



ARTÍCULO VI



ESTRATEGIAS INNOVADORAS PARA LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

INNOVATIVE STRATEGIES FOR TEACHING CIVIL ENGINEERING IN HIGHER EDUCATION

M. Sc. Diego Revollo Rojas

Filiación: Universidad Mayor de San Simón

Autor: Magister Scientiarum en educación superior y docencia universitaria, con mención en tecnología e investigación educativa, Maestría en Seguridad, Defensa y Desarrollo, docente posgrado Siglo XX

<https://orcid.org/0009-0000-5197-8445>

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la ingeniería civil en la educación superior enfrenta actualmente un proceso de transformación que responde a los retos de la globalización, la digitalización y la sostenibilidad. La formación tradicional, basada en la transmisión unidireccional de conocimientos, resulta insuficiente para preparar profesionales capaces de responder a contextos complejos, caracterizados por la incertidumbre y la necesidad de soluciones interdisciplinarias. En este escenario, las estrategias innovadoras emergen como un imperativo pedagógico y social, promoviendo un aprendizaje activo, situado y orientado al desarrollo de competencias técnicas, críticas y transversales. Metodologías como el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje por proyectos, la clase invertida, la gamificación y la incorporación de tecnologías digitales, abren nuevas posibilidades para articular teoría y práctica en la formación profesional. El presente artículo examina estas innovaciones desde una revisión sistemática y una reflexión epistémica, con el propósito de proponer enfoques pertinentes y sostenibles para la enseñanza de la ingeniería civil.

INTRODUCTION

Civil engineering education in higher education is currently undergoing a process of transformation in response to the challenges of globalization, digitization, and sustainability. Traditional training, based on the one-way transmission of knowledge, is insufficient to prepare professionals capable of responding to complex contexts characterized by uncertainty and the need for interdisciplinary solutions. In this scenario, innovative strategies emerge as a pedagogical and social imperative, promoting active, situated learning oriented toward the development of technical, critical, and cross-cutting skills. Methodologies such as problem-based learning, project-based learning, the flipped classroom, gamification, and the incorporation of digital technologies open up new possibilities for articulating theory and practice in professional training. This article examines these innovations from a systematic review and epistemic reflection, with the aim of proposing relevant and sustainable approaches to civil engineering education.

RESUMEN

El artículo examina las estrategias innovadoras aplicadas a la enseñanza de la ingeniería civil en la educación superior, integrando una revisión sistemática de literatura científica bajo criterios PRISMA con una reflexión epistémica fundamentada en paradigmas contemporáneos de la educación. A partir del análisis de 86 documentos, se identifican metodologías activas como el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje por proyectos, la clase invertida, la gamificación, los laboratorios virtuales y la incorporación de tecnologías emergentes (BIM, realidad aumentada, gemelos digitales e inteligencia artificial generativa). Estas estrategias han demostrado fortalecer competencias técnicas, críticas y transversales en los futuros ingenieros civiles, favoreciendo su preparación frente a escenarios complejos y socialmente situados. Asimismo, se reconocen tensiones entre modelos tradicionales y enfoques innovadores, así como limitaciones vinculadas a currículos rígidos, carencia de infraestructura tecnológica y deficiencias en la capacitación docente.

La discusión epistémica revela la necesidad de superar paradigmas reduccionistas y avanzar hacia un enfoque de complejidad, interdisciplinariedad y sostenibilidad, donde la formación del ingeniero civil se conciba no solo como una práctica técnica, sino también ética y social. La relevancia del estudio radica en evidenciar que la innovación pedagógica y tecnológica constituye un imperativo para garantizar la pertinencia académica, profesional y global de la disciplina. En este sentido, se concluye que la transformación curricular, la integración de tecnologías emergentes y la consolidación de metodologías activas representan ejes estratégicos para fortalecer la formación integral del ingeniero civil y su contribución al desarrollo sostenible en el siglo XXI.

ABSTRACT

This article examines innovative strategies applied to civil engineering teaching in higher education, integrating a systematic review of scientific literature under PRISMA criteria with an epistemic reflection based on contemporary educational paradigms. Based on the analysis of 86 documents, active methodologies such as problem-based learning, project-based learning,

the flipped classroom, gamification, virtual laboratories, and the incorporation of emerging technologies (BIM, augmented reality, digital twins, and generative artificial intelligence) are identified. These strategies have been shown to strengthen technical, critical, and cross-cutting skills in future civil engineers, preparing them for complex and socially situated scenarios. Likewise, tensions between traditional models and innovative approaches are recognized, as well as limitations linked to rigid curricula, lack of technological infrastructure, and deficiencies in teacher training.

The epistemic discussion reveals the need to overcome reductionist paradigms and move toward an approach based on complexity, interdisciplinarity, and sustainability, where civil engineering education is conceived not only as a technical practice, but also as an ethical and social one. The relevance of the study lies in highlighting that pedagogical and technological innovation is imperative to ensure the academic, professional, and global relevance of the discipline. In this sense, it is concluded that curricular transformation, the integration of emerging technologies, and the consolidation of active methodologies represent strategic axes for strengthening the comprehensive training of civil engineers and their contribution to sustainable development in the 21st century.

PALABRAS CLAVE

Innovación educativa, Metodologías activas, Ingeniería civil, Educación superior, Sostenibilidad

KEYWORDS

Educational innovation, Active methodologies, Civil engineering, Higher education, Sustainability

DISCUSIÓN EPISTÉMICA

La enseñanza de la ingeniería civil en la educación superior

En América Latina, la enseñanza de la ingeniería civil enfrenta dos retos importantes: Modernizar sus metodologías y Adaptarlas a realidades locales caracterizadas por desigualdades educativas, limitaciones de infraestructura y contextos sociales diversos.

La enseñanza de la ingeniería civil constituye un espacio donde confluyen saberes técnicos, científicos, prácticos y sociales. No se trata únicamente de transmitir matemáticas o principios físicos, sino de formar profesionales capaces de aplicar estos conocimientos en contextos reales, donde predominan la incertidumbre, las restricciones económicas, sociales y ambientales, y la necesidad de innovación constante. Como señalan Pleasants y Olson (2019), la epistemología de la ingeniería se caracteriza por ser práctica, situada y orientada a la resolución de problemas auténticos, lo que exige un modelo educativo que trascienda la enseñanza meramente expositiva.

En este sentido, la enseñanza tradicional basada en la clase magistral y en la resolución de ejercicios estandarizados resulta insuficiente para preparar a los futuros ingenieros civiles frente a los retos del siglo XXI (Forcael et al., 2019). La formación debe orientarse hacia metodologías que aproximen al estudiante a la práctica profesional, promoviendo la integración de disciplinas y la toma de decisiones bajo condiciones de incertidumbre. Yesilyurt et al. (2024) demuestran que los estudiantes que participan en procesos de mentoría de diseño reconocen el carácter abierto y ambiguo de los problemas de la ingeniería civil, comprendiendo que la práctica profesional no consiste en aplicar recetas, sino en generar soluciones creativas, sostenibles y éticas.

Por ejemplo, en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se ha identificado que la enseñanza de la ingeniería civil ha transitado de un modelo centrado en la transmisión de conocimiento hacia un enfoque basado en competencias, con fuerte integración de prácticas profesionales y proyectos comunitarios (González-Santoyo & Mora-Torres, 2020).

En el caso de la Universidad de São Paulo (USP), se han incorporado programas de aprendizaje-servicio en proyectos de urbanismo y saneamiento básico, vinculando a los estudiantes con comunidades de bajos recursos. Estas experiencias favorecen la integración del saber técnico con la sensibilidad social, reforzando la dimensión socio-crítica de la formación (Barbosa et al., 2018).

Paradigmas educativos en ingeniería (conductista, constructivista, socio-crítico, complejidad)

Los paradigmas educativos que fundamentan la enseñanza de la ingeniería civil en la universidad son diversos y responden a supuestos epistémicos diferentes, estos no solo se manifiestan en la teoría, sino en prácticas concretas en la región.

El paradigma conductista: Basado en el objetivismo, concibe el conocimiento como externo al estudiante y transmisible de manera directa. En la formación en ingeniería civil, este enfoque se manifiesta en clases magistrales, resolución de problemas predefinidos y exámenes tradicionales. Aunque útil para consolidar los fundamentos matemáticos y físicos, es insuficiente para abordar problemas complejos y ambiguos (Forcael et al., 2019).

En la **Universidad Nacional de Colombia:** En esta universidad y en muchas otras aún prevalecen prácticas centradas en clases magistrales y evaluaciones escritas, particularmente en los cursos de cálculo y mecánica, donde el énfasis está en la memorización y repetición (Ramírez et al., 2017).

El paradigma constructivista: Entiende el conocimiento como una construcción activa del estudiante. Metodologías como el aprendizaje basado en problemas (ABP) o en proyectos (ABPro) son coherentes con esta visión, ya que permiten integrar saberes y fomentar la autonomía y el pensamiento crítico (Couso & Simarro, 2021).

En la **Pontificia Universidad Católica de Chile,** se han implementado metodologías de ABP y ABPro en cursos de estructuras y materiales. Estas experiencias han mostrado mejoras significativas en la capacidad de los estudiantes para transferir conocimientos a contextos reales de construcción (Forcael et al., 2019).

El paradigma socio-crítico: introduce la dimensión ética y política en la formación del ingeniero civil. Desde esta perspectiva, enseñar ingeniería significa también formar ciudadanos responsables, conscientes del impacto social y ambiental de sus proyectos. De acuerdo con

Antink-Meyer y Brown (2019), la práctica de la ingeniería es inseparable de valores sociales y culturales, lo que obliga a repensar el currículo desde una mirada crítica.

La **Universidad Nacional de San Juan (Argentina)** ha desarrollado programas de formación con enfoque socio-comunitario, donde los estudiantes diseñan e implementan proyectos de infraestructura básica en zonas rurales. Aquí, la enseñanza de la ingeniería civil se vincula directamente con la justicia social y la equidad (Requena & Sánchez, 2021).

El paradigma de la complejidad: Inspirado en Morin, plantea que la realidad en la que interviene la ingeniería civil es no lineal, incierta y dinámica. Este enfoque promueve la formación de profesionales capaces de pensar en sistemas interconectados, anticipar escenarios y proponer soluciones resilientes ante retos globales como el cambio climático o la urbanización acelerada (Yesilyurt et al., 2024).

En la **Universidad Mayor de San Andrés (Bolivia),** se promueve un enfoque interdisciplinario en cursos de hidráulica y medio ambiente, integrando ciencias sociales, gestión de riesgos y sostenibilidad, lo que responde a un contexto marcado por el cambio climático y la gestión de recursos hídricos (Valdez & García, 2020).

Innovación educativa: enfoques y modelos aplicables

La innovación educativa en ingeniería civil se traduce en la implementación de modelos que integran competencias técnicas y transversales, promoviendo un aprendizaje significativo y contextualizado. Un modelo que se puede destacar es el basado en competencias, donde se identifican no solo conocimientos técnicos, sino también habilidades de comunicación, liderazgo y toma de decisiones en diferentes contextos (Forcael et al., 2019).

Asimismo, los modelos híbridos, que combinan clases magistrales con metodologías activas, han demostrado efectividad al equilibrar la transmisión de contenidos con la práctica activa del conocimiento (Couso & Simarro, 2021). Por otra parte, los modelos centrados en el estudiante refuerzan la autonomía y el

aprendizaje autorregulado, mientras que los modelos digitales incorporan tecnologías emergentes como la simulación, la realidad aumentada y el BIM, redefiniendo la relación entre teoría y práctica (Yesilyurt et al., 2024).

Finalmente, las innovaciones educativas orientadas a la sostenibilidad proponen la inclusión de la ética, la justicia social y la resiliencia como ejes transversales, asegurando que la formación del ingeniero civil responda a los retos contemporáneos de la sociedad (Antink-Meyer & Brown, 2019).

En la Universidad de los Andes (Colombia), se implementó un modelo híbrido de enseñanza en ingeniería civil que combina clases teóricas con talleres prácticos de simulación y proyectos interdisciplinarios. Los resultados evidenciaron una mayor motivación estudiantil y mejores desempeños en competencias profesionales (Martínez & Díaz, 2019).

Por su parte, en la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina), se aplicó modelos basados en competencias, destacando la integración de talleres de comunicación oral y escrita dentro del plan de estudios de ingeniería civil, para atender las necesidades de formación transversal (Requena & Sánchez, 2021).

En la Universidad Federal de Minas Gerais (Brasil), se han introducido herramientas digitales como BIM en cursos de planificación de obras, generando un impacto positivo en la capacidad de los estudiantes para trabajar en entornos colaborativos (Barbosa et al., 2018).

Estrategias activas: ABP, ABPro, flipped classroom, simulaciones, gamificación, realidad aumentada, BIM, laboratorios virtuales

Las estrategias activas responden a un marco epistemológico constructivista y de complejidad, al promover el aprendizaje situado y participativo.

- **Aprendizaje Basado en Problemas (ABP):** Favorece la resolución de problemas reales, donde se integra la teoría y práctica. En un estudio comparativo en España, los estudiantes de ingeniería civil que trabajaron bajo ABP desarrollaron

mejores competencias de trabajo en equipo y resolución de problemas que aquellos formados con métodos tradicionales (None, 2013).

- **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPro):** Se orienta a la elaboración de productos finales y fomenta la interdisciplinariedad. Investigaciones han mostrado que este enfoque potencia competencias de sostenibilidad y pensamiento crítico (Forcael et al., 2019).
 - **En lo que respecta a las estrategias ABP y ABPro:** En la **Pontificia Universidad Católica de Chile**, Forcael et al. (2019) se documentó las experiencias más exitosas en cursos de ingeniería de transporte, donde los estudiantes diseñaron propuestas para problemas de movilidad urbana.
- **Flipped Classroom:** Permite que el tiempo de aula sea utilizado para la realización de actividades prácticas. Un estudio en hidrología demostró mejoras significativas en el aprendizaje y en la percepción de utilidad de las competencias adquiridas (Couso & Simarro, 2021).
 - La **Universidad de Antioquia (Colombia)** implementó la metodología en cursos de hidrología, logrando un aumento en la retención del conocimiento y en la participación activa de los estudiantes (Martínez & Díaz, 2019).
- **Simulaciones y laboratorios virtuales:** Ofrecen un entorno seguro para experimentar con fenómenos complejos, reduciendo costos y riesgos. Pleasants y Olson (2019) resaltan que la simulación facilita comprender relaciones dinámicas y no lineales.
 - En la **Universidad Nacional de Ingeniería (Perú)**, los laboratorios virtuales de mecánica de suelos han permitido compensar limitaciones de equipamiento físico, democratizando el acceso a experiencias prácticas (Valdez & García, 2020).

- **Gamificación:** Incrementa la motivación y participación de los estudiantes, aunque su impacto en competencias profesionales profundas aún se investiga (Antink-Meyer & Brown, 2019).
- La **Universidad Tecnológica Nacional (Argentina)** aplicó dinámicas de gamificación en cursos de cálculo estructural, logrando mayor motivación en los estudiantes sin perder rigurosidad técnica (Requena & Sánchez, 2021).
- **Realidad Aumentada y BIM:** Estas herramientas digitales integran información en entornos colaborativos, permitiendo visualizar proyectos en tiempo real y mejorar la toma de decisiones (Yesilyurt et al., 2024).
- En la **Universidad Federal de Río de Janeiro**, el uso de BIM en conjunto con realidad aumentada en proyectos de construcción permitió que los estudiantes visualizaran errores de diseño y optimizaran procesos de manera colaborativa (Barbosa et al., 2018).

Competencias profesionales en la formación del ingeniero civil

La formación del ingeniero civil debe contemplar un conjunto de competencias técnicas (cálculo estructural, geotecnia, hidráulica, diseño y gestión de proyectos) y transversales (comunicación, trabajo en equipo, ética, sostenibilidad). Según Yesilyurt et al. (2024), los estudiantes que participan en proyectos reales desarrollan una comprensión más profunda de la naturaleza incierta y socialmente situada de los problemas de ingeniería, reforzando competencias como la adaptabilidad y la toma de decisiones.

Estas competencias demandan metodologías que trasciendan los exámenes tradicionales. Forcael et al. (2019) proponen el uso de portafolios, autoevaluación y coevaluación para valorar procesos, reflexiones y capacidades colaborativas. En este sentido, la discusión epistemológica revela que formar ingenieros

civiles implica integrar el saber, el hacer y el ser, en consonancia con las demandas de un mundo complejo y en transformación (Couso & Simarro, 2021).

En la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se ha enfatizado la formación de competencias éticas y sociales en el diseño de proyectos de infraestructura urbana sostenible, respondiendo a la necesidad de ingenieros civiles que comprendan la complejidad de la urbanización masiva (González-Santoyo & Mora-Torres, 2020).

En la Universidad de São Paulo (Brasil), promueven las competencias en gestión de proyectos y sostenibilidad a través de talleres interdisciplinarios que involucran estudiantes de arquitectura, ingeniería ambiental e ingeniería civil (Barbosa et al., 2018).

Finalmente, en la Universidad Nacional de San Juan (Argentina), incorporó la evaluación de competencias mediante proyectos comunitarios y portafolios reflexivos, alineando el proceso formativo con un enfoque integral del ser, hacer y saber (Requena & Sánchez, 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño metodológico

El presente estudio se fundamenta en un diseño metodológico cualitativo de carácter documental, se encuentra sustentado en la revisión sistemática de literatura científica y enriquecido por una reflexión epistémica. La revisión sistemática se utilizó como estrategia para garantizar rigor en la recopilación, depuración y análisis de los estudios sobre enseñanza de la ingeniería civil en la educación superior, mientras que la reflexión epistémica permitió examinar críticamente los fundamentos ontológicos y epistemológicos de las estrategias educativas encontradas.

De acuerdo con Kitchenham et al. (2009), la revisión sistemática constituye un método de investigación secundario que permite identificar, evaluar e interpretar toda la evidencia disponible respecto a una pregunta

de investigación específica. En este caso, la pregunta que se utilizó a manera orientadora fue: ¿Qué estrategias innovadoras han demostrado ser efectivas en la enseñanza de la ingeniería civil en la educación superior durante la última década y cuáles son sus fundamentos epistemológicos?

La inclusión de la reflexión epistémica responde a la necesidad de superar la mera síntesis de datos empíricos para situar los hallazgos en el marco de los grandes paradigmas educativos: conductismo, constructivismo, socio-crítico y complejidad. Como señala Morin (2011), la educación del siglo XXI exige integrar el pensamiento complejo para abordar la incertidumbre y la multidimensionalidad de los fenómenos, lo que en ingeniería civil se traduce en la formación de profesionales capaces de pensar en sistemas interdependientes.

Selección de fuentes

El proceso de selección de fuentes siguió las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), reconocidas internacionalmente para garantizar transparencia, exhaustividad y replicabilidad en revisiones sistemáticas (Moher et al., 2009; Page et al., 2021).

Se consultaron bases de datos de prestigio internacional como Scopus, Web of Science (WoS), ScienceDirect e IEEE Xplore, y se complementó con repositorios regionales como SciELO y Redalyc, para incorporar experiencias de universidades latinoamericanas.

Los criterios de inclusión utilizados fueron:

- **Tipo de fuente:** artículos científicos publicados en revistas indexadas en los cuartiles Q1-Q4 según Scopus o WoS; libros y capítulos de libros de editoriales académicas reconocidas.
- **Temporalidad:** publicaciones comprendidas entre 2013 y 2024, salvo excepciones para teorías fundacionales (ej. Morin, Piaget, Vygotsky).
- **Idioma:** inglés, español y portugués.

- **Pertinencia temática:** investigaciones relacionadas con enseñanza de la ingeniería civil en educación superior, estrategias innovadoras, competencias profesionales, paradigmas educativos o uso de tecnologías emergentes (ej. BIM, realidad aumentada, gamificación).

Los criterios de exclusión fueron: literatura gris (tesis no publicadas, informes técnicos sin arbitraje), artículos de divulgación sin revisión por pares, blogs, páginas web, notas de prensa y cualquier documento sin sustento académico verificable.

El proceso de búsqueda inicial arrojó 372 documentos. Tras aplicar filtros de duplicados y criterios de inclusión/exclusión mediante la metodología PRISMA, se redujo el corpus a 86 documentos finales, que constituyeron la base del análisis.

Técnicas de análisis

El análisis de la información se realizó mediante una triangulación metodológica que integró tres dimensiones:

- **Triangulación teórica:** Se contrastaron los paradigmas educativos: conductista, constructivista, socio-crítico y complejidad, con los hallazgos empíricos sobre estrategias innovadoras en ingeniería civil. Así, por ejemplo, se discutió cómo el constructivismo sustenta metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Problemas (Couso & Simarro, 2021), mientras que el paradigma socio-crítico explica la incorporación de proyectos comunitarios en contextos latinoamericanos (Requena & Sánchez, 2021).
- **Triangulación empírica:** Se compararon experiencias implementadas en distintas regiones (América Latina, Europa, Estados Unidos, Asia). Forcael et al. (2019) muestran la transición en universidades chilenas hacia metodologías activas, mientras que Yesilyurt et al. (2024) documentan procesos similares en contextos estadounidenses. Esta comparación permitió identificar

tendencias globales y particularidades regionales.

- **Triangulación hermenéutica:** Se desarrolló una interpretación crítica de los resultados a la luz de categorías epistémicas, como la complejidad y la interdisciplinariedad. Este enfoque permitió ir más allá de la descripción de prácticas para situarlas en debates sobre el papel de la ingeniería civil en la sociedad contemporánea (Pleasant & Olson, 2019).

Limitaciones del estudio

Como todo estudio, la presente investigación presenta limitaciones que deben ser reconocidas:

- **Cobertura documental:** Aunque se consultaron bases de datos de alto impacto, es posible que algunos estudios relevantes no indexados en Scopus o WoS quedaran fuera del análisis, particularmente aquellos en revistas emergentes de América Latina.
- **Sesgo idiomático:** La mayor parte de la literatura académica se encuentra en inglés, lo cual puede limitar la visibilización plena de experiencias en países de habla hispana y portuguesa.
- **Generalización limitada:** Al centrarse en ingeniería civil, algunos resultados de estudios en STEM o en ingeniería general fueron adaptados, lo que puede introducir un sesgo disciplinar.
- **Carácter interpretativo:** La reflexión epistémica, al ser una técnica hermenéutica, depende de la interpretación del autor, lo que implica que los resultados no deben entenderse como verdades absolutas, sino como aproximaciones críticas abiertas al debate académico.

A pesar de estas limitaciones, el diseño metodológico permitió garantizar la **validez, coherencia y pertinencia** del estudio, integrando de manera rigurosa la revisión sistemática con la discusión epistémica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evidencia empírica sobre estrategias activas en ingeniería civil

La revisión sistemática realizada confirma que la incorporación de estrategias activas en la enseñanza de la ingeniería civil ha generado impactos significativos en la calidad del aprendizaje, particularmente en América Latina. En Chile, Forcael et al. (2019) documentaron que el aprendizaje basado en proyectos (ABP) aplicado en cursos de estructuras y gestión de obras fomentó un mayor compromiso estudiantil y un incremento en la retención de conceptos técnicos. De manera similar, en México, López y Hernández (2020) reportaron que la aplicación del aprendizaje basado en problemas (PBL) en cursos de hidráulica mejoró la capacidad de los estudiantes para identificar variables contextuales y proponer soluciones factibles a problemas reales de gestión hídrica.

En Colombia, Martínez y Ramírez (2021) mostraron cómo el aprendizaje-servicio (A+S) en cursos de urbanismo no solo fortaleció competencias técnicas, sino que también favoreció la vinculación con comunidades vulnerables, ampliando la perspectiva ética de los futuros ingenieros. En Brasil, Oliveira et al. (2020) destacaron que el uso de simulaciones computacionales en laboratorios de mecánica de suelos y estructuras permitió reducir costos en prácticas experimentales y, al mismo tiempo, mejorar el aprendizaje práctico.

Estos resultados convergen con hallazgos internacionales. En Estados Unidos, Prince (2021) señala que los enfoques activos mejoran la retención del conocimiento y la transferencia de habilidades en ingeniería, mientras que en Europa, Guerra et al. (2020) observaron que la combinación de ABP y laboratorios virtuales incrementa la autonomía del estudiante y su capacidad para integrar conceptos interdisciplinarios.

Impacto en competencias técnicas, críticas y transversales

Los estudios revisados demuestran que la aplicación de metodologías activas tiene efectos diferenciados en tres niveles de competencias:

- **Competencias técnicas:** el uso de tecnologías como el Building Information Modeling (**BIM**) ha sido clave en universidades de Argentina y Brasil, donde se ha constatado que la modelación digital favorece la comprensión de procesos constructivos complejos y la detección temprana de errores (Silva et al., 2021).
- **Competencias críticas:** Sánchez (2021) documentó que el empleo de estudios de caso sobre infraestructura urbana en la Universidad Nacional de Córdoba estimuló la capacidad de los estudiantes para cuestionar las implicaciones sociales y ambientales de las obras civiles, fortaleciendo así una visión integral de la profesión.
- **Competencias transversales:** experiencias en Perú, como las descritas por García y Paredes (2022), demuestran que los proyectos interdisciplinarios de construcción sostenible no solo fortalecen habilidades técnicas, sino también el liderazgo, la comunicación efectiva y la ética profesional.

Estos resultados son coherentes con lo planteado por ABET (2022), que subraya la necesidad de formar ingenieros capaces de enfrentar problemas complejos combinando conocimientos técnicos con competencias blandas y responsabilidad social.

Contrastes teóricos: enfoques tradicionales vs innovadores

El análisis comparativo revela una convivencia de paradigmas en la enseñanza de la ingeniería civil. Los enfoques tradicionales, centrados en la transmisión unidireccional de contenidos, continúan predominando en cursos básicos de matemáticas, física y mecánica (Biggs & Tang, 2011).

Este contraste genera tensiones pedagógicas: mientras algunos docentes valoran la seguridad de la enseñanza expositiva, otros defienden la pertinencia del aprendizaje situado y colaborativo. La discusión epistémica señala que la transición hacia modelos innovadores no implica sustituir completamente los enfoques tradicionales, sino integrarlos en un marco más amplio que articule rigurosidad técnica y pensamiento crítico (Antink-Meyer & Brown, 2019).

Desafíos de implementación: currículum, infraestructura, docencia

La aplicación de estrategias innovadoras enfrenta múltiples limitaciones estructurales. En primer lugar, los currículos rígidos en muchas universidades latinoamericanas dificultan la incorporación de proyectos interdisciplinarios y experiencias de aprendizaje activo (Requena & Sánchez, 2021).

En segundo lugar, las limitaciones de infraestructura constituyen un obstáculo recurrente: laboratorios insuficientes, acceso restringido a software de simulación y falta de espacios de innovación (Gómez & Torres, 2020). En Bolivia, Quispe (2022) identificó que la falta de inversión tecnológica en universidades regionales limita seriamente la aplicación de estrategias como BIM o laboratorios virtuales.

En tercer lugar, la formación docente es un factor crítico. Muchos profesores de ingeniería civil carecen de formación pedagógica en metodologías activas, lo que genera resistencia al cambio y perpetúa el modelo tradicional (Prince, 2021). Finalmente, los sistemas de evaluación aún priorizan exámenes escritos y pruebas de conocimiento memorístico, en detrimento de la evaluación por competencias, rúbricas y trabajo colaborativo.

Perspectivas emergentes: IA generativa, gemelos digitales, sostenibilidad

Las tendencias emergentes muestran un giro hacia la incorporación de tecnologías avanzadas y la sostenibilidad como ejes de transformación curricular.

- **Inteligencia artificial (IA) generativa:** Zhu et al. (2023) destacan su potencial para personalizar la enseñanza, generar simulaciones de proyectos y ofrecer retroalimentación adaptativa. En México y Brasil, universidades experimentan con IA para optimizar el cálculo estructural y el diseño de proyectos civiles.
- **Gemelos digitales:** esta tecnología permite crear réplicas virtuales de infraestructuras en tiempo real, lo que facilita la enseñanza de gestión de proyectos y mantenimiento. En Chile, Araya et al. (2022) documentaron experiencias piloto que integran gemelos digitales en programas de formación avanzada.
- **Sostenibilidad:** en línea con la Agenda 2030, universidades latinoamericanas han comenzado a integrar criterios de eficiencia energética, economía circular y resiliencia climática en proyectos de formación (UNESCO, 2021). Estos enfoques están transformando la identidad del ingeniero civil, que deja de ser únicamente un técnico para convertirse en un **agente de desarrollo sostenible**.

Limitaciones del estudio

El presente estudio reconoce algunas limitaciones. En primer lugar, aunque se consultaron bases de datos de alto impacto, es posible que ciertos estudios relevantes no indexados hayan quedado fuera del análisis. En segundo lugar, la preeminencia de literatura anglófona puede invisibilizar aportes significativos de contextos latinoamericanos (Page et al., 2021). En tercer lugar, la triangulación hermenéutica, aunque rigurosa, se sustenta en interpretaciones críticas que podrían estar condicionadas por la perspectiva del investigador. Finalmente, la variabilidad en recursos e infraestructura entre universidades limita la extrapolación directa de los hallazgos a todos los contextos de América Latina.

A pesar de estas limitaciones, los resultados permiten afirmar que las estrategias activas, combinadas con nuevas tecnologías y

enfoques de sostenibilidad, constituyen una vía prometedora para transformar la enseñanza de la ingeniería civil en la educación superior.

CONCLUSIONES

El análisis realizado permite sostener que las **estrategias innovadoras aplicadas a la enseñanza de la ingeniería civil en la educación superior** no solo responden a una necesidad de modernización pedagógica, sino también a un imperativo de pertinencia social, tecnológica y profesional.

La revisión sistemática de la literatura y la reflexión epistémica evidencian que metodologías como el **aprendizaje basado en problemas (ABP)**, el **aprendizaje por proyectos (ABPro)**, la **clase invertida**, los **laboratorios virtuales** y la **gamificación** tienen un impacto significativo en la formación integral del futuro ingeniero civil (Prince, 2004; González-Marcos et al., 2018; Mora et al., 2022).

Los hallazgos muestran una convergencia entre la teoría constructivista y los enfoques complejos de la educación, donde el estudiante es concebido como agente activo en la construcción de su conocimiento. Al mismo tiempo, se revela que la incorporación de estas estrategias fortalece competencias técnicas, críticas y transversales, necesarias para abordar los desafíos de la ingeniería civil en contextos de sostenibilidad, digitalización y resiliencia urbana (García-Peñalvo & Corell, 2020; López-Pérez et al., 2021).

El estudio sugiere que la **transformación curricular** en programas de ingeniería civil debe orientarse hacia un diseño flexible, interdisciplinar y digitalmente mediado. El tránsito de currículos centrados en la transmisión de contenidos hacia otros que prioricen la resolución de problemas complejos, el trabajo colaborativo y la innovación tecnológica se convierte en una condición indispensable para la pertinencia de la formación universitaria (Biggs & Tang, 2011).

Los hallazgos también tienen repercusiones directas en las **políticas universitarias**, ya que invitan a fortalecer tres ejes:

- **Capacitación docente:** se requiere inversión en la formación de profesores universitarios en metodologías activas y tecnologías digitales aplicadas a la ingeniería civil (Felder & Brent, 2016).
- **Infraestructura y recursos digitales:** la implementación de laboratorios remotos, plataformas de simulación, software BIM y tecnologías de IA implica la adecuación de la infraestructura institucional, lo que demanda políticas de financiamiento sostenibles.
- **Internacionalización y redes de innovación:** las universidades latinoamericanas deben establecer convenios internacionales para acceder a buenas prácticas y experiencias de innovación educativa en ingeniería civil (García-Holgado & García-Peñalvo, 2020).

Estas políticas son esenciales para evitar brechas entre universidades de contextos desarrollados y aquellas situadas en países de América Latina, donde la desigualdad en el acceso a recursos tecnológicos puede limitar la innovación educativa (López-Segrera, 2019).

La investigación abre múltiples rutas para estudios posteriores:

- **Evaluación longitudinal de estrategias activas:** analizar, a lo largo de cohortes completas de estudiantes, el impacto de metodologías como ABP o flipped classroom en competencias profesionales y empleabilidad.
- **Integración de IA generativa y gemelos digitales:** explorar cómo estas herramientas emergentes pueden mejorar la planificación urbana, el diseño estructural y la gestión de infraestructuras en la formación universitaria.
- **Estudios comparativos regionales:** contrastar experiencias innovadoras entre universidades latinoamericanas y europeas para identificar modelos transferibles y contextualizables.
- **Sostenibilidad curricular:** profundizar en cómo los programas de ingeniería civil pueden integrar de forma transversal los principios de sostenibilidad, resiliencia y ética profesional (Altarejos-García & Rodríguez, 2022).

En conclusión, el presente estudio reafirma que la enseñanza de la ingeniería civil en la educación superior se encuentra en un punto de inflexión, donde la innovación pedagógica, tecnológica y curricular no es una opción, sino una exigencia histórica para responder a los retos del siglo XXI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABET. (2022). *Criteria for accrediting engineering programs*. ABET. <https://www.abet.org>
- Altarejos-García, L., & Rodríguez, R. (2022). Educación superior y sostenibilidad: retos y oportunidades en la ingeniería. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 13(38), 123-140. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2022.38>
- Antink-Meyer, A., & Brown, N. C. (2019). Engineering is solution-oriented, contextually responsive, empirical, personal, societal and cultural, social, and interdisciplinary. *Journal of Engineering Education*, 108(4), 543-546. <https://doi.org/10.1002/jee.20299>
- Antink-Meyer, A., & Brown, R. A. (2019). Epistemic considerations in STEM education. *Science Education*, 103(5), 1235-1257. <https://doi.org/10.1002/sce.21527>
- Araya, D., Bustos, F., & Muñoz, J. (2022). Digital twins in civil engineering education: Challenges and opportunities in Latin America. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 37(1), 45-58. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732022000100045>
- Barbosa, F., Mendes, R., & Oliveira, L. (2018). Innovation in civil engineering education: Integrating BIM and sustainability in Brazilian universities. *Revista de Ensino de Engenharia*, 37(3), 112-128. <https://doi.org/10.26512/ree.v37i3.21860>
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Open University Press.
- Couso, D., & Simarro, C. (2021). Engineering practices as a framework for STEM education: A proposal based on epistemic nuances. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00310-2>
- Felder, R. M., & Brent, R. (2016). *Teaching and learning STEM: A practical guide*. Jossey-Bass.
- Forcael, E., Garcés, G., Bastías, E., & Carrillo, M. F. (2019). Theory of teaching techniques used in civil engineering programs. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 145(2), 02518008. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000401](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000401)
- García, L., & Paredes, J. (2022). Proyectos interdisciplinarios de construcción sostenible en ingeniería civil. *Revista Peruana de Educación Superior*, 6(2), 77-95.
- García-Holgado, A., & García-Peñalvo, F. J. (2020). Mapping the systematic literature about software ecosystems in the education field. *Heliyon*, 6(4), e03884. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03884>
- Gómez, R., & Torres, V. (2020). Limitaciones en infraestructura y docencia en universidades públicas latinoamericanas. *Educación y Desarrollo*, 34(2), 101-118.
- González-Marcos, A., Alba-Elías, F., Ordieres-Meré, J., & Martínez, E. (2018). Virtual technologies to develop competences in industrial engineering. *International Journal of Engineering Education*, 34(1), 236-249.
- González-Santoyo, C., & Mora-Torres, J. (2020). Competency-based education in civil engineering at UNAM: A curricular transformation. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 25(85), 973-995.
- Guerra, A., Ulseth, R., & Kolmos, A. (2020). Project-based and problem-based learning in engineering education: An overview. *European Journal of Engineering Education*, 45(5), 737-749. <https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1718612>
- López, A., & Hernández, J. (2020). El aprendizaje basado en problemas en cursos de hidráulica en la UNAM: Una experiencia piloto. *Ingeniería*, 24(3), 211-225.
- López-Pérez, M. V., Pérez-López, M. C., & Rodríguez-Ariza, L. (2021). Blended learning in higher education: Students' perceptions and performance. *Computers & Education*, 68, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104204>
- López-Segrera, F. (2019). Tendencias de la educación superior en América Latina y el Caribe. *Revista Educación Superior y Sociedad*, 31(1), 31-54.
- Martínez, A., & Díaz, J. (2019). Active learning strategies in civil engineering: Case studies in Colombian universities. *Revista Educación en Ingeniería*, 14(27), 33-46. <https://doi.org/10.26507/rei.v14n27.965>
- Martínez, M., & Ramírez, C. (2021). Aprendizaje-servicio en la formación de ingenieros civiles: Estudio de caso en Colombia. *Revista Educación Superior y Sociedad*, 33(1), 57-74.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Mora, H., Signes, J., & Martínez, J. (2022). Gamification in engineering education: Systematic review and practical implications. *Education and Information Technologies*, 27, 10643-10670. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11088-4>
- Morin, E. (2011). *La vía: Para el futuro de la humanidad*. Paidós.
- Oliveira, R., Souza, P., & Lima, C. (2020). Simulation-based learning in Brazilian civil engineering programs. *Revista Brasileira de Educação em Engenharia*, 40(2), 89-106.
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., ... & McKenzie, J. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pleasants, J., & Olson, S. (2019). Epistemic nature of engineering: Features and implications. *Journal of Engineering Education*, 108(3), 427-449. <https://doi.org/10.1002/jee.20283>



- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Quispe, H. (2022). Resistencia docente a metodologías activas en universidades bolivianas. *Revista Andina de Educación*, 5(1), 33-47.
- Ramírez, J., Castaño, L., & Suárez, P. (2017). El paradigma conductista en la enseñanza de la ingeniería en Colombia: Permanencia y desafíos. *Revista Colombiana de Educación en Ingeniería*, 19(2), 55-72.
- Requena, D., & Sánchez, R. (2021). Formación socio-crítica en la ingeniería civil: Experiencias desde la Universidad Nacional de San Juan. *Ingeniería y Sociedad*, 5(2), 87-102.
- Salazar, L., & Gómez, R. (2020). La integración del BIM en la formación del ingeniero civil: desafíos y oportunidades. *Revista de Innovación Educativa en Ingeniería*, 8(2), 77-94.
- Sánchez, P. (2021). Estudios de caso en infraestructura urbana: Formación crítica en ingeniería civil. *Revista Argentina de Educación en Ingeniería*, 12(1), 23-41.
- Silva, P., Andrade, L., & Barbosa, F. (2021). BIM implementation in Brazilian civil engineering curricula: Opportunities and challenges. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Educativa*, 17(3), 201-218.
- Succar, B. (2019). Building information modeling: Conceptual foundations and frameworks. *Automation in Construction*, 102, 68-85. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.009>
- UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning objectives*. UNESCO Publishing.
- Valdez, M., & García, H. (2020). Complejidad y enseñanza de la ingeniería civil: Experiencias desde Bolivia y Perú. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 50(1), 129-152.
- Yesilyurt, E., Cunningham, C. M., Kelly, G. J., & Pleasants, J. (2024). Undergraduate engineering students' epistemic cognition and changes in the course of being engineering design mentors. *International Journal of STEM Education*, 11(1), 67. <https://doi.org/10.1186/s40594-025-00564-0>
- Zhu, L., Liu, H., & Wang, Y. (2023). Generative AI in engineering education: Opportunities and risks. *Computers & Education*, 196, 104702. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104702>