

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, PROGRAMACIÓN Y METODOLOGÍA BIM: HACIA UN NUEVO PARADIGMA DE APRENDIZAJE E INVESTIGACIÓN EN ARQUITECTURA TÉCNICA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE, PROGRAMMING, AND BIM METHODOLOGY: TOWARDS A NEW PARADIGM OF LEARNING AND RESEARCH IN BUILDING ENGINEERING

Fernando Cos-Gayón López⁽¹⁾, José Ramón Albiol Ibáñez⁽²⁾, Begoña Fuentes Giner⁽³⁾

¹ Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universitat Politècnica de València, España, fcosgay@csa.upv.es

² Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universitat Politècnica de València, España, joalib1@csa.upv.es

³ Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universitat Politècnica de València, España, bfuentes@csa.upv.es

RESUMEN

La transformación digital del sector de la edificación exige una reconfiguración estructural de la formación universitaria en Arquitectura Técnica. Este artículo plantea una estrategia curricular para integrar de forma progresiva y transversal tres competencias digitales clave —la Inteligencia Artificial (IA), la metodología Building Information Modeling (BIM) y la programación en Python—, al servicio directo de los conocimientos técnicos específicos que requiere el ejercicio profesional en el ámbito de la edificación. Esta hoja de ruta podrá ser implementada en un nuevo plan de estudios del Grado en Arquitectura Técnica y busca fortalecer la capacidad del estudiante para aplicar herramientas digitales de forma crítica, ética y contextualizada en el análisis, diseño, ejecución y gestión técnica de obras.

La IA ocupa un papel central como infraestructura educativa transversal, modificando la forma en que se accede al conocimiento, así como los criterios y procesos de evaluación académica. Se promueve así una concepción formativa donde el uso transparente y justificado de tecnologías inteligentes, tanto en trabajos como en prácticas de aula, se convierte en motor de aprendizaje significativo. El enfoque metodológico incluye desde fundamentos computacionales en primer curso hasta TFG con dimensión investigadora.

En este contexto, la metodología BIM se plantea como una infraestructura colaborativa que articule las distintas asignaturas mediante el uso compartido de un gemelo digital, que pueda ser modelado, gestionado y completado de manera progresiva por el alumnado a lo largo del grado. Por su parte, la programación se introduce con una base de fundamentos mínimos que permita a los estudiantes comprender la lógica computacional y, sobre todo, utilizar y adaptar herramientas de IA con un alto nivel de autonomía técnica. El objetivo es vertebrar el encargo que la Sociedad hace a la Universidad y preparar egresados capaces de liderar procesos de transformación digital en el sector de la edificación.

Palabras clave: Arquitectura Técnica, Inteligencia Artificial, BIM, Programación, Python,

ABSTRACT

The digital transformation of the construction sector requires a structural reconfiguration of university education in Building Engineering. This article proposes a curricular strategy to progressively and transversally integrate three key digital competences —Artificial Intelligence (AI), Building Information Modeling (BIM) methodology, and Python programming—, directly serving the specific technical knowledge demanded by professional practice in the field of construction. This roadmap may be implemented in a new curriculum for the Bachelor's Degree in Building Engineering and seeks to enhance students' ability to apply digital tools

critically, ethically, and contextually in the analysis, design, execution, and technical management of building works.

AI plays a central role as a transversal educational infrastructure, transforming not only the way knowledge is accessed but also the criteria and processes of academic assessment. This fosters an educational model where the transparent and justified use of intelligent technologies, both in assignments and classroom practices, becomes a driver of meaningful learning. The methodological approach ranges from computational fundamentals in the first year to final degree projects with a research dimension.

In this context, BIM methodology is conceived as a collaborative infrastructure that interlinks different courses through the shared use of a digital twin, progressively modeled, managed, and completed by students throughout the degree program. Meanwhile, programming is introduced with a foundation of essential concepts enabling students to understand computational logic and, above all, to use and adapt AI tools with a high degree of technical autonomy. The ultimate goal is to articulate the mandate that society places upon the University and to prepare graduates capable of leading digital transformation processes in the construction sector.

Keywords: Building Engineering, Artificial Intelligence, BIM, Programming, Python, Digital Transformation

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Una formación en tránsito

La transformación digital del sector de la edificación ha dejado de ser una modernización periférica para convertirse en una mutación estructural de los procesos técnicos y organizativos. La generalización de metodologías como Building Information Modeling (BIM), el uso de gemelos digitales, la programación aplicada y, más recientemente, la irrupción de la inteligencia artificial (IA), obligan a repensar en profundidad la formación universitaria en Arquitectura Técnica (EU BIM Task Group, 2017).

Este nuevo ecosistema profesional demanda egresados capaces de trabajar en entornos colaborativos digitales, comprender el funcionamiento de sistemas inteligentes y tomar decisiones informadas en escenarios complejos. Frente a ello, la universidad no puede limitarse a enseñar herramientas: debe proporcionar entornos formativos que repliquen, anticipen y simulen la realidad profesional, favoreciendo una comprensión contextualizada, crítica y técnicamente sólida (Flores & Parra, 2021).

La presente comunicación propone una hoja de ruta pedagógica centrada en tres pilares interrelacionados: el BIM como infraestructura vertebradora del aprendizaje y la colaboración, la IA como entorno cognitivo emergente con aplicaciones relevantes tanto para el alumno como para el profesorado, y la programación como lenguaje instrumental mínimo para la autonomía digital.

Este modelo ha comenzado a aplicarse de forma progresiva en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València, mediante la implantación de talleres transversales por curso, que permiten al estudiantado desarrollar un gemelo digital evolutivo donde ensamblar, contextualizar y aplicar los conocimientos adquiridos en distintas asignaturas. Se trata de una transformación metodológica no intrusiva: los docentes de cada materia no necesitan saber BIM, ya que es el propio taller el que actúa como espacio integrador.

El objetivo de esta comunicación es doble: por un lado, presentar los fundamentos conceptuales y pedagógicos de este modelo; por otro, demostrar su viabilidad institucional, su potencial formativo y su alineación con las competencias profesionales emergentes en el ámbito de la edificación.

1.2 Marco conceptual: del entorno CAD al ecosistema BIM, IA y gemelo digital

La evolución digital en el sector de la edificación puede dividirse en tres etapas clave: la era del CAD, la consolidación del BIM y la actual transición hacia ecosistemas que combinan BIM, inteligencia artificial y gemelos digitales. Cada una de estas fases no solo representa una innovación tecnológica, sino también un cambio en el modelo de aprendizaje (Eastman et al., 2018).

Durante la etapa CAD (1982–2000), el aprendizaje se centró en la representación gráfica bidimensional. Las herramientas como AutoCAD permitían replicar planos tradicionales, pero sin lógica constructiva ni

relaciones paramétricas. El impacto formativo era limitado: los estudiantes reproducían formas, pero no comprendían procesos. Se trataba de un aprendizaje instrumental, no contextualizado (Sacks et al., 2018).

La etapa BIM (2001–2020) marcó una transición metodológica radical. El modelado tridimensional con objetos inteligentes permite al estudiante relacionar decisiones proyectuales con consecuencias estructurales, funcionales, económicas y ambientales. Esto favorece el aprendizaje transversal, el trabajo colaborativo y la simulación realista del proceso edificatorio. Según Barison y Santos (2010), la incorporación de BIM en educación mejora significativamente la integración entre asignaturas y el enfoque por competencias.

Desde 2021 se abre una nueva etapa, donde el ecosistema BIM se ve enriquecido por tecnologías de IA y por el uso progresivo de gemelos digitales como entornos de aprendizaje activos (Li & Zhang, 2025). A diferencia de un modelo BIM estático, el gemelo digital permite modelar no solo la forma y función, sino también el comportamiento temporal del edificio, la gestión de datos en tiempo real, los escenarios de uso, mantenimiento, eficiencia energética o seguridad (Volk et al., 2014). En el contexto universitario, se convierte en una infraestructura para el aprendizaje evolutivo, ya que el modelo crece con el grado del alumno y permite aplicar de forma acumulativa los conocimientos adquiridos (Figura 1).

Figura 1. Evolución del ecosistema digital en edificación y su impacto en el aprendizaje universitario

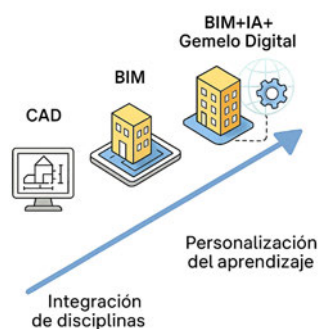


Figura 1.- Evolución del Ecosistema Digital y su impacto en el aprendizaje universitario (Elaborado con SoraTM OpenAI© por los autores, 2025)

La inteligencia artificial, integrada en este entorno, aporta nuevas herramientas para la generación automática de soluciones, la corrección inteligente de entregas, la visualización de alternativas proyectuales o la asistencia en la evaluación (Holmes et al., 2019). En combinación con estas tecnologías, el conocimiento básico de programación se vuelve esencial para operar con autonomía: lenguajes como Python permiten automatizar procesos, personalizar flujos de trabajo y crear extensiones funcionales sobre plataformas como Dynamo, pyRevit o Rhino.Inside (Poinet et al., 2020).

2. OBJETIVOS

2.1 El BIM como eje vertebrador curricular: el caso ETSIE-UPV

Una de las principales dificultades para integrar metodologías digitales en los grados universitarios reside en el equilibrio entre la innovación estructural y la continuidad pedagógica. En este sentido, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València (ETSIE-UPV) ha iniciado una experiencia singular, consistente en la implantación progresiva de talleres transversales en segundo, tercer y cuarto curso del grado en Arquitectura Técnica. Estos talleres permiten ensamblar contenidos adquiridos en distintas asignaturas mediante un modelo BIM común, configurado como un gemelo digital compartido.

El gemelo digital actúa como una plataforma metodológica donde convergen los aprendizajes técnicos, organizativos, económicos y proyectuales. A diferencia de una simple maqueta virtual, este modelo digital se va enriqueciendo a lo largo del grado, al incorporar información progresiva vinculada a nuevas competencias. El alumno no construye un único modelo por asignatura, sino que participa en el desarrollo colectivo y secuenciado de un entorno digital que reproduce, de forma acumulativa, los retos reales de una obra.

Una de las claves estructurales del modelo reside en que los docentes de las asignaturas participantes no necesitan saber BIM. Esta condición se ha adoptado deliberadamente para evitar resistencias, y permite que

cada asignatura mantenga su propio enfoque metodológico sin sentirse subordinada a la lógica digital. Son los talleres transversales los que actúan como interfaz integradora, conectando resultados académicos diversos en un escenario común de aplicación. El modelo respeta así la autonomía docente, al tiempo que ofrece al alumnado una experiencia transversal y cohesionada.

Un ejemplo concreto de esta implementación es la transformación de la asignatura “Ejecución de Obras” en tercer curso. En ella, los estudiantes trabajan sobre el gemelo digital para analizar procesos constructivos, definir secuencias de obra, generar planos de montaje y vincular tareas con recursos y cronogramas. Esta interacción les permite no solo aplicar conocimientos adquiridos, sino también detectar inconsistencias entre decisiones proyectuales, estructurales y organizativas. El aprendizaje se produce mediante la confrontación entre teoría y simulación (Figura 2).

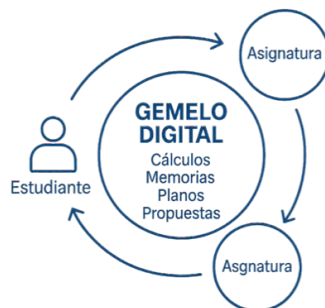


Figura 2.- Flujo de interacción estudiante–taller–asignaturas–gemelo digital. Los conocimientos adquiridos se integran en el gemelo digital desde distintas asignaturas, con retroalimenta del estudiante (Elaborado con SoraTM OpenAI© por los autores, 2025)

En paralelo, los talleres permiten implementar competencias de liderazgo, trabajo en equipo y gestión de la incertidumbre, que no suelen tener un espacio formal en la docencia convencional. El hecho de que los alumnos tengan que coordinar entregas interdependientes y resolver conflictos digitales les aproxima a los procesos colaborativos reales en entornos BIM. Como señalan Kiviniemi (2011) y Piroozfar et al. (2019), la construcción progresiva de un modelo compartido refuerza la madurez técnica y metodológica del estudiante.

La progresiva implantación de este sistema plantea un doble beneficio. Por un lado, mejora la comprensión profunda de las relaciones entre disciplinas, al simular las dependencias lógicas del ciclo edificatorio. Por otro, permite desarrollar un sistema de evaluación más justo, ya que los avances en el gemelo digital se pueden auditar, validar y comparar entre equipos de forma transparente. La trazabilidad de las decisiones queda registrada en el propio modelo.

3. METODOLOGÍA

3.1 Inteligencia artificial en la formación técnica: impacto desde el punto de vista del alumno

La inteligencia artificial (IA) está irrumpiendo en la educación superior como una infraestructura cognitiva que permite al estudiante interactuar con la información y el conocimiento de formas inéditas. En titulaciones técnicas vinculadas a la edificación, su potencial va más allá del mero acceso rápido a datos: posibilita la simulación, el análisis predictivo, la automatización de cálculos complejos y la retroalimentación inmediata sobre trabajos académicos (Holmes et al., 2019; Luckin, 2018).

Desde la perspectiva del alumno, la IA funciona como un tutor personalizado capaz de ajustar el ritmo y la profundidad de la explicación según sus necesidades, reduciendo la dependencia del tiempo de contacto presencial con el profesorado. Plataformas de aprendizaje adaptativo y modelos de lenguaje permiten recibir aclaraciones, proponer mejoras en proyectos y obtener ejemplos o soluciones alternativas en tiempo real. Este soporte inmediato fomenta la autonomía y la autorregulación, competencias esenciales para el ejercicio profesional.

En el ámbito específico de la Arquitectura Técnica, las herramientas de IA ya pueden integrarse con entornos BIM para verificar automáticamente la coherencia entre elementos del modelo, detectar conflictos espaciales (*clash detection*) y sugerir alternativas constructivas optimizadas. El alumno, trabajando en el

gemelo digital del taller transversal, puede beneficiarse de estas funciones para evaluar sus decisiones de diseño o ejecución antes de su validación docente.

Además, la IA potencia el aprendizaje basado en problemas y en proyectos colaborativos, al ofrecer análisis de viabilidad, cálculos de coste y tiempo, e incluso simulaciones energéticas o de flujo de obra, reduciendo las tareas mecánicas y permitiendo que el estudiante se concentre en la toma de decisiones y el desarrollo conceptual.

No obstante, el uso de IA plantea desafíos: la necesidad de saber formular preguntas precisas, evaluar críticamente las respuestas generadas y reconocer los límites de estas herramientas para no sustituir el razonamiento propio. Integrar estas competencias digitales críticas en el currículo es indispensable para que el estudiante pueda aprovechar la IA como aliada y no como sustituto de su criterio técnico (Figura 3).



Figura 3.- Interacción entre el alumno, la IA, el gemelo digital, análisis de interferencia y las entregas de información: informes, planos, simulaciones (Elaborado con SoraTM OpenAI© por los autores, 2025)

En este contexto, el taller transversal con gemelo digital ofrece un escenario idóneo para que el estudiantado experimente la integración real de la IA en sus proyectos académicos, no como un añadido opcional, sino como un recurso habitual para la comprobación, optimización y documentación de sus entregas.

3.2 Inteligencia artificial en el profesorado: nuevas formas de tutoría, evaluación y diseño docente

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la docencia universitaria no solo afecta a la experiencia de aprendizaje del alumnado, sino que redefine el papel del profesorado y sus métodos de trabajo. En titulaciones técnicas como Arquitectura Técnica, donde la coordinación de múltiples disciplinas es clave, la IA puede actuar como un asistente que amplía la capacidad del docente para guiar, evaluar y diseñar experiencias educativas de mayor calidad.

En primer lugar, la IA permite automatizar tareas repetitivas de evaluación, como la verificación de mediciones, el cumplimiento normativo o la coherencia dimensional en un modelo BIM. Esto libera tiempo para que el profesorado se centre en aspectos cualitativos: la justificación técnica de decisiones, el desarrollo creativo de soluciones y la discusión crítica con el alumnado (Zawacki-Richter et al., 2019).

En segundo lugar, la IA puede facilitar la personalización de la tutoría. Al analizar el progreso individual y colectivo de los estudiantes, el docente puede recibir alertas sobre áreas de dificultad comunes o particulares, y adaptar las actividades en consecuencia (Holmes et al., 2019). Esto es especialmente relevante en entornos como el taller transversal con gemelo digital, donde la carga de información es elevada y la heterogeneidad de niveles de competencia entre estudiantes es significativa.

Además, el profesorado puede emplear IA generativa para diseñar actividades y escenarios de aprendizaje contextualizados en el modelo BIM. Por ejemplo, crear variaciones de un mismo problema constructivo para grupos diferentes, simulando incidencias en obra o restricciones de presupuesto que obliguen al alumnado a replantear sus soluciones.

No obstante, la adopción de estas tecnologías exige una preparación previa. El profesorado debe ser capaz de interpretar los resultados producidos por la IA, validar su fiabilidad y evitar una delegación excesiva en procesos automáticos.

El cambio de rol que implica esta integración es significativo: el docente pasa de ser un transmisor de contenidos a convertirse en un diseñador de experiencias y un mediador entre el estudiante, la tecnología y la realidad profesional. En el contexto de la ETSIE-UPV, este papel se refuerza en los talleres transversales, donde la coordinación de entregas interdisciplinares y la validación del gemelo digital exigen un acompañamiento activo y estratégico.

3.3 Programación como base de autonomía técnica

En el nuevo contexto digital de la edificación, saber programar no es una competencia exclusiva de ingenieros informáticos. En el ámbito del BIM y la IA, la capacidad de escribir y adaptar scripts se convierte en una herramienta clave para la personalización de flujos de trabajo, la automatización de tareas repetitivas y la integración de datos entre plataformas.

En la ETSIE-UPV, la estrategia formativa contempla la introducción progresiva de la programación desde primer curso, comenzando por lenguajes visuales como Dynamo, que permiten comprender la lógica algorítmica sin necesidad de sintaxis textual compleja (Poinet et al., 2020). Esta aproximación inicial facilita que el alumnado pierda el miedo a la programación y adquiera una base de pensamiento computacional aplicable a procesos constructivos.

A partir de segundo curso, se introduce Python como lenguaje de referencia para tareas más avanzadas: automatización de informes, extracción y tratamiento de datos de modelos IFC, creación de herramientas personalizadas para Revit mediante pyRevit, y conexión con APIs de software de análisis energético o de costes (Lutz, 2021). En tercer y cuarto curso, el dominio de estas competencias permite al alumnado interactuar con modelos BIM y sistemas de IA de forma autónoma, sin depender exclusivamente de las funciones nativas de cada plataforma.

Esta progresión no busca convertir al estudiante en programador profesional, sino en un técnico con capacidad de comprender, modificar y crear herramientas que optimicen su trabajo. En el contexto del taller transversal, la programación se convierte en un puente entre la teoría y la práctica: permite que los cálculos y verificaciones desarrollados en una asignatura se incorporen automáticamente al gemelo digital, ahorrando tiempo y reduciendo errores humanos. La programación fomenta la mentalidad de resolución de problemas y la capacidad de abstraer procesos constructivos en términos de entradas, salidas y operaciones lógicas. Estas habilidades son transferibles a cualquier tecnología que el egresado encuentre en su vida profesional, aumentando su adaptabilidad en un sector en constante evolución.

4. RESULTADOS

4.1 Diseño curricular integrado: cronograma de implantación competencial

La integración de BIM, inteligencia artificial y programación en la formación universitaria requiere una planificación progresiva que garantice la asimilación gradual de competencias y su aplicación en contextos cada vez más complejos. En el modelo implementado en la ETSIE-UPV, esta progresión se articula en cuatro fases distribuidas a lo largo de los cursos del grado en Arquitectura Técnica, todas ellas apoyadas en el taller transversal con gemelo digital.

En primer curso, el énfasis se sitúa en la alfabetización digital y la introducción a conceptos básicos de modelado BIM. Se utilizan herramientas como Autodesk Revit en entornos controlados, centrando la atención en la comprensión de objetos paramétricos, relaciones entre elementos constructivos y principios de modelado ordenado. Paralelamente, se introducen nociones de programación visual con Dynamo, con

ejercicios muy simples que permitan al estudiante relacionar la lógica algorítmica con procesos constructivos básicos.

En segundo curso, el alumnado consolida sus competencias en modelado, incorporando disciplinas complementarias como instalaciones y estructuras al gemelo digital. La programación visual se enriquece con rutinas más complejas, y se introduce Python para tareas de extracción de datos y generación de reportes automáticos desde el modelo. También se inician las primeras interacciones con herramientas de análisis y simulación, integrando datos energéticos, económicos y de planificación preliminar.

En tercer curso, el foco se desplaza hacia la coordinación multidisciplinar. El gemelo digital pasa a incorporar todas las especialidades y se introduce el uso de plataformas de coordinación como Navisworks y Solibri. Los estudiantes aprenden a realizar revisiones de modelos, detección de interferencias (clash detection) y a generar informes de coordinación. La programación se orienta a automatizar parte de estos procesos y a personalizar filtros y reglas de detección.

En cuarto curso, el alumnado alcanza el nivel de integración avanzada. El taller transversal se convierte en un espacio de simulación profesional, donde se aplican técnicas de planificación 4D mediante la función Timeliner en Navisworks, vinculando el modelo BIM con cronogramas de obra. Las actividades culminan en debates técnicos entre equipos, en los que se evalúan distintas estrategias de planificación, se priorizan tareas críticas y se optimiza la coordinación de recursos. Este cierre del ciclo formativo simula con alta fidelidad los retos de la coordinación real en obra.

4.2 Impacto formativo: competencias, empleabilidad y ética digital

La integración coordinada de BIM, inteligencia artificial y programación en el grado en Arquitectura Técnica tiene un impacto directo en la calidad formativa, en la empleabilidad de los egresados y en la cultura profesional que estos desarrollan. Este impacto se manifiesta tanto en el plano técnico como en el ético.

En términos formativos, la combinación de modelado avanzado, gestión de datos, automatización y coordinación multidisciplinar permite que el alumnado adquiera competencias alineadas con los estándares internacionales de perfiles como BIM Author/Specialist, BIM Coordinator y BIM Manager, definidos en guías nacionales y en marcos normativos como la serie ISO 19650, el UK BIM Framework y la Guía BIM para la Administración General del Estado (buildingSMART International, 2020; Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2020). El uso de herramientas como Navisworks y Solibri en la fase final del taller transversal expone al estudiante a los mismos entornos de trabajo que encontrará en la práctica profesional, reduciendo la curva de aprendizaje en su primer empleo (Korman & Simonian, 2010).

Desde la perspectiva de empleabilidad, las habilidades adquiridas responden a una demanda creciente en el sector de la edificación, donde las licitaciones públicas y privadas exigen competencias específicas en modelado, coordinación y planificación 4D (European Commission, 2019). Al egresar, los estudiantes no solo manejan herramientas, sino que comprenden cómo integrarlas en flujos de trabajo reales, coordinando equipos y gestionando la información del proyecto (Figura 4).



Figura 4.- Las prácticas de los talleres transversales BIM en obras reales, refuerzan las competencias de los futuros egresados en roles profesionales de vanguardia (Elaborado con Sora™ OpenAI® por los autores, 2025)

El impacto ético es igualmente relevante. El uso de IA y sistemas de automatización plantea cuestiones sobre la transparencia, la autoría de la información y la responsabilidad en la toma de decisiones. Formar al alumnado en el uso crítico de estas tecnologías es fundamental para evitar la dependencia acrítica de resultados automatizados y para fomentar una cultura profesional basada en la verificación y el contraste. Este enfoque también incluye la gestión responsable de datos, especialmente cuando el gemelo digital contiene información sensible de proyectos reales. Estas capacidades son altamente valoradas por los empleadores y representan un elemento diferenciador en el perfil de egreso.

5. CONCLUSIONES

La propuesta presentada articula un modelo curricular en el que la metodología BIM, la inteligencia artificial y la programación se integran como ejes complementarios para la formación de arquitectos técnicos con altas competencias digitales y de coordinación. Este modelo, ya en desarrollo en la ETSIE de la Universitat Politècnica de València, se sustenta en el taller transversal con gemelo digital, que actúa como infraestructura metodológica donde convergen y se aplican de forma práctica los conocimientos de distintas asignaturas.

A lo largo de los cuatro cursos, el alumnado transita desde una alfabetización digital básica hasta la asunción de funciones propias de un perfil BIM Manager, con dominio de herramientas avanzadas como Navisworks y Solibri, aplicadas al clash detection y la planificación 4D con Timeliner. Esta progresión no solo refuerza la competencia técnica, sino que también potencia habilidades transversales como la coordinación, el liderazgo y la negociación técnica.

La incorporación de la inteligencia artificial en el flujo formativo, tanto desde la perspectiva del alumnado como del profesorado, permite enriquecer los procesos de aprendizaje y evaluación, aportar retroalimentación inmediata y fomentar la autonomía técnica. El uso crítico y ético de la IA se plantea como un elemento irrenunciable, asegurando que la tecnología sea un medio para el desarrollo del criterio profesional y no un sustituto de este.

En el plano profesional, el egresado formado bajo este modelo se alinea con los estándares internacionales definidos en marcos como la serie ISO 19650, el UK BIM Framework y la Guía BIM para la Administración General del Estado, lo que incrementa su empleabilidad en un mercado que demanda perfiles capaces de coordinar información, gestionar modelos y liderar procesos de construcción digital.

El éxito de esta experiencia sugiere que su transferencia a otros contextos universitarios es viable siempre que se respeten ciertos principios: implantación progresiva, respeto por la autonomía docente, integración de competencias en un entorno práctico común y alineación con los requerimientos profesionales y normativos del sector. Este enfoque asegura que la formación universitaria no solo reaccione a la transformación digital, sino que participe activamente en liderarla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barison, M. B., & Santos, E. T. (2010). BIM teaching strategies: An overview of the current approaches. In *Computing in Civil and Building Engineering* (pp. 248–255). Nottingham University Press. <http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/proceedings/pdf/pf289.pdf>
- buildingSMART International. (2020). *BIM Roles and Responsibilities*. <https://www.buildingsmart.org>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3rd ed.). Wiley.
- European Commission. (2019). *EU Public Procurement Directive 2014/24/EU*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0024>
- Flores, O., & Parra, C. (2021). La digitalización como motor de cambio curricular en arquitectura. *Informes de la Construcción*, 73(563), e385.
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and construction management: Proven tools, methods, and workflows*. Wiley.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign. <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10139722/>

- ISO. (2018). *ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*. International Organization for Standardization.
- Kearns, L. (2024). Generative AI in Architecture: A New Frontier in Design Automation. *Journal of Building and Architectural Design*, 23(1), 45-62.
- Kiviniemi, A. (2011). Integration of BIM into curriculum. *CIB W78 Proceedings: Computer Integrated Construction*, 24–26.
- Korman, T. & Simonian, L. (2010). Enhancing building information modeling with construction process simulation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(8), 968–976.
- Li, X., Wu, P., Shen, G. Q., Wang, X., & Teng, Y. (2020). Mapping the knowledge domains of Building Information Modeling (BIM) and Artificial Intelligence (AI) integration: A bibliometric approach. *Automation in Construction*, 121, 103451. <https://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.011>
- Lutz, M. (2021). *Learning Python* (5th ed.). O'Reilly Media.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020). *Guía BIM para la Administración General del Estado*. <https://www.mitma.gob.es>
- Piroozfar, P., Farr, E. R. P., Aboagye-Nimo, E., & Elsharkawy, H. (2019). Facilitating building information modelling (BIM) implementation in architecture, engineering and construction (AEC) education. *Journal of Building Engineering*, 25, 100798. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100907>
- Poinet, P., Ma, L., Bock, T., & Linner, T. (2020). Enhancing BIM workflows using visual programming: The role of Dynamo in design automation. *Journal of Building Engineering*, 32, 101695.
- Sacks, R., Brilakis, I., Pikas, E., Xie, H., & Girolami, M. (2018). Construction with digital twin information systems: Learning from advanced manufacturing. *Automation in Construction*, 98, 120–133. <https://doi.org/10.1017/dce.2020.16>