fabricación digital. Por tal motivo se necesitan abordajes de esta segmentación con mayor precisión, que establezcan comparaciones para adaptar las estrategias pedagógicas a las necesidades cognitivas y técnicas de cada población estudiantil.

Conclusiones

La revisión sistemática evidencia una tendencia creciente en la incorporación de la impresión 3D en la educación arquitectónica, con un predominio de estudios cualitativos de carácter exploratorio que representan el 81.25% de la literatura analizada. Las investigaciones destacan el potencial de la fabricación digital para favorecer el aprendizaje activo, la visualización espacial y el desarrollo de la creatividad en contextos

formativos. No obstante, la ausencia de diseños metodológicos y la escasez de evidencia empírica con potencia estadística limitan la consolidación de la tecnología como recurso pedagógico fundamentado.

La síntesis de los beneficios reportados confirma que la impresión 3D constituye una herramienta pedagógica transformadora en la formación arquitectónica, al facilitar el aprendizaje experiencial, la comprensión espacial y la estimulación de la creatividad. Además, contribuye al fortalecimiento de competencias técnicas y cognitivas mediante el dominio de software paramétrico y la comprensión de lógicas de fabricación digital. Sin embargo, persisten limitaciones como muestras reducidas, falta de grupos control y ausencia de seguimiento longitudinal, que afectan entre el 81% y el 100% de los estudios, las cuales evidencian la necesidad de ampliar la investigación con diseños sólidos y optimizar las condiciones institucionales para la implementación educativa sostenible.

Los vacíos estructurales identificados constituyen barreras para la integración curricular de la impresión 3D en arquitectura. La falta de formación docente especializada y la escasa integración pedagógica reflejan que la incorporación tecnológica precede a la reflexión sobre su sentido formativo, que genera aplicaciones superficiales y dependencia de apoyos externos. Asimismo, los desafíos operativos como infraestructura insuficiente, recursos limitados y resistencia institucional al cambio permiten plantear que la transformación educativa requiere un enfoque integral.

En conjunto, la evidencia analizada demuestra que la impresión 3D tiene un impacto positivo en el desarrollo del aprendizaje creativo en educación arquitectónica, al permitir que los estudiantes experimenten, diseñen y materialicen sus ideas de manera innovadora. La capacidad de tangibilización fortalece el pensamiento crítico, espacial y proyectual, dimensiones fundamentales en la formación del arquitecto contemporáneo. Aunque su implementación efectiva depende de factores contextuales, pedagógicos e institucionales, los hallazgos consolidan la fabricación digital como una herramienta clave para transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Acerca de

Contribución de los autores: Los autores contribuyeron a la conceptualización del estudio, desarrollo metodológico, análisis e interpretación de los datos, redacción del manuscrito y revisión crítica de su contenido intelectual.

Financiamiento: Los autores declaran que no recibieron financiamiento para esta investigación.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Certificación ética: El protocolo del presente estudio fue sometido a revisión y aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad, en cumplimiento de los principios éticos y normativas institucionales aplicables.

Objetos de ciencia abierta: DMP
https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v10i42.1250

Historia del artículo: Artículo recibido 06 de febrero 2025| Aceptado 7 de abril 2026 | Publicado 21 de abril 2026

Cómo citar:

Escudero Ruiz, L. A; Orihuela Vidaurre, C; Espinoza Vásquez, F. F; Ramírez Diaz, K. M. (2026). Impresión 3D: una nueva dimensión para el aprendizaje creativo en arquitectura. Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación, 10(42). https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v10i42.1250

Referencias

Acke, L., De Vis, K., Verwulgen, S., y Verlinden, J. (2021). Survey and literature study to provide insights on the application of 3D technologies in objects conservation and restoration. *Journal of Cultural Heritage*, 49, 272–288. https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.12.003

Bedewy, S. E., Choi, K., Lavicza, Z., Fenyvesi, K., y Houghton, T. (2021). STEAM practices to explore ancient architectures using augmented reality and 3D printing with GeoGebra. *Open Education Studies*, 3(1), 176–187. https://doi.org/10.1515/edu-2020-0150

Cabrera, L., y Córdova, D. (2023). 3D printing as an educational tool for developing creative thinking: systematic review. *Apertura*, 15(2), 88-103. https://doi.org/10.32870/Ap.v15n2.2382

Candia, F. (2022). Integración de la impresión 3D en la educación tecnológica. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(24). https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1170

Chandrasekera, T., Asino, T., y Colston, N. (2024). Designing futures: Place-based STEM learning through cultural and spatial innovation. *Design and Technology Education: An International Journal,* 29(2), 123–136. https://doi.org/10.24377/DTEIJ.article3365

Chen, P., Wang, R., y Ma, Y. (2025). Promoting junior high school students' creativity in maker education: The design thinking approach. T*hinking Skills and Creativity,* 56(1), 10-17. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.101764

Chun, H. (2021). A Study on the Impact of 3D Printing and Artificial Intelligence on Education and Learning Process. *Scientific Programming*, 2021, 2247346. https://doi.org/10.1155/2021/2247346

Chytas D, Johnson EO, Piagkou M, Tsakotos G, Babis GC, Nikolaou VS, Markatos K, y Natsis K. (2020). Three-dimensional printing in anatomy teaching: current evidence. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 42(7), 835-841. https://doi:10.1007/s00276-020-02470-2

Codarin, S. (2023). Stampa 3D robotizzata: valorizzazione di processi progettuali e costruttivi a Detroit. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment,* 25, 233–238. https://doi.org/10.36253/techne-13704

Critical Appraisal Skills Programme (CASP). (2023). CASP Qualitative Studies Checklist. *CASP UK*. https://casp-uk.net/casp-tools-checklists/

Dinçer, S. G., y Dilek, H. Y. (2025). 3D printing and virtual reality in the study of muqarnas: A comparative approach. *Ain Shams Engineering Journal*, 12 (103742). https://doi.org/10.1016/j.asej.2025.103742

Huang, C.S., y Hsu, M.H. (2022). Innovative practice of sustainable landscape architecture education-Parametric-aided design and application. *Sustainability*, 14(8), 4627. https://doi.org/10.3390/su14084627

Kalfa, G., Morales, M., Kir, E., Hepmutlu, E., y Kizilörenli, E. (2025). Learning from failure: Hybrid fabrication of a gridshell canopy structure using timber battens and 3D printers. *Architecture, Civil Engineering, Environment*, 18(1), 143–160. https://doi.org/10.2478/acee-2025-0011

Keune, A. and Peppler, K. (2019), Materials-to-develop-with: The making of a makerspace. *British Journal of Educational Technology*, 50, 280-293. https://doi.org/10.1111/bjet.12702

Kim, S., Shin, Y., Park, J., Lee, S.W., y An, K. (2021). Exploring the potential of 3D printing technology in landscape design process. *Land*, 10(3), 259. https://doi.org/10.3390/land10030259

Kroff, F. J., y Bellemans, P.J. (2026). Impresión 3D en educación como estrategia para el fortalecimiento de competencias STEAM: una revisión sistemática. *Revista InveCom*, 6(3), e603158. https://doi.org/10.5281/zenodo.18181198

Milošević, J., Nenadović, A., Žujović, M., Gavrilović, M., Živković, M. (2023). Reworking Studio Design Education Driven by 3D Printing Technologies. In: Arbizzani, E., et al. Technological Imagination in the Green and Digital Transition. CONF.ITECH 2022. The Urban Book Series. *Springer, Cham*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-29515-7_30

Moyano, S., Verdú, A., y Valiente, M. (2023). 3D Printing in architecture = Impresión 3D en arquitectura. *Advances in Building Education*, 7(2), 23-40. https://doi.org/10.20868/abe.2023.2.5112

Nofal, E., De Marco, R., Voinea, A. E., y Rejeb, A. (2025). Developing digital skills for architectural heritage: A didactic approach to 3D mapping and phygital storytelling. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-M-9, 1089-1095. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-9-2025-1089-2025

Novak, E., Brannon, M., y Librea M. R. (2021). A systematic review of empirical research on learning with 3D printing technology. *Journal of Computer Assisted Learning,* 37(5), 1455-1478. https://doi.org/10.1111/JCAL.12585

Özeren, Ö. (2023). Learning-by-doing using 3D printers: Digital fabrication in architecture education. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(8), 101143. https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100135

Ozkan, G., y Umdu, U. (2021). Exploring the effectiveness of STEAM design processes on middle school students' creativity. *International Journal of Technology and Design Education,* 31(1), 95-116. https://doi.org/10.1007/s10798-019-09547-z

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., y Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71). https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Pavignano, M., y Zich, U. (2025). Academic heritage between digitization and dissemination. *ISPRS Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* XLVIII-M-9, 1175–1182. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-9-2025-1175-2025

Qurraie, B. S., Özeren, Ö., y Guero Na-Allah, M. S. (2024). Building imagination in 3D: The design by children with architecture and 3D printing. E*ntertainment Computing,* 52(100904). https://doi.org/10.1016/j.entcom.2024.100904

Rahmani, S., Ozcan, O., y Tasoglu, S. (2022). Machine learning-enabled optimization of extrusion-based 3D printing. *Methods,* 206(1), 27-40. https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2022.08.002

Sultan, B., Özeren, Ö., y Guero, M. (2025). Building imagination in 3D: The design by children with architecture and 3D printing. *Entertainment Computing*, 52(1), 10-29. https://doi.org/10.1016/j.entcom.2024.100904

Tang, C., Mao, S., Naumann, S., y Xing, Z. (2022). Improving student creativity through digital technology products: A literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 44(1), 101032-101047. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101032

Totuk, O.H., Selvi, Ö., Akar, S. (2025). Fused filament fabrication in CAD education: A closed-loop approach. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 53(1), 167-188. https://doi.org/10.1177/03064190231215307

Ugliotti, F. M., Zucco, M., y Cassis, M. (2025). An inclusive approach to inspire creativity and team building through modular architecture drawing. *Education and New Developments*, 1, 475-479. https://hdl.handle.net/11583/3001335

Weng, X., Chiu, T., y Tsang, C. (2022). Promoting student creativity and entrepreneurship through real-world problem-based maker education. *Thinking Skills and Creativity,* 45(1), 10-26. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101046

Zhang, Y., Cui, S., Yang, B., Wang, X., y Liu, T. (2025). Research on 3D printing concrete mechanical properties prediction model based on machine learning. *Case Studies in Construction Materials,* 22(1), 42-54. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04254