

Vol. III
No. 10
Septiembre - Diciembre
2025



Gabriel Montúfar Chiriboga

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, I
Panamá

gabriel.montufar@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-3392-3728>

Cómo citar este texto:

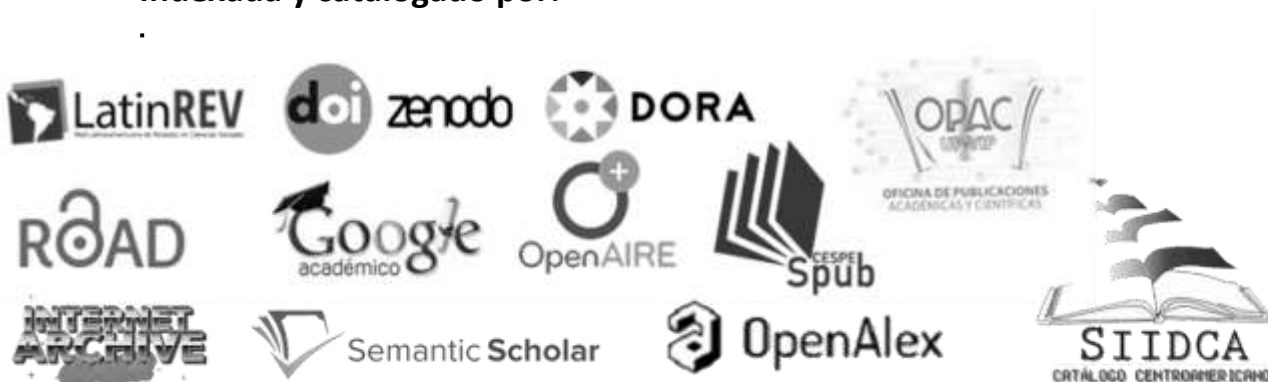
Montúfar Chiriboga, Gabriel (2025). Revisión de innovaciones didácticas en la ingeniería civil para fomentar el pensamiento crítico. Revista Holón. Vol. III, No. 10. Septiembre – Diciembre 2025. Pp. 94-106. Universidad José Martí de Latinoamérica. URL disponible en: <https://revistas.up.ac.pa/index.php/holon>

Recibido: 5 de julio 2025

Aceptado: 20 de agosto 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.holon.n10.a8087>

Indexada y catalogado por:



Revisión de innovaciones didácticas en la ingeniería civil para fomentar el pensamiento crítico

Educational innovations in civil engineering to foster critical thinking

Gabriel Montúfar Chiriboga
Universidad de Panamá, Panamá
gabriel.montufar@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0003-3392-3728>

RESUMEN

La ingeniería civil enfrenta retos crecientes en un mundo global complejo, donde el pensamiento crítico es esencial para abordar problemas sostenibles y éticos. Esta revisión bibliográfica examina 25 artículos recientes que exploran innovaciones didácticas en la formación de ingenieros civiles, integrando el aprendizaje basado en proyectos, la inteligencia artificial generativa, el aprendizaje háptico y los “makerspaces” o espacios creados. Como resultado, se muestra que estas metodologías potencian la comprensión conceptual, la resolución de problemas y la colaboración interdisciplinaria. Asimismo, se presentan ejemplos destacados que incluyen el uso de IA para simular escenarios reales y la aplicación del aprendizaje basado en proyectos en el diseño de infraestructuras sostenibles, lo que promueve la evaluación de impactos sociales y ambientales. Empero, las limitaciones metodológicas, tales como pueden ser tamaños muestrales reducidos y escasa validación empírica, evidencian la necesidad de estudios más sólidos. En conjunto, se establece que las innovaciones revisadas fortalecen el compromiso estudiantil y contribuyen a la formación de profesionales capaces de enfrentar desafíos globales como el cambio climático. Se concluye que la integración sistemática de tecnologías y pedagogías activas en la enseñanza de la ingeniería civil es fundamental para consolidar competencias críticas e impulsar la innovación disciplinar.

Palabras clave: Educación, Innovación educativa, Ingeniería civil, método de enseñanza, sentido crítico.

Educational innovations in civil engineering to foster critical thinking

Abstract

Civil engineering faces increasing challenges in a complex global world, where critical thinking is essential to addressing sustainable and ethical issues. This literature review examines 25 recent articles exploring educational innovations in civil engineering education, integrating project-based learning, generative artificial intelligence, haptic learning, and makerspaces. These methodologies are shown to enhance conceptual understanding, problem-solving, and interdisciplinary collaboration. Prominent examples include the use of AI to simulate real-life scenarios and the application of project-based learning in sustainable infrastructure design, which promotes the assessment of social and environmental impacts. However, methodological limitations, such as small sample sizes and limited empirical validation, highlight the need for more robust studies. Overall, the review establishes that the innovations reviewed strengthen student engagement and contribute to the development of

professionals capable of addressing global challenges such as climate change. It is concluded that the systematic integration of active technologies and pedagogies in civil engineering teaching is essential to consolidate critical competencies and foster disciplinary innovation.

Keywords: Education, Educational innovation, Civil engineering, teaching method, critical thinking.

Inovações educativas em engenharia civil para promover o pensamento crítico

Resumo

A engenharia civil enfrenta desafios crescentes em um mundo global complexo, onde o pensamento crítico é essencial para abordar questões sustentáveis e éticas. Esta revisão bibliográfica examina 25 artigos recentes que exploram inovações educacionais no ensino de engenharia civil, integrando aprendizagem baseada em projetos, inteligência artificial generativa, aprendizagem háptica e makerspaces. Essas metodologias demonstram aprimorar a compreensão conceitual, a resolução de problemas e a colaboração interdisciplinar. Exemplos proeminentes incluem o uso de IA para simular cenários da vida real e a aplicação da aprendizagem baseada em projetos no projeto de infraestrutura sustentável, o que promove a avaliação de impactos sociais e ambientais. No entanto, limitações metodológicas, como amostras pequenas e validação empírica limitada, destacam a necessidade de estudos mais robustos. De modo geral, a revisão estabelece que as inovações analisadas fortalecem o engajamento dos alunos e contribuem para o desenvolvimento de profissionais capazes de enfrentar desafios globais, como as mudanças climáticas. Conclui-se que a integração sistemática de tecnologias e pedagogias ativas no ensino de engenharia civil é essencial para consolidar competências críticas e fomentar a inovação disciplinar.

Palavras-chave: Educação, Inovação educacional, Engenharia civil, método de ensino, pensamento crítico.

Innovations pédagogiques en génie civil pour favoriser la pensée critique

Résumé

Le génie civil est confronté à des défis croissants dans un monde globalisé et complexe, où la pensée critique est essentielle pour aborder les questions de développement durable et d'éthique. Cette revue de la littérature examine 25 articles récents explorant les innovations pédagogiques dans l'enseignement du génie civil, intégrant l'apprentissage par projets, l'intelligence artificielle générative, l'apprentissage haptique et les espaces de création. Ces méthodologies améliorent la compréhension conceptuelle, la résolution de problèmes et la collaboration interdisciplinaire. Parmi les exemples marquants, citons l'utilisation de l'IA pour simuler des scénarios réels et l'application de l'apprentissage par projets à la conception d'infrastructures durables, favorisant ainsi

l'évaluation des impacts sociaux et environnementaux. Cependant, des limites méthodologiques, telles que la petite taille des échantillons et une validation empirique limitée, soulignent la nécessité d'études plus approfondies. Globalement, la revue établit que les innovations examinées renforcent l'engagement des étudiants et contribuent au développement de professionnels capables de relever des défis mondiaux tels que le changement climatique. Il est conclu que l'intégration systématique de technologies et de pédagogies actives dans l'enseignement du génie civil est essentielle pour consolider les compétences essentielles et favoriser l'innovation disciplinaire.

Mots clés : Éducation, Innovation pédagogique, Génie civil, méthode d'enseignement, pensée critique.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil, como disciplina fundamental para el desarrollo de infraestructuras que sostienen la sociedad moderna, ha evolucionado significativamente en las últimas décadas. Si bien históricamente se centró en aspectos técnicos como el diseño estructural, la hidráulica, la geotecnia y la gestión de recursos materiales, en la actualidad enfrenta demandas crecientes relacionadas con la sostenibilidad ambiental, la resiliencia ante riesgos climáticos, la equidad social y la incorporación de tecnologías digitales. En este contexto, el pensamiento crítico se consolida como una competencia indispensable, definida como la capacidad de analizar información diversa, evaluar argumentos éticos, identificar posibles sesgos y tomar decisiones importantes ante problemas complejos (Verma, et. al., 2022).

Por otro lado, los enfoques pedagógicos tradicionales, principalmente aquellos basados en conferencias magistrales, ejercicios repetitivos de cálculo y memorización de fórmulas, han mostrado limitaciones para desarrollar estas habilidades, ya que no preparan adecuadamente a los estudiantes para entornos profesionales caracterizados por incertidumbre regulatoria y repercusiones socioeconómicas variables (Adriaenssens y Scanlan, 2021). Por tanto, el pensamiento crítico en la ingeniería civil implica, además de resolver problemas matemáticos, reflexionar sobre los impactos éticos, sociales y ambientales de las decisiones técnicas. De esa manera lo evidencian casos como el colapso de los diques durante el huracán Katrina en Nueva Orleans, donde deficiencias de diseño expusieron sesgos en la planificación y asignación de recursos, con consecuencias desproporcionadas para comunidades vulnerables (Casper, et. al., 2023).

De cara a estos desafíos, distintas innovaciones didácticas buscan integrar perspectivas interdisciplinarias y tecnologías emergentes. Un ejemplo de ello se presenta en recientes estudios, donde se muestra que el aprendizaje basado en proyectos (su nombre original es Project-Based Learning, por lo tanto, se conoce a esta metodología por sus siglas como PBL), el empleo de herramientas de IA generativa y el uso de simulaciones virtuales pueden potenciar el compromiso estudiantil y la capacidad analítica, además de favorecer la integración de múltiples fuentes de información (Deo y Hölttä-Otto, 2023; Jiang, et. al., 2025). Esta revisión bibliográfica responde a la necesidad de reducir la brecha entre la educación tradicional y las competencias que demanda del mercado laboral en ingeniería civil, en el que se valora la capacidad de innovar en contextos volátiles, inciertos, complejos y ambiguos (conocido por sus en inglés como VUCA) (Mashwama y Madubela, 2025).

El análisis se centra en identificar y evaluar tendencias pedagógicas recientes, tales como los “makerspaces” para prototipado físico, la aplicación de IA en el análisis predictivo, los enfoques sostenibles que incorporan consideraciones de justicia social. Estas estrategias fortalecen la comprensión conceptual, promueven la reflexión ética y la toma de decisiones responsable (Bouwma-Gearhart, et. al., 2021; Sabri, 2025). La discusión de esta temática radica en su alineación con objetivos globales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas particularmente la meta 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles). En este sentido, formar ingenieros civiles capaces de evaluar la viabilidad de proyectos, frente a retos como el cambio climático, la escasez de recursos y la desigualdad social (Sharma, et. al., 2021).

No obstante, la literatura también señala obstáculos relevantes entre los que figuran la resistencia institucional a reformas curriculares, limitaciones de recursos en instituciones de países en desarrollo y ausencia de métricas estandarizadas para medir el pensamiento crítico de manera objetiva (Xu, 2025). En el contexto específico de Panamá y América Latina, caracterizado por una urbanización acelerada y alta exposición a riesgos climáticos extremos, la necesidad de profesionales en ingeniería civil con competencias críticas es aún más evidente. A saber, proyectos como la expansión del Canal o la gestión de riesgos de inundaciones en áreas urbanas exigen la integración de conocimiento técnico en ingeniería con perspectivas socioculturales.

Esta revisión, al sintetizar evidencia internacional con aplicaciones locales, busca aportar a la construcción de una didáctica más holístico, reflexivo y transformadora en la ingeniería civil. Al hacerlo, contribuye al debate académico sobre cómo la educación superior puede responder a las mega tendencias globales y resalta la importancia de formar ingenieros civiles competentes no solo para construir infraestructuras duraderas, sino también conscientes de su responsabilidad social y ambiental en una sociedad más justa y resiliente.

METODOLOGÍA

La búsqueda bibliográfica se realizó en repositorios de datos académicas de renombre como Scopus, Google Scholar, ResearchGate y el Directory of Open Access Journals (DOAJ). Para optimizar los resultados se emplearon términos clave específicos y combinados que contribuyeron a maximizar su importancia y profundidad. Entre los términos empleados se incluyeron, innovaciones didácticas en ingeniería civil, pensamiento crítico en educación de ingeniería civil, tecnología procedente en enseñanza de ingeniería civil, aprendizaje basado en proyectos (PBL) en ingeniería e inteligencia artificial en didáctica de ingeniería.

Conjuntamente, para este caso debió restringirse la búsqueda de información a publicaciones entre los años 2020-2025, con énfasis en artículos escritos en inglés y español, sin excluir aportes en otros idiomas que contribuyeran una perspectiva global y regional. Para empezar, la consulta en Scopus arrojó 462 registros. Este es un volumen comparable a las reportadas en revisiones previas (Deo y Hölttä-Otto, 2023). Luego, la muestra fue definida mediante operadores booleanos (AND, OR, NOT) y filtros de relevancia, que colaboraron en la selección de estudios directamente vinculados con el fomento al pensamiento crítico.

Aquí los criterios de inclusión se establecieron con el fin de garantizar la calidad y pertinencia. Se priorizaron investigaciones con pertinencia directa al tema, es decir, enfocados en ingeniería civil o áreas estrechamente

vinculadas a esta disciplina, como construcción y gestión de infraestructuras. Además, los artículos debían describir innovaciones didácticas claramente descritas, por ejemplo, PBL, integración de inteligencia artificial o enfoques interdisciplinarios; y que midieran su impacto en el pensamiento crítico, entendido a través de indicadores como análisis, inferencia, evaluación y explicación (Facione, 2015).

También se dio preferencias a las publicaciones revisadas por pares o arbitradas con sustento empírico o teórico sólido, mientras fueron excluidos editoriales, artículos fuera de rango temporal, estudios de otras disciplinas (por ejemplo, ingeniería eléctrica) y documentos de baja calidad, como preimpresos no arbitrados. Tras una lectura preliminar de títulos y resúmenes, la muestra se redujo de 462 a 85 artículos, para finalmente seleccionar 25 que cumplieran con los objetivos de esta revisión.

Las fuentes finales provinieron de una variedad de revistas especializadas como Sustainability, Journal of Civil Engineering Education, Frontiers in Educational Research y TEM Journal, lo que aseguró la diversidad temática y metodológica. Se anticiparon artículos accesibles mediante identificadores digitales de objetos (DOIs) o acceso abierto, representando a autores de diferentes regiones (China, Estados Unidos, Europa, África y América Latina). Entre las fuentes seleccionadas se incluyeron revisiones sistemáticas sobre el uso de IA generativa en educación (Jiang, et. al., 2025), estudios de caso piloto sobre el desarrollo de pensamiento crítico mediado por IA (Guala et al., 2024) y análisis longitudinales de percepciones estudiantiles en PBL (Coronado, et. al., 2021).

Asimismo, cabe destacar que la calidad de los artículos evaluados contó con criterios estandarizados inspirados guías como PRISMA para revisiones sistemáticas y criterios estandarizados para estudios empíricos. Se valoraron la claridad en el diseño, la solidez del análisis, la relevancia de los hallazgos, el rigor analítico y la originalidad de la contribución al campo. Recibieron mayor valoración los estudios con muestras amplias, diseños mixtos (cuantitativos y cualitativos) y validación estadística, como los que exploran habilidades computacionales en educación ingenieril (Hidayat, et. al., 2024). En contraste, los estudios exploratorios con muestras reducidas, como pilotos con menos de 20 participantes, fueron reconocidos por su innovación, aunque se señaló su ilimitada generalización (Guala, et. al., 2024).

Para la síntesis, los artículos se clasificaron cualitativamente (alta, media o baja) de acuerdo con estos criterios. La heterogeneidad de contextos y metodologías se consideró con una fortaleza de la revisión, aunque implicó un análisis cuidadoso de la comparabilidad entre estudios. La fiabilidad se evaluó a partir de la replicabilidad de los métodos empleados, privilegiando investigaciones que detallaran procedimientos como cuestionarios validados, análisis cualitativos temáticos o experimentos controlados.

Con respecto a la validez, los estudios basados en marcos teóricos consolidados, como el modelo de Facione para el pensamiento crítico o la taxonomía de Bloom para habilidades cognitivas, aportaron mayor robustez. En contraste, aquellos con dependencia en auto reportes o con ausencia de controles para variables confusoras mostraron limitaciones metodológicas (Deo y Hölltä-Otto, 2023; Islam, et. al., 2024).

Resultados de la revisión

El análisis de los 25 artículos seleccionados permitió identificar cuatro tendencias principales en las innovaciones didácticas aplicadas a ingeniería civil:

- 1) Incorporación de tecnologías digitales e inteligencia artificial;
- 2) Aprendizaje basado en proyectos (PBL) y experiencias hápticas;
- 3) Enfoques sostenibles y de justicia social;
- 4) Evaluación y marcos de pensamiento crítico.

Incorporación de tecnologías digitales e inteligencia artificial en la didáctica de la ingeniería civil

En el panorama actual de la educación en ingeniería civil, la inteligencia artificial (IA) y otras tecnologías digitales constituyen una innovación central, al posibilitar que los estudiantes interactúen con escenarios complejos que replican desafíos profesionales, fortaleciendo un pensamiento crítico profundo y multifacético. La IA generativa, en particular, actúa como catalizador de habilidades analíticas, ya que impulsa a los alumnos a generar, evaluar y refinar hipótesis en contextos como el análisis de riesgos en infraestructuras urbanas. Una revisión sistemática revela que estas herramientas facilitan la exploración de escenarios hipotéticos, tales como la predicción de fallos estructurales en puentes sometidos a cargas extremas, obligando a los estudiantes a distinguir entre resultados automatizados y decisiones humanas sustentadas en criterios técnicos y éticos (Jiang, et. al., 2025).

Ejemplos prácticos incluyen estudios piloto donde herramientas como ChatGPT se utilizan como asistentes en cursos de gestión de proyectos de construcción. En estos casos, los estudiantes contrastan las salidas generadas por la IA con normativas locales y datos empíricos, lo que favorece avances en inferencia y evaluación crítica (Guala, et. al., 2024). De manera complementaria, Monterroza Montes (2024) advierte que el uso de la IA en educación exige marcos éticos y estrategias de validación crítica que eviten una dependencia acrítica de las herramientas digitales.

De la misma forma, en congresos internacionales se ha subrayado el potencial de la IA para modelar impactos ambientales en tiempo real, como la simulación de flujos hídricos en sistemas de drenaje urbano, incentivando a los alumnos al cuestionamiento sobre erosión, la contaminación o sostenibilidad en las soluciones propuestas (Islam, et. al., 2024).

Empero, los beneficios identificados enfrentan limitaciones en instituciones con menores recursos, particularmente en países en desarrollo, donde el acceso desigual a plataformas digitales puede profundizar brechas educativas y restringir la capacidad para cultivar un pensamiento crítico inclusivo.

Más allá de la IA, tecnologías como la simulación virtual y la realidad aumentada amplían el espectro didáctico, ofreciendo espacios seguros de experimentación sin los costos físicos asociados. En formatos de aprendizaje híbrido, estas herramientas permiten resolver problemas, como el modelado de estructuras

sismorresistentes en zonas tectónicamente activas, donde los que los estudiantes deben interpretar datos para detectar puntos de fallo potenciales y justificar soluciones basadas en evidencia (Hidayat, et. al., 2024). Revisiones de estudios recientes también señalan mejoras en la motivación estudiantil de hasta un 25% cuando se incorpora retroalimentación inmediata a través de sistemas digitales (Mashwama Madubela, 2025).

Aprendizaje basado en proyectos (PBL) y experiencias hápticas en la formación de ingeniería civil

El PBL y las metodologías experienciales se consolidan como fundamentos en la enseñanza de la ingeniería civil al situar a los estudiantes frente a problemas auténticos que demanda colaboración interdisciplinaria, iteración constante y reflexión sistemática. El PBL plantea desafíos prácticos del mundo real, como el diseño de sistemas de irrigación sostenible en zonas áridas, que requieren integrar teoría y práctica para balancear viabilidad económica, seguridad estructural y conservación ambiental (Coronado, et. al., 2021).

En paralelo, los espacios de creación y el aprendizaje háptico enriquecen la experiencia al vincular abstracciones teóricas con prototipos físicos. Tal es el caso de ejercicios como la construcción de modelos a escala de arcos de soporte o diques, en donde se permite analizar fallos mecánicos en tiempo real y cuestionar decisiones sobre elección de materiales y diseños (Adriaenssens y Scanlan, 2021). Estas experiencias sensoriales un pensamiento sistémico resiliente ante errores iterativos, lo cual es crucial en proyectos a gran escala, como el desarrollo de redes viales urbanas (Bouwma-Gearhart, et. al., 2021). En esta línea, Mesa Barrera, Márquez Delgado y da Silva Robalo (2024) destacan que las prácticas laborales estructuradas en ingeniería civil constituyen un puente entre la formación y las necesidades del entorno productivo, consolidando aprendizajes críticos y aplicados. Mismo caso con contextos gamificados, que incrementan compromiso y comprensión conceptual mediante la simulación de construcciones con restricciones reales (Shernoff, et. al., 2020).

Al extender el PBL hacia dimensiones interdisciplinarias, se promueve colaboraciones con disciplinas afines, como la arquitectura o la ingeniería ambiental y campos tecnológicos, facilitando aplicaciones como el internet de las cosas en sistemas de monitoreo estructural (Shareef y Farivarsadri, 2020; Chen, R., et. al., 2020). Su efectividad, sin embargo, depende de incorporar reflexión guiada, que evita reducciones a actividades superficiales y asegura un análisis profundo de implicaciones sociales y técnicas. En contextos locales, como Panamá, el PBL se adapta a desafíos específicos, como la mitigación de riesgos en zonas propensas a deslizamientos, preparando ingenieros con un pensamiento crítico orientado a soluciones adaptativas.

Enfoques sostenibles y de justicia social

Incorporar la sostenibilidad en la didáctica de la ingeniería civil impulsa el pensamiento crítico al considerar impactos sociales, económicas y ambientales a largo plazo. Esto supone incorporar la justicia social en el currículo, exponiendo a los futuros ingenieros a dilemas como la construcción de viviendas accesibles en contextos de vulnerabilidad urbana (Chen, D. A, et. al., 2020; Casper et al., 2023).

Se incluye la participación de modelos educativos globales que integran la sostenibilidad sistémica en proyectos de iniciativas civiles, como la planificación de ciudades resilientes (Xu, 2025; Sabri, 2025). Las alianzas entre academia e industria, también refuerzan este enfoque, orientando la formación hacia materiales con exigencias ecológicas, como el desarrollo de materiales reciclables en construcción y tecnologías de bajo impacto (Sharma, et. al., 2021). Asimismo, el aprendizaje basado en diseño, transferible desde ingeniería industrial, enfatiza resultados que privilegian innovación verde, como sistemas de agua eficientes (Zhang, et. al., 2021).

En la actualidad, recursos STEM digitales fortalecen las competencias que guían la formación de ingenieros civiles al combinar computación con principios sostenibles, preparando a los futuros profesionales para responder a crisis globales (Lee, 2025; Havish, 2024).

Evaluación y marcos de pensamiento crítico

La literatura revisada muestra instrumentos alternativos de evaluación del pensamiento crítico, como rúbricas integrales adaptadas a contextos civiles (Deo y Hölttä-Otto, 2023), marcos de interrogantes estructurados y retos aplicados a proyectos civiles, como la optimización de redes energéticas (Shanthi, et. al., 2025). Se observa, además, que las competencias computacionales son consideradas como un componente transversal en la evaluación del rendimiento académico (Hidayat, et. al., 2024), al tiempo que las vinculaciones con la industria prevalecen métricas aplicables a la innovación en materiales sostenibles (Potterf, 2025).

Discusión crítica

Los hallazgos evidencian una convergencia entre estrategias como la inteligencia artificial generativa y el PBL, que en conjunto potencian la resolución de problemas y la colaboración interdisciplinaria, así como la integración de sostenibilidad y justicia social, que refuerzan la dimensión ética del aprendizaje (Jiang, et. al., 2025; Islam, et. al., 2024; Coronado, et. al., 2021; Sabri, 2025) En general, los estudios reportan mejoras significativas en comprensión conceptual y mayor compromiso estudiantil, especialmente al combinar tecnologías con pedagogías activas (Hidayat, et. al., 2024; Mashwama y Madubela, 2025).

No obstante, el análisis crítico de la evidencia revela limitaciones importantes. Predominan enfoques cualitativos, que aportan profundidad, pero con escasa generalización por el reducido tamaño de las muestras (Hidayat, et. al., 2024). Estudios piloto destacan promesas innovadoras, aunque tamaños muestrales reducidos introducen riesgos de sobre interpretación (Guala, et. al., 2024). También se identifican sesgos de publicación positiva subestiman fallos, mientras que barreras de acceso a tecnologías agravan desigualdades en regiones subdesarrolladas (Shanthi, et. al., 2025).

Asimismo, persiste la falta de validación longitudinal y métricas holísticas para medir reflexión ética, confiando en auto reportes subjetivos (Li, et. al., 2022; Sabri, 2025). Para terminar, el uso intensivo de herramientas automatizadas plantea riesgos éticos, al depender en exceso de mediaciones tecnológicas (Shernoff, et. al., 2020; Islam, et. al., 2024).

De este modo, aunque la literatura revisada es optimista respecto al potencial de estas metodologías, se enfatiza la necesidad de estudios más sólidos, multidisciplinarios e inclusivos que contribuyan a superar sesgos culturales y escalar los métodos identificados. Esto requiere además la consolidación de vínculos entre academia e industria, para alinear la formación en ingeniería civil con demandas reales y globales (Xu, 2025; Bouwma-Gearhart, et. al., 2021; Sharma, et. al., 2021; Zhang, et. al., 2021; Shareef y Farivarsadri, 2020; Chen, D. A., et. al., 2020; Potterf, 2025).

CONCLUSIONES

En resumen, este estudio reafirma la propuesta de que las innovaciones didácticas, en particular el aprendizaje basado en proyectos, la inteligencia artificial generativa y los espacios de creación (makerspaces), constituyen estrategias clave para fortalecer el pensamiento crítico en la formación en ingeniería civil. Dichas metodologías no solo facilitan el desarrollo de habilidades analíticas, éticas y de resolución de problemas complejos, sino que también preparan a los futuros profesionales para abordar y responder desafíos globales en constante transformación (Deo y Hölttä-Otto, 2023; Bouwma-Gearhart, et. al., 2021)

La revisión de la literatura, dejó ver cuatro tendencias centrales: la incorporación de tecnologías digitales y de IA en la enseñanza; la consolidación del PBL y experiencias hápticas como recursos formativos; la integración de sostenibilidad y justicia social en los currículos; y la implementación de marcos de evaluación específicos para el pensamiento crítico. Estos enfoques mostraron mejoras en comprensión conceptual, motivación estudiantil y compromiso académico, aunque persisten limitaciones como muestras reducidas, sesgos de publicación y ausencia de validaciones longitudinales, que subrayan la necesidad de estudios más robustos y métricas holísticas para confirmar causalidad y escalabilidad (Jiang, et. al., 2025).

En última instancia, la integración sistémica de estas innovaciones pedagógicas activas en currículos de ingeniería civil se perfila como un requisito fundamental para consolidar una educación pertinente, interdisciplinaria y éticamente orientada, contribuyendo a sociedades más equitativas y adaptadas a los desafíos del siglo XXI. Como indican Pedrosó Martínez, Morales Armas y Tarifa Lozano (2024), la gestión educativa del ingeniero civil requiere precisamente esta articulación de dimensiones técnicas, sostenibles y éticas para responder a los desafíos actuales de la profesión.

Al final, se plantea como reflexión que la efectividad de estas innovaciones depende, además de su aplicación aislada, de su articulación en ecosistemas educativos inclusivos, con apoyo institucional y colaboración entre academia, industria y comunidades. Solo a través de esta visión integrada será posible escalar los resultados y garantizar que el pensamiento crítico se convierta en un eje transversal de la formación en ingeniería civil.

REFERENCIAS

Adriaenssens, S., Scanlan, J. (2021). Why civil engineering students should make things. *Civil Engineering Source*.

<https://www.asce.org/publications-and-news/civil-engineering-source/article/2021/04/22/why-civil-engineering-students-should-make-things>

- Bouwma-Gearhart, J., Choi, Y. H., Lenhart, C. A., Villanueva, I., Nadelson, L. S., Soto, E. (2021). Undergraduate students becoming engineers: The affordances of university-based makerspaces. *Sustainability*, 13(4), 1670.
<https://doi.org/10.3390/su13041670>
- Casper, A. M. A., Atadero, R. A., Fuselier, L. C. (2023). Bringing social justice context into civil engineering courses for first-year and third-year students. *Journal of Civil Engineering Education*, 150(2).
<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/JCEECD.EIENG-1857>
- Chen, D. A., Chapman, M. A., Mejia, J. A. (2020). Balancing complex social and technical aspects of design: Exposing engineering students to homelessness issues. *Sustainability*, 12(15), 5917.
<https://doi.org/10.3390/su12155917>
- Chen, R., Zheng, Y., Xu, X., Zhao, H., Ren, J., Tan, H. Z. (2020). STEM teaching for the Internet of Things maker course: A teaching model based on the iterative loop. *Sustainability*, 12(14), 5758.
<https://doi.org/10.3390/su12145758>
- Coronado, J. M., Moyano, A., Romero, V., Ruiz, R., Rodríguez, J. (2021). Student long-term perception of project-based learning in civil engineering education: An 18-year ex-post assessment. *Sustainability*, 13(4), 1949.
<https://doi.org/10.3390/su13041949>
- Deo, S., Hölltä-Otto, K. (2023). Critical thinking assessment in engineering education: A Scopus-based literature review. *Journal of Mechanical Design*, 1. <https://doi.org/10.1115/1.4064275>
- Facione, P. A. (2015). *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts*. Insight Assessment.
- Guala, I., Abril, D., Guerra, M. A., Durán-Ballén, S. (2024). Pilot study - Development of critical thinking in construction engineering students aided by artificial intelligence. *American Society for Engineering Education*.
<https://peer.asee.org/chatgpt-to-support-critical-thinking-in-construction-management-students.pdf>
- Havish, E. K. L. (2024). *Engineering education in the digital age: Preparing the next generation of innovators*. India Today. India's Best Colleges 2025.
<https://bestcolleges.indiatoday.in/news-detail/engineering-education-in-the-digital-age-preparing-the-next-generation-of-innovators>
- Hidayat, H., Zuhendra, Z., Efrizon, E., Delianti, V. I., Dewi, F. K., Isa, M. R. M., Harmanto, D., Tanucan, J. C. M. (2024). Computational thinking skills in engineering education: Enhancing academic achievement through

innovations, challenges, and opportunities. *TEM Journal*, 13(4), 3454–3467.

<https://doi.org/10.18421/TEM134-78>

Islam, M. Z., Leo, C. J., Zou, J. J., Liyanapathirana, S., Hu, P. (2024). Artificial intelligence in civil engineering education. *Proc. 3rd International Conference on Advancements in Engineering Education (iCAEED2024)*.

https://www.researchgate.net/publication/389721537_Artificial_Intelligence_in_Civil_Engineering_Education

Jiang, N., Zhou, W., Hasanzadeh, S., Duffy, V. G. (2025). Application of generative AI in civil engineering education: A systematic review of current research and future directions. *CIB Conferences*, 1, Article 306.

<https://doi.org/10.7771/3067-4883.1772>

Lee, S. (2025). *The ultimate guide to civil engineering in STEM education*.

<https://www.numberanalytics.com/blog/civil-engineering-stem-education>

Li, Y., Liu, C., Xu, K., Hao, X., Sui, S. (2022). A seven-question based critical thinking framework for cultivating innovation talents in engineering research and its implementation perspectives. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 236(9), 1157-1168.

<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/09544054221076232>

Mashwama, N. X., Madubela, B. (2025). Innovations in pedagogy and technology for engineering education: A systematic review. *Interdisciplinary Journal of Education Research*, 7(s1).

<https://doi.org/10.38140/ijer-2025.vol7.s1.10>

Mesa Barrera, Y., Márquez Delgado, J. E., Da Silva Robalo, N. T. (2024). Guía metodológica de práctica laboral para Ingeniería Civil, Universidad Lueji A'nkonde, Lunda Sul. *Revista Holón*, 2(6), 85-98. <https://up-rid.up.ac.pa/8331/>

Monterroza Montes, V. M. (2024). La inteligencia artificial en la educación y su impacto en la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación. *Revista Holón*, 2(6), 32-43.

<https://up-rid.up.ac.pa/8330/>

Pedroso Martínez, M., Morales Armas, O., Tarifa Lozano, L. (2024). Gestión educativa del ingeniero civil desde la estrategia curricular humanística. *Revista Holón*, 2(5), 125-137.

<https://up-rid.up.ac.pa/8097/>

Potterf, T. (2025). *Bridging education and industry innovation*. SU News.

<https://www.seattleu.edu/newsroom/2025/bridging-education-and-industry-innovation.php>

Sabri, O. K. (2025). Rethinking sustainability in engineering education: A call for systemic change. *Front. Educ.*, 10.

<https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1587430>

- Shanthy, B., Ravichandran, C., Manimegalai, V., Parashar, A. K., S., H. B. (2025). Critical thinking in higher education through innovative strategies: Out-of-the-box thinking. *IGI Global Scientific Publishing*, 34. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-4058-5.ch015>
- Shareef, S. S., Farivarsadri, G. (2020). An innovative framework for teaching/learning technical courses in architectural education. *Sustainability*, 12(22), 9514. <https://doi.org/10.3390/su12229514>
- Sharma, A., Bodger, C., Elahi, A., Halbich, R., Jyoti, H., Kennedy, R., Kravis, R., Law, B. M., Li, A., Lim, D., Lu, E., Luu, C., Patajo, A., Sigal, A., Wells, V., Browne, C. A. (2021). Shared learning from the implementation of a technical leadership program. *Sustainability*, 13(11), 6433. <https://doi.org/10.3390/su13116433>
- Shernoff, D. J., Ryu, J., Ruzek, E., Collier, B., Prantil, V. (2020). The transportability of a game-based learning approach to undergraduate mechanical engineering education: Effects on student conceptual understanding, engagement, and experience. *Sustainability*, 12(17), 6986. <https://doi.org/10.3390/su12176986>
- Verma, R. M., Devi, M., Bishnoi, S., Jain, R. K. C. (2022). Critical thinking process and its effect on engineering. *World Journal of English Language*, 12(3), 149. <https://ideas.repec.org/a/jfr/wjel11/v12y2022i3p149.html>
- Xu, L. (2025). Innovative interdisciplinary models in engineering education: Transforming practices across global universities. *Engineering Education Review*, 2(3), 129–144. <https://doi.org/10.54844/eer.2024.0846>
- Zhang, X., Ma, Y., Jiang, Z., Chandrasekaran, S., Wang, Y., Fofou, R. F. (2021). Application of design-based learning and outcome-based education in basic industrial engineering teaching: A new teaching method. *Sustainability*, 13(5), 2632. <https://doi.org/10.3390/su13052632>

Contribución Autoral

Autor: Desarrolló la totalidad del trabajo desde la selección de la bibliografía, la recolección de datos, la redacción del artículo y la discusión de los resultados con el manejo de datos.