

Integración de la Inteligencia Artificial en la Enseñanza de la Arquitectura: Impacto en las Competencias de Presupuesto y Programación

Integrating Artificial Intelligence into Architecture Education: Impact on Programming and Budgeting Skills

Recibido: 24 de Agosto de 2024

Aprobado: 18 de Diciembre de 2024

Cómo citar: V. O. Mutis Serrano, E. T. . Ayala García, and L. K. . Coronel Ruiz, “Integración de la Inteligencia Artificial en la Enseñanza de la Arquitectura: Impacto en las Competencias de Presupuesto y Programación ”, Mundo Fesc, vol. 15, no. 31, Jan. 2025, doi: 10.61799/2216-0388.1782.

Victor Orlando Mutis-Serrano^{1*}



Especialista en Ingeniería Civil,
victororlandoms@ufps.edu.co,
Orcid: 0009-0008-6588-3250,
Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

Erika Tatiana Ayala-García²



Doctora en Teoría e Historia de la Arquitectura,
erikatatianayala@ufps.edu.co,
Orcid: 0000-0001-7570-6639,
Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

Luz Karime Coronel-Ruiz³



Magister en Gestión Urbana,
luzkarimecr@ufps.edu.co,
Orcid: 0000-0003-0331-0568,
Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

*Autor para correspondencia:
victororlandoms@ufps.edu.co



Integración de la Inteligencia Artificial en la Enseñanza de la Arquitectura: Impacto en las Competencias de Presupuesto y Programación

Resumen

El presente artículo de revisión teórica se centra en la investigación de como la integración de la Inteligencia Artificial permite a la carrera de Arquitectura obtener grandes beneficios específicamente en el área de presupuesto y programación, el objetivo del presente estudio fue analizar la relación que existe en el uso de herramientas de inteligencia artificial en el área de la arquitectura; dentro de los antecedentes consultados y el marco sustentado en la teoría crítica de la tecnología, el aprendizaje por descubrimiento y la teoría del constructivismo, permitieron sintetizar hallazgos acerca de su incorporación como recurso educativo y técnico en la asignatura de presupuesto y programación. Asimismo, se utilizó una metodología cualitativa con un enfoque observacional, retrospectivo y sistemático, que permitió seleccionar, analizar, interpretar diferentes posturas teóricas y ofrecer una retroalimentación de la realidad observada. Los resultados obtenidos confirmaron que el uso de herramientas centradas en el uso de la inteligencia artificial facilitan la planificación y gestión de proyectos mediante simulaciones y análisis predictivo, reforzando las competencias de presupuesto y programación. Las conclusiones aportadas en la presente revisión permiten confirmar los beneficios y limitantes que puede tener la inteligencia artificial dentro del contexto universitario, específicamente en el área de presupuesto y programación; estos hallazgos sugieren que se deben implementar estrategias pedagógicas que permitan al currículo actualizarse de forma continúa aprovechando las tendencias actuales en la enseñanza de la arquitectura.

Palabras clave: Arquitectura, Competencias; Inteligencia Artificial, Presupuesto, Programación.

Integrating Artificial Intelligence into Architecture Education: Impact on Programming and Budgeting Skills

Abstract

This theoretical review article focuses on researching how the integration of Artificial Intelligence allows the field of Architecture to obtain great benefits, specifically in the area of budgeting and programming. The objective of this study was to analyze the relationship that exists in the use of artificial intelligence tools in the field of architecture. Within the background consulted and the framework based on critical theory of technology, discovery learning, and constructivist theory, it was possible to synthesize findings about its incorporation as an educational and technical resource in the subject of budgeting and scheduling. Likewise, a qualitative methodology with an observational, retrospective, and systematic approach was used, which allowed for the selection, analysis, and interpretation of different theoretical positions and provided feedback on the observed reality. The results obtained confirmed that the use of tools focused on artificial intelligence facilitates project planning and management through simulations and predictive analysis, reinforcing budgeting and programming skills. The conclusions provided in this review confirm the benefits and limitations of artificial intelligence within the university context, specifically in the area of budgeting and scheduling. These findings suggest that pedagogical strategies should be implemented to enable the curriculum to be continuously updated, taking advantage of current trends in architecture education.

Keywords: Architecture, Competencies; Artificial Intelligence, Budget, Programming.

Introducción

La sociedad contemporánea se enfrenta a desafíos significativos derivados de la rápida expansión de la Inteligencia Artificial (IA). Según [1] la gradual incorporación de la robótica y la formación de una cultura digital fuertemente influenciada por las redes sociales hace que paradójicamente cambien las formas de pensar. En este contexto y dado a los cambios tecnológicos que se presentan día a día, paralelamente, persisten problemas que afectan el desarrollo sostenible y la calidad de vida, tales como la contaminación, la pobreza, la baja pertinencia de la educación, los deficientes servicios de salud, la limitada movilidad, y la escasa iniciativa emprendedora, entre otros [2].

En este sentido, la transformación de la educación superior se reconoce hoy como un proceso ineludible, cuyo éxito depende de la adopción de paradigmas pedagógicos innovadores. Dentro de estos nuevos marcos, destaca la socioformación, modelo latinoamericano impulsado por Tobón [3], el cual promueve la construcción de ciudadanos empoderados y autogestores. En consonancia con dicho planteamiento, el enfoque resalta la necesidad de afrontar los problemas contextuales a partir de la colaboración, la consolidación de un proyecto ético de vida, el uso del pensamiento complejo y el dominio de habilidades digitales [4].

Bajo ese marco, la IA se puede describir como un conjunto de técnicas que se adoptadas por diferentes máquinas y herramientas para reproducir racionamientos que son característicos de los seres humanos y con el paso del tiempo mejorar y razonar a partir de las experiencias y la información recolectada, para mejorar ciertos tipos de procesos [5]. Lo anterior también es evidente en el campo de la arquitectura; la inserción de la IA en los procesos propios de presupuesto y programación permite la generación de procesos de alta complejidad en tiempo cortos, optimizando de esta forma recursos y tiempos de entrega; lo que se traduce en calidad y confiabilidad. No obstante, la aceptación de la IA en el área de la arquitectura ha tenido avances significativos; por tanto, para obtener los beneficios de la IA en este campo es necesario realizar cambios de formación; donde la metodología tradicional debe ser modificada a metodología interactiva [6].

De acuerdo a lo anterior en arquitectura las herramientas impulsadas por IA pueden ser de gran ayuda en todos en proceso de la cadena de valor: producción, diseño, planificación y gestión de proyectos arquitectónicos [7]. La inclusión de la IA de forma integral permite avances significativos, evitando fallas y demoras en cualquier proyecto arquitectónico. Es por esto, que es de vital necesidad formar en IA a los futuros profesionales en arquitectura, siendo estas herramientas insumos propios de amplio potencial para mejorar y perfeccionar procesos que realizados de forma manual conlleva mucho tiempo y puede presentar errores por los cambios de personal [8].

En el contexto actual de la educación, la vinculación de la IA se ha constituido en un factor de cambio de grandes alcances, principalmente en la Arquitectura [9]. Su actual crecimiento permite integrar diseños de gran calidad, simulación de procesos, manejo de gran cantidad de datos que generan beneficios directos a las organizaciones. Tal como lo señala [10], el uso de estos algoritmos, permiten fortalecer el proceso de aprendizaje de los estudiantes de arquitectura, creando escenarios prácticos que fortalecen las competencias propias del área de estudio; así como las competencias propias de la formación tecnológica; dotando a los futuros profesionales de un perfil integral que les permite competir y enfrentar los retos de un mercado en constante evolución, consolidando la excelencia disciplinar.

De acuerdo a los cambios realizados a través de los años y la necesidad de innovación para transmitir conocimientos, hace que la humanidad vaya innovando cada día más; es por esto, que la era actual la IA se ha convertido en un pilar importante para el fortalecimiento de la educación en todo el mundo [11]. Los estudiantes están aprendiendo a pasos agigantados y el autoaprendizaje es muy notorio en esta sociedad; es por esto, que los docentes deben enfocar sus esfuerzos en canalizar todos estos aprendizajes en mejorar los conocimientos que estos adquieren y reevaluar sus propios conocimientos y adquirir nuevos, para estar a la vanguardia de los procesos tecnológicos del mundo [12].

De acuerdo a [13] se debe dar importancia a la enseñanza a través de las TIC, vinculado esta metodología en el aula de clase para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Asimismo, estos autores reseñan las experiencias recopiladas a través de esta investigación, donde se resalta que la aplicación de las TIC en el contexto educativo fortalece las competencias de los estudiantes y cumple las expectativas de los futuros profesionales de esta área. Es por esto, que, desde los inicios de la formación, los estudiantes deben aprender a reconocer y manejar diferentes herramientas tecnológicas que les facilite la adquisición de nuevos conocimientos [14].

Para el contexto específico de Arquitectura la IA ofrece una gran cantidad de recursos que se pueden utilizar como apoyo para mejorar las competencias específicas de la asignatura de presupuesto y programación, ya que la repetición de procesos a través de estas herramientas permite integrar la teoría con los procesos mecánicos que posee esta asignatura [15]. Asimismo, la creación de nuevos entornos de aprendizaje potencia los saberes y la investigación, habilidad fundamental que es necesaria para quien enseña y aprende [16].

Bajo esta perspectiva, es importante dar a conocer que, en arquitectura, específicamente en el área de Presupuesto y Programación , se evidencia una problemática marcada en cuanto a los procesos de adquisición de competencias generales y específicas. Es por esto, que se hace imperioso y taxativo implementar una metodología activa y participativa en el aula de clase, que estimule en los estudiantes a participar activamente en las actividades teórico prácticas programadas, que le permita al estudiante obtener avances

satisfactorios en esta asignatura. Asimismo, desde el rol de docentes durante el proceso de aprendizaje se han observado diferentes problemas que impiden la apropiación de las competencias propias de la carrera de arquitectura en el estudiante; asimismo, se evidencia que los procesos de enseñanza-aprendizaje no son los más apropiados en los diversos aspectos que se relacionan con habilidades tecnológicas, por todas estas evidencias, se hace necesario buscar nuevas alternativas acordes a la realidad del entorno que permita a los estudiante obtener avances satisfactorios.

En este contexto, al integrar la IA como estrategia didáctica para mejorar las competencias en la asignatura de Presupuesto y Programación en estudiantes de arquitectura, se puede fortalecer los procesos de aprendizaje; ya que los avances de la IA es una de las herramientas con mayor oportunidad para mejorar las técnicas empleadas en la arquitectura pues, gracias a su eficacia en la resolución de problemáticas, esta admite un mejor control y manejo. No obstante, es necesario poseer experiencia para el manejo idóneo de estas herramientas, debido a que, cada proceso se ejecuta con la finalidad de cumplir con unos objetivos planteados, [17]. Es por esto, que la IA es un instrumento idóneo para esta disciplina ya que puede evitar errores de planificación en el desarrollo de proyectos y proponer diseños arquitectónicos interdisciplinarios, lo cual sería beneficioso implementar este tipo de tecnología en el currículo de la carrera. En este marco, ¿Qué estrategias didácticas se podrían integrar para el mejoramiento de las competencias de los estudiantes de presupuesto y programación en el área de la arquitectura?

De acuerdo al anterior interrogante [18] refieren que la “Sociedad del Conocimiento” o “de la Información” ha sido creada por los avances significativos en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) desde el siglo XX. Según la UNESCO [19] las TIC han avanzado tan rápido que se han abierto oportunidades sin precedentes para alcanzar niveles más altos de desarrollo. En la época actual Las TIC han superado muchos desafíos tradicionales, lo que hace que sea posible utilizar estas tecnologías en beneficio de millones de personas en todo el mundo.

Por este motivo, el presente artículo es de gran importancia ya que brinda un valor teórico a la rama de la arquitectura, específicamente en el área de presupuesto y programación, puesto que, se logrará identificar qué herramientas de la IA pueden ser implementadas en los procesos de enseñanza, de acuerdo a su uso dentro del aula de clase lo que permite evidenciar que herramientas se adaptan a las particularidades de los estudiantes y mejora los procesos de enseñanza aprendizaje en presupuesto y programación de la carrera de arquitectura [20].

Para este alcance, es conveniente la realización de un análisis de las herramientas de IA empleadas en la carrera de arquitectura, puesto que, esta, hace parte de una realidad diaria que no puede ser evadida, sino por el contrario, prestar atención para hacer uso de las nuevas tecnologías en la preparación de los futuros profesionales, en donde, adquieran nuevas concepciones y logren hacer alianzas con las invenciones que la ciencia va exponiendo, como parte de los instrumentos para el desempeño de

actividades, siendo beneficiosa para todos los profesionales de esta área [21].

En consonancia con lo señalado [22] refiere que la IA se consolida como un vector de alto impacto social en el sector de la construcción, puesto que las organizaciones industriales contemporáneas dependen crecientemente de servicios edificatorios capaces de ofrecer garantías superiores de seguridad y calidad a sus clientes. Este valor agregado tecnológico también se articula con consideraciones ambientales: al incorporarse en proyectos urbanísticos y arquitectónicos, la IA posibilita reducciones significativas de costos y plazos de entrega mediante modelos predictivos, optimización algorítmica y aprendizaje automático.

Al incorporar facultades que superan la destreza humana, la IA perfecciona el diseño, afina la planificación y potencia la gestión de recursos; como resultado, disminuyen los desperdicios y se controlan las emisiones contaminantes. La articulación entre productividad eficiente y criterios de sostenibilidad confirma, entonces, que la IA trasciende lo meramente técnico para situarse como un elemento estratégico del desarrollo urbano con responsabilidad ambiental [23].

Del mismo modo, la optimización impulsada por la IA repercute en una reducción comprobable de los costos globales de un proyecto, circunstancia especialmente relevante si se considera la frecuencia con que las obras superan las estimaciones presupuestales iniciales. Al integrar sistemas inteligentes, los cálculos de costos se basan en modelos capaces de elaborar proyecciones y escenarios alternativos en tiempo real, ofreciendo una precisión predictiva que excede la capacidad humana. Este soporte analítico facilita la programación rigurosa de cada hito constructivo y habilita mecanismos de seguimiento y evaluación continuos en todas las fases, mitigando desvíos tanto de presupuesto como de cronograma [25].

Los avances científicos recientes han propiciado el desarrollo de herramientas de inteligencia artificial capaces de transformar la construcción, al ofrecer un control detallado y permanente de cada etapa del proyecto a través de plataformas que procesan datos en tiempo real. Gracias a algoritmos de aprendizaje profundo y modelos predictivos, la dirección de obra dispone de información precisa para prever desviaciones, optimizar recursos y disminuir la incertidumbre. Por ello, el dominio técnico y metodológico de la IA se ha vuelto indispensable en la formación y la práctica arquitectónica. Su alcance atraviesa todo tipo de intervenciones desde la rehabilitación patrimonial hasta la ejecución de grandes complejos urbanos y consolida un ecosistema proyectual más eficiente, transparente y resiliente [26].

Asimismo, la IA ofrece un notable valor metodológico en la formulación y evaluación de proyectos arquitectónicos, al integrar algoritmos que procesan variables relativas a terrenos, materiales y demás factores determinantes. Estos cálculos comparativos producen estimaciones y análisis ajustados a la disponibilidad de recursos y a las particularidades de cada iniciativa, lo que permite competir con costos acordes a la

capacidad del proyecto [27].

Desde un aspecto teórico, [28] concibe las tecnologías como “herramientas” que esperan listas para servir a los propósitos de quienes las usan. La tecnología es considerada como “neutral”, sin ningún contenido valorativo en sí misma. Esto implica que estas herramientas están dispuestas para ser utilizadas de acuerdo al pensamiento de quien las usa; es tan amplio este espectro que se puede tomar de diferentes formas; ¿qué significa neutral?, algo que puede ser usado de diferentes formas. De acuerdo a lo anterior, se puede afirmar que la tecnología puede ayudar adquirir conocimientos tanto positivos, como negativos y esta noción también es acorde de quien lo evalúe.

Asimismo, [25] cuestiona el significado de la noción de “neutralidad” en este contexto, Este concepto implica la siguiente idea: “La Tecnología, en tanto pura instrumentalidad, es indiferente a la variedad de fines para los que puede ser utilizada (p.3). Por lo tanto, la neutralidad de la tecnología es solo un caso especial de la neutralidad de los medios instrumentales, que resultan solo contingentemente relacionados con los valores sustantivos a los que sirven.

De acuerdo a [29] resalta de esta teoría el cuidado que se debe tener en la administración tecnocrática; ya que esta puede causar perjuicios en la vida humana, al no tomar decisiones que no son objetivas y pueden afectar la ética en su proceder. Esta autor resalta que se debe ser esencialista en los aspectos tecnológicos dejando de lado es ser social; ya que al realizar estos contrastes se pierde el sentido crítico y de reflexión en la toma asertiva de decisiones, teniendo como puntos de convergencia la pérdida del sentido humano que repercute de forma negativa; la contraposición de este enfoque es como, el uso de la tecnología puede producir interacciones transformadoras que se pueden aprovechar para mejorar el entorno en que se rodea el ser humano.

Los aportes de teoría crítica de la tecnología al uso de la (IA), se centra en como el ser humano toma estos recursos para su transformación; ya que de acuerdo al contexto debería mejorar áreas que permita mejorar o mitigar problemas que se puede presentar; ejemplo la salud. En esta línea las decisiones siempre las tendrá el ser humano; hasta donde debe llegar el apoyo de las tecnologías en este caso la (IA) la cuales puede ser un recurso de empoderamiento, mejora y transformación sin perder la agencia humana y la justicia social.

Este enfoque es crucial para el desarrollo de la presente investigación ya que coloca en evidencia las ventajas y desventajas de la utilización de la (IA); llevando al investigador a entender que estos recursos pueden mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje sin olvidar el objetivo central de cualquier tecnología, que es mejorar procesos sin perder el sentido humano [30].

Por otra parte, en el ámbito pedagógico [31] expresa que “los procedimientos de

la enseñanza por descubrimiento guiada, implica proporcionar a los estudiantes oportunidades para manipular activamente objetos y transformarlos por la acción directa, así como actividades para buscar, explorar y analizar". Estos procedimientos proporcionan a los estudiantes conocimiento y la necesidad de explorar e investigar y por ende desarrollar métodos de estudio que cubran sus expectativas.

Algunos autores replican que el conocimiento se obtiene principalmente por descubrimiento y la experiencia; esto quiere decir que el conocimiento que el estudiante descubre por sí mismo es muchas veces más importante que los contenidos recibidos y es aquí donde el docente juega el rol orientador; donde además de despejar dudas encamine a los estudiantes a la búsqueda de nuevos conocimientos, llevando al modelo humanista tecnológico; el cual postula el uso de la tecnología al servicio de la enseñanza; esta metodología es la unión de la técnica y la tecnología, donde el aprender y el progreso de la sociedad van de la mano; es deber del docente incluir el humanismo en esta unión para que el resultado final sean seres humanos de gran provecho a la sociedad [32].

Este postulado hace formular muchas preguntas, una de ellas es: ¿se puede innovar en la educación a través de las tecnologías sin dejar de lado el sentido humano? y una de sus respuestas podría ser; que el docente debe tener una visión amplia con unas expectativas de cambio que incluya su conocimiento, destrezas y aptitudes de impartir enseñanza de manera evolutiva con características morales y de buen uso.

Es innegable que la tecnología nació de la necesidad de "actualizar" todo lo que nos rodea, es por eso que es necesario concentrarse que ese cambio sea de forma provechosa para la sociedad; la inclusión de las herramientas tecnopedagógica son llamativas para los niños y adolescentes por su necesidad de descubrir y crear y es aquí donde el docente debe aprovechar esa necesidad de conocimiento e impartir los contenidos del currículo de cada área de manera que sea el estudiante quien desee profundizar e interactuar en su entorno escolar. Este modelo nace de la importancia de la unión de la investigación y la tecnología, donde sus características más importantes es el proceso enseñanza-aprendizaje y su meta la construcción de un futuro provechoso del ser humano.

Desde sus inicios, las concepciones sobre inteligencia artificial IA han sido diversas. Conforme a [33] la elección de las herramientas de software utilizadas se basó en dos criterios primero, la preferencia por un entorno abierto que permita a los usuarios introducir fácilmente sus propios cambios y adiciones, y segundo, el uso de distribuciones de software libres. Permitir que los estudiantes utilicen libremente las mismas herramientas utilizadas en la lección si cuentan con los medios adecuados. Por su parte, [14] plantea que el amaestramiento instintivo, además es una situación para examinar que un objeto compuesto tiene comprensión; debido que, si una máquina no puede adquirir nuevos conocimientos, ni experiencias, es poco probable que pueda adecuarse al entorno, una situación obsoleta para cualquier cuerpo inteligente.

Por ello, en el campo de la IA, las líneas de indagación presentes se enfocan en crear

herramientas o artefactos que consigan crear generalidades fundamentándose en modelos tomados del medio; así como se sucede cuando “un niño aprende desde pequeño que, si se cae al suelo puede lastimarse, y para lograr tal generalización, primero debe caer muchas veces; similar a esto es lo que se ha comprobado con la ayuda de la IA [14].

En general se puede decir que, los sistemas de (IA) tienen un funcionamiento basado en la toma de cuantiosos datos de preparación marcados, examinándolos para hallar reciprocidades y estándares, pues, al realizarse este procedimiento, que comúnmente es desarrollado por algoritmos, se consigue la predicción de situaciones futuras que coinciden con una idea principal; razón por la cual, estos esquemas brindan soluciones inducidas por (IA) que se manejan para precipitar técnicas, tramitar recursos de modo más efectivo dentro de una organización y crear respuestas más conscientes e inteligentes a necesidades específicas. Al mismo tiempo, a medida que las aplicaciones evolucionan, se descubren herramientas que hacen que estas tecnologías sean más accesibles y más adaptables a nuevas aplicaciones y contextos [11]

Finalmente, se puede afirmar que estos adelantos tecnológicos son revolucionarios y pueden mitigar las limitaciones para el acceso a la formación; automatizando los conocimientos de gestión y optimizando las metodologías de enseñanza para mejorar los resultados del aprendizaje. Por lo tanto, introducir la (IA) en la educación ayudará a que más personas se beneficien de los programas educativos. Asimismo, reducirá las tareas tradicionales de los docentes y fomentará el aprendizaje personificado, con mayor énfasis en el aprendizaje colaborativo; por esto, el propósito principal de la (IA) en cuanto a las prácticas de enseñanzas, es la solución de retos formativos tradicionales como parte de la evolución digital, promovida por la Industria 4.0. [34].

De este modo, introducir la IA en el ámbito educativo amplía el alcance de los programas formativos a un mayor número de personas, al tiempo que libera a los docentes de tareas rutinarias y fomenta un aprendizaje más personalizado y colaborativo.

Según [11] el propósito principal de la IA en las prácticas educativas es resolver los retos formativos tradicionales dentro de la evolución digital impulsada por la Industria 4.0. Por último, la teoría del constructivismo aporta otro fundamento clave. Conforme a [35] el aprendizaje es un proceso activo en el que las personas construyen conocimientos a partir de sus experiencias e interacciones con el entorno. Esta corriente educativa se basa en postulados de varios teóricos, entre ellos Jean Piaget y Lev Vygotsky.

Como señala [36] el aprendizaje implica un proceso de construcción activa: las personas asimilan la información nueva y la acomodan en esquemas mentales previos. La anterior afirmación permite a [36] afirmar que los estudiantes son sujetos activos en el proceso de aprendizaje y no simples receptores pasivos de información. En consonancia con lo expuesto por [37], la asimilación del conocimiento se desarrolló de manera continua, apalancándose en los saberes previos y en las vivencias concretas del estudiantado. De

forma complementaria, [38] señaló que el intercambio de experiencias generó progresos significativos en el aprendizaje, pues permitió que cada estudiante evaluara de forma autónoma su avance en la adquisición de competencias y gestionara activamente aquellas vivencias necesarias para alcanzar las metas educativas planteadas. De esta manera, el crecimiento cognitivo se entendió como una capacidad inherente, mediante la cual cada discente construyó su saber de forma coherente a partir de su propia estructura interna.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló como una revisión bibliográfica de corte cualitativo, siguiendo un método observacional y retrospectivo. Conforme a lo indicado por [39], el artículo de revisión bibliográfica constituyó una metodología observacional, retrospectiva y sistemática orientada a la selección, análisis, interpretación y discusión de posturas teóricas. En coherencia con ello, se adoptó un enfoque cualitativo; según [40], este tipo de estudio centró su atención en identificar cualidades, características y aspectos esenciales que permitieran reconstruir la realidad observada.

Se priorizó, así mismo, la revisión narrativa de bases bibliográficas indexadas para identificar evidencias sobre IA aplicada a Presupuesto y Programación en el ámbito de la Arquitectura [40]. Ello correspondió a un diseño exploratorio-retrospectivo, enfocado en sintetizar conceptos y resultados publicados [39]. Con ese propósito, se consultaron bases científicas reconocidas: Scopus como fuente principal [41], además de repositorios de acceso abierto en español (Redalyc, Dialnet y SciELO) [41], garantizando la calidad académica de los trabajos recuperados. También se incorporaron artículos de revistas especializadas, actas de congresos y tesis. Los criterios de búsqueda incluyeron palabras clave en español e inglés relacionadas con inteligencia artificial, presupuesto, programación y educación/arquitectura; el periodo se delimitó a 2020-2025, con el fin de abarcar los avances más recientes.

Para el análisis y la síntesis, cada documento se examinó cualitativamente a fin de extraer información sobre beneficios y limitaciones de la IA en contextos educativos de Arquitectura. Posteriormente, la síntesis se estructuró de forma narrativa, organizando los hallazgos de manera descriptiva y comparativa, tal como sugirieron revisiones académicas recientes [39].

Resultados y Discusión

En las últimas décadas, la inteligencia artificial dejó de ser una curiosidad computacional para convertirse en un recurso transversal que redefinió la manera de concebir, proyectar y materializar espacios habitables. Comprender las categorías que vertebran esta tecnología desde los sistemas expertos hasta las redes profundas resultó indispensable para dimensionar su alcance transformador; del mismo modo, identificar las plataformas y aplicaciones diseñadas ex profeso para la arquitectura permitió vislumbrar la

reconfiguración de procesos tradicionales como el anteproyecto, la simulación de desempeño o la gestión en obra.

A continuación, se ofrece una panorámica de los principales tipos de IA y de los softwares basados en IA con usos específicos en arquitectura, con el fin de clarificar las aportaciones concretas que cada uno brinda a la disciplina y de señalar los retos que persisten en su adopción cotidiana.

Tipos de Inteligencia Artificial

IA Débil. También denominada IA estrecha, se diseñó para ejecutar tareas puntuales con limitaciones intrínsecas que no logra superar; entre ellas se hallan el reconocimiento de voz o de imágenes, y la imposibilidad de traducir idiomas distintos, lo que reduce su adecuación para usos específicos en arquitectura. Otra restricción radica en su incapacidad para adaptarse o reprogramarse y asumir funciones ajenas a su objetivo principal [42].

IA Fuerte. Este sistema puede ofrecer una amplia variedad de habilidades propias del ser humano; posee la capacidad de mejorar su conocimiento y adaptarse a tareas específicas de acuerdo a la interacción que tenga con su entorno. Las características más sobresalientes de este tipo de IA es el razonamiento, la planificación y la toma de decisiones en situaciones complejas [42].

IA Super Inteligente. Este tipo de sistema supera la inteligencia humana en todos los aspectos. Esta IA fue programada para resolver sistemas complejos que la naturaleza humana no tendría la capacidad para resolver; sumado a esta característica, se resalta la eficiencia y la velocidad con la que trabaja esta IA. Este sistema a la fecha se encuentra en forma teórica y aun no se ha desarrollado en forma práctica [42].

Softwares Centrados en (IA) con Usos Específicos en la Arquitectura.

Primavera P6. Es una herramienta de gestión de proyectos avanzada que en su versión paga combina la Inteligencia Artificial; este es un software avanzado que trabaja principalmente la gestión de proyectos en términos de planificación, desarrollo de cronogramas y control de la ejecución de emprendimientos complejos. Este instrumento se integra con proyectos anteriores, permitiendo realizar cambios en el cronograma de planificación y evitar conflictos antes de que se desarrollen; su aplicación se basa en la simulación de la planificación de la construcción y los riesgos asociados con la realización de proyectos de arquitectónicos [43].

Microsoft Project Online. La aplicación paga posee capacidades de IA, optimiza recursos y tiempos, se prevén plazos y presupuestos, y se facilita el entendimiento del control de tiempos y costos. Con esta herramienta los estudiantes pueden optimizar recursos y

programaciones ajustadas a los cambios de recursos y requisitos. Su aplicación se basa en proyectos de clase simulados en los cuales se proponen cronogramas y presupuestos que se modifican a medida que la IA propone cambios basados en información obtenida de la interfaz de uso [44].

Procore. Esta es una plataforma paga que se utiliza en la gestión de construcción que tiene herramientas integradas para la aplicación de IA en la gestión de documentos, evaluación de riesgos y monitoreo de proyectos. Procore puede ser utilizado por estudiantes del área de arquitectura para preparar documentos de construcción, prever conflictos de presupuesto y programación, y asistir en la planificación de los recursos del proyecto. Su aplicación se basa en estudios de caso en los que los estudiantes deben completar un proyecto completo, incluyendo el presupuesto de pre-construcción y el monitoreo del proyecto, con el uso de herramientas de IA para el análisis y evaluación en tiempo real [45].

Autodesk (BIM) 360 Build. Es una herramienta de modelado de información de construcción (BIM) que permite integrar la IA para análisis predictivos, simulaciones de tiempos y optimización de recursos en su versión BIM 360 Build y Autodesk Construction Cloud. Con esta herramienta los estudiantes son capaces de tener una visión del proyecto en su ciclo de construcción, empezando por el diseño que usan buscadores de IA para proporcionar los costos y el tiempo y predecir anomalías antes de la ejecución [46]. Las ventajas en su aplicación están demostradas en los proyectos colaborativos donde los alumnos elaboran los modelos (BIM) y realizan las simulaciones basadas en IA para planificar previamente problemas de presupuesto y programación en varias etapas del proyecto [47].

Buildertrend. Es una plataforma de suscripción paga para ser utilizada con IA de gestión de construcción que se enfoca en las restricciones de presupuesto y programación y utiliza IA para mitigar las limitaciones de recursos y tiempo de entrega. En el aula, es útil para gestionar presupuestos, estimación de costos y planes de pago; Buildertrend ayuda a los estudiantes a comprender cómo funciona la gestión de los objetivos de los planes de construcción y de costos en el mundo real. Su uso se centra en la simulación de proyectos, donde los estudiantes modifican los cronogramas y los presupuestos mientras la IA proporciona técnicas para aumentar la eficiencia del proyecto [48].

PlanGrid (ahora parte de Autodesk Construction Cloud). Esta herramienta paga que permite gestionar planos, documentos y el progreso del proyecto en tiempo real, proporcionando análisis desde la IA para la detección de problemas y mejora en la colaboración. Esta herramienta permite que los estudiantes vean el impacto de la planificación en cada etapa del proyecto y facilita la colaboración en la revisión de presupuestos y tiempos de programación. La aplicación más común de esta herramienta es en proyectos en los que los estudiantes analizan cambios en tiempo real y gestionan los recursos de manera más colaborativa usando IA para optimizar las decisiones [49].

SYNCHRO Pro. Esta herramienta paga es ahora parte de Bentley Systems, la cual integra planificación 4D con IA, la cual permite modelar proyectos en 3D con una programación en tiempo real. La ventaja para los estudiantes es que pueden ver una simulación visual de cada fase de construcción junto con su calendario y presupuesto correspondiente. Su aplicación se centra en ejercicios donde los estudiantes pueden simular fases de construcción, donde permite visualizar tiempos y secuencias de manera minuciosa, recibiendo recomendaciones de IA para mejorar la planificación [50].

Estas herramientas permiten a los estudiantes de arquitectura comprender cómo aplicar IA para una gestión más precisa y eficiente de proyectos arquitectónicos, facilitando la adquisición de competencias esenciales en presupuesto y programación de recursos.

Conclusiones

Es contundente que con la aparición de la Inteligencia Artificial, la forma de enseñar y aprender ha cambiado de forma radical, los docentes ya deben cambiar su formación tradicional y vincular la tecnología dentro de sus contextos escolares; esta afirmación no es ajena en el campo de la arquitectura; donde el dominio arquitectónico ha sufrido grandes avances desde que la IA se ha incorporado en los diferentes procesos de esta área, ofreciendo manejo de datos automatizados que pueden ser obtenidos en forma rápida y eficaz. Esta inclusión ha permitido a docentes y estudiantes adquirir competencias propias de la tecnología; pero más allá de esto el aprendizaje propio del área de arquitectura se ha visto muy beneficiada en la elaboración de cronogramas, la administración de presupuestos de proyectos arquitectónicos y la simulación de procesos en contextos reales sin exposición de riesgos.

Integrar la IA dentro de las aulas de las instituciones de educación superior, permite a los docentes estar actualizados para enfrentar los retos que la tecnología trae consigo; asimismo, a los estudiantes les permite aprender nuevas formas de aprender, lo que fortalece las competencias propias que se deben adquirir en el área de presupuesto y programación en la carrera de arquitectura. Programas como Autodesk (BIM) 360 o Primavera P6 ofrecen grandes beneficios a los estudiantes en un contexto real, donde las simulaciones y predicciones son prácticas que los estudiantes deben explorar y pueden experimentar los problemas propios de estos procesos en forma segura en proyectos reales. Por tanto, utilizar herramientas centradas en la IA permite a los estudiantes explorar y profundizar sus conocimientos en contextos reales, pudiendo tomar así decisiones propias y ver los resultados en un entorno seguro.

La adición de IA a la educación de arquitectos también aporta el avance en la actualización de las tecnologías didácticas que son entonces transferidas en la práctica educativa que se agiliza. La IA en sí promueve cooperación en el aprendizaje y ofrece a la vez personalización, procesos útiles para los estudiantes que deben enfrentar los desafíos actuales de la industria. Esta modernización se considera crucial debido a que un egresado debe estar preparado para el actual mercado laboral en el que el uso de

nuevas tecnologías se ha vuelto casi imperativo.

En conclusión, la IA se constituye en una herramienta muy útil para la educación superior relacionada a la arquitectura, fortaleciendo la enseñanza de competencias de programación y desarrollo de presupuestos. La IA optimiza el proceso de aprendizaje y permite a los estudiantes actuar de manera informada y eficiente al llegar al mundo profesional. Al incluir la IA con la debida formación en las instituciones de educación superior, se crea un proceso educativo holístico y relevante, que no solo dará a los estudiantes un entendimiento de lo básico de su futura profesión, sino que también los preparará para el trabajo futuro en un mercado transformacional competitivo.

Referencias

- [1] Y. Zamora-Varela & M. del C. Mendoza-Encinas, "La inteligencia artificial y el futuro de la educación superior: desafíos y oportunidades," *Horizontes Pedagógicos*, vol. 25, no. 1, pp. 1–13, 2023. <https://doi.org/10.33881/0123-8264.hop.25101>
- [2] I. Vargas-Chaves, A. Gómez-Rey & G. A. Rodríguez, "El desarrollo sostenible como política en Colombia: un análisis desde la protección de los páramos," *Civilizar*, vol. 20, no. 38, pp. 41–52, 2020. <https://doi.org/10.22518/jour.cesh/2020.1a02>
- [3] S. Tobón, *Evaluación de competencias: Un enfoque para el siglo XXI*. Bogotá, Colombia: Ediciones ECOE, 2004.
- [4] C. E. M. Villela-Cervantes & J. A. Andrade-Salazar, "La educación hologramática y transmetódica: perspectivas desde la complejidad y la transdisciplinariedad," *Revista Académica CUNZAC*, vol. 6, no. 2, pp. 129–148, Jul. 2023. <https://doi.org/10.46780/cunzac.v6i2.110>
- [5] I. L. Chávez-Márquez, A. I. Ordóñez-Parada, & C. R. Flores-Morales, "Competencias digitales en universitarios a través de innovaciones educativas: una revisión de la literatura actual," *Apertura*, vol. 15, no. 2, pp. 74–87, 2023. <https://doi.org/10.32870/ap.v15n2.2398>
- [6] I. As, S. Pal & P. Basu, "Artificial intelligence in architecture: generating conceptual design via deep learning," *International Journal of Architectural Computing*, vol. 16, no. 4, pp. 306–327, 2018. <https://doi.org/10.1177/1478077118800982>
- [7] L. M. Roth, *Entender la arquitectura: sus elementos, historia y significado*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, 1993.
- [8] I. Gorojovsky, *Cambio en las competencias valoradas frente a las nuevas tecnologías: Inteligencia Artificial y Machine Learning*. Tesis de maestría, Universidad de San Andrés, Buenos Aires, Argentina, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio>.

udesa.edu.ar/jspui/handle/10908/16763

- [9] J. F. Ávila-Tomás, M. A. Mayer-Pujadas & V. J. Quesada-Varela, "La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina II: importancia actual y aplicaciones prácticas," *Atención Primaria*, vol. 53, no. 1, pp. 81–88, 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0212656720301463>
- [10] H. R. Solórzano-Cahuana, "Aprendizaje colaborativo en los entornos virtuales," *Pol. Con.*, vol. 6, no. 11, pp. 46–70, Nov. 2021. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i11.3250>
- [11] V. R. García-Peña, A. B. Mora-Marcillo, & J. A. Ávila-Ramírez, "La inteligencia artificial en la educación," *Dominio de las Ciencias*, vol. 6, no. 3 (Esp.), pp. 648–666, Sept. 2020. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1421>
- [12] D. P. Alvarado-Pinto, *Análisis del impacto e importancia de las estrategias pedagógicas mediadas por TIC en la interacción docente–estudiante del programa Administración de Empresas de la UFPS*. Tesis de maestría, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/5292>
- [13] M. Molinero-Bárceñas & U. Chávez-Morales, "Herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje en estudiantes de educación superior," *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 10, no. 19, Art. e005, 2019. <https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.494>
- [14] A. García-Serrano, *Inteligencia artificial: fundamentos, práctica y aplicaciones*. Madrid, España: RC Libros, 2012.
- [15] D. Komatina, M. Miletić, & M. Mosurović Ružičić, "Embracing Artificial Intelligence (AI) in Architectural Education: A Step towards Sustainable Practice?," *Buildings*, vol. 14, no. 8, Art. no. 2578, 2024. <https://doi.org/10.3390/buildings14082578>
- [16] D. Park & S. Yun, "Construction Cost Prediction Using Deep Learning with BIM Properties in the Schematic Design Phase," *Applied Sciences*, vol. 13, no. 12, Art. no. 7207, 2023. <https://doi.org/10.3390/app13127207>
- [17] N. S. Reyes, D. P. Méndez, L. M. Gubio & B. H. Ayala, "Uso de tecnologías de información y comunicación en la gestión de proyectos de construcción," *Polo del Conocimiento*, vol. 8, no. 5, pp. 972–985, 2023. <https://mail.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5618>
- [18] J. G. Amaya, D. A. Díaz, & J. F. Garnica, "SCAECH: herramienta basada en inteligencia artificial para la evaluación del aprendizaje en entornos constructoristas," *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 18, no. 35, pp. 1–9, 2022. Disponible en: <https://>

educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/download/1248/1062

- [19] UNESCO, "¿Qué necesitas saber acerca del aprendizaje digital y la transformación de la educación?," UNESCO, 06 feb. 2024. [En Línea]. Disponible en: <https://www.unesco.org/es/digital-education/need-know> [Accessed: 12 may. 2025].
- [20] J. G. Mendoza, M. B. Quispe, & S. P. Muñoz, "Una revisión sobre el rol de la inteligencia artificial en la industria de la construcción," *Ingeniería y Competitividad*, vol. 24, no. 2, Art. e30511727, 2022. <https://doi.org/10.25100/iyc.v24i2.11727>
- [21] R. Venegas, "Aplicaciones de inteligencia artificial para la clasificación automatizada de propósitos comunicativos en informes de ingeniería," *Revista Signos*, vol. 54, no. 107, pp. 942–970, 2021. <https://doi.org/10.4067/S0718-09342021000300942>
- [22] L. D. Díaz Reyes and S. Morales Salazar, "Impacto de la inteligencia artificial en las relaciones laborales," *Derecho del Trabajo y la Seguridad Social*, vol. 1, no. 1, pp. 163–185, 2024. <https://doi.org/10.18601/30283574.v01n01.09>
- [23] M. Guinda-Ruano, *Técnicas de inteligencia artificial (IA) aplicadas al reconocimiento y generación de datos de diseño arquitectónico*. Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://oa.upm.es/id/eprint/63137>
- [24] A. Florido-Álvarez, *Modelo de chatbot de inteligencia artificial articulado con el Business Process Management (BPM) del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) para el área de la Subdirección para la Industria de Comunicaciones (SICom)*. Tesis de maestría, Universidad EAN, Bogotá, Colombia, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/10107>
- [25] C. J. Pampliega, "Inteligencia artificial en el sector de la construcción," *Building & Management*, vol. 3, no. 2, pp. 1–5, 2019. http://polired.upm.es/index.php/building_management/article/download/3917/4026
- [26] E. E. Vélez-Aspiazu et al., "Implementación de la inteligencia artificial en los proyectos arquitectónicos," *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 5, no. 5, pp. 4869–4883, 2024. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2949>
- [27] M. A. Boden, *Inteligencia artificial*. España: Turner Publicaciones, 2017.
- [28] A. Feenberg, "Teoría crítica de la tecnología," *CTS: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 2, no. 5, pp. 109–123, 2005. <https://www.redalyc.org/pdf/924/92420507.pdf>

- [29] P.A. Martínez-Osorio and A. Castellanos-Tuirán, "Inteligencia Artificial en Arquitectura, Urbanismo y Diseño: Abriendo Nuevas Fronteras Creativas," *Procesos Urbanos*, vol. 10, no. 1, Art. e617, 2023, <https://doi.org/10.21892/2422085X.617>
- [30] O. E. Guevara-Álvarez, "Análisis del proceso de enseñanza aprendizaje de la Disciplina Proyecto Arquitectónico, en la carrera de Arquitectura, en el contexto del aula," *Investigaciones Andina*, vol. 25, no. 46, pp. 62–81, 2023. https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2011/hdl_10803_116191/oega1de1.pdf
- [31] M. Eleizalde, N. Parra, C. Palomino, A. Reyna, & I. Trujillo, "Aprendizaje por descubrimiento y su eficacia en la enseñanza de la Biotecnología," *Revista de Investigación*, no. 71, pp. 271–290, 2010. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3761/376140386013.pdf>
- [32] J. Kim, S. Park, S. Moukhliiss, K. Song, and D. Koo, "Perceptions of Artificial Intelligence (AI) in the Construction Industry Among Undergraduate Construction Management Students: Case Study—A Study of Future Leaders," *Buildings*, vol. 15, no. 7, Art. no. 1095, 2025, <https://doi.org/10.3390/buildings15071095>
- [33] M. Cazorla, O. Colomina-Pardo, & R. Satorre Cuerda, *Docencia de prácticas de inteligencia artificial en la Universidad de Alicante*. Tesis de Maestría, Univ. de Alicante, Alicante, España, 1998. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/128466>
- [34] H. F. Idárraga, "Identificación, clasificación y control: estrechos vínculos analizados desde las prácticas artísticas en el corazón de la inteligencia artificial," *Artnodes*, no. 26, pp. 2–9, 2020. <https://dukespace.lib.duke.edu/server/api/core/bitstreams/a22b93b5-974f-40c7-9470-9d569c58068f/content>
- [35] C. Coll, "Constructivismo y educación escolar: ni hablamos siempre de lo mismo ni lo mismo nos habla siempre," *Anuario de Psicología*, no. 69, pp. 153–178, 1996. <https://revistes.ub.edu/index.php/Anuario-psicologia/article/view/9094/11604>
- [36] J. Piaget, *Biología y conocimiento*. México, D.F: Siglo XXI Editores, 1974.
- [37] J. Piaget, *Play, Dreams, & Imitation in Childhood*. New York: Norton & Company, 1962.
- [38] E. D. Ochoa-Londoño & J. C. Herrera-Pérez, "Pedagogía por proyectos como estrategia metodológica de motivación para la enseñanza," *Revista EDUCARE*, vol. 26, no. 1, pp. 389–409, 2022. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/375/3753509019/>
- [39] Y. Ocaña-Fernández & D. Fuster-Guillén, "The bibliographical review as a research methodology," *Revista Tempos e Espaços em Educação*, vol. 14, no. 33, Art. e15614, 2021. <https://doi.org/10.20952/revtee.v14i33.15614>

- [40] L. S. Salazar-Escorcía, "Investigación cualitativa: una respuesta a las investigaciones sociales educativas," *CIENCIAMATRIA*, vol. 6, no. 11, pp. 101–110, 2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7390995>
- [41] M. Bolaño-García & N. Duarte-Acosta, "Una revisión sistemática del uso de la inteligencia artificial en la educación," *Revista Colombiana de Cirugía*, vol. 39, no. 1, pp. 51–63, 2024. <https://doi.org/10.30944/20117582.2365>
- [42] J. A. Vargas & E. Cueva-Inquilla, "Uso de la inteligencia artificial en la Arquitectura con el soporte de los softwares arquitectónicos," ResearchGate, artículo preimpreso, 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/379832318_Uso_de_la_inteligencia_artificial_en_la_Arquitectura_con_el_soporte_de_los_Softwares_Arquitectonicos_Use_of_artificial_intelligence_in_Architecture_and_the_benefits_of_Software_in_Architectural_design
- [43] Global PM, "Cómo aprovechar al máximo el potencial de Primavera P6: adopción de la IA para mejorar el rendimiento de los proyectos," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://globalpm.com/unleashing-the-power-of-primavera-p6-embracing-ai-for-enhanced-project-performance/>. [Accedido: 08-may-2025].
- [44] Microsoft Ignite, "Comience a utilizar Project Online," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/projectonline/get-started-with-project-online>. [Accedido: 14-may-2025].
- [45] Procore, "Software de gestión para la construcción. Construye todos tus proyectos con una sola plataforma inteligente," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.procore.com/es>. [Accedido: 14-may-2025].
- [46] N. Ríos-Cabo & D. E. Viveros-Rojas, *Revisión literaria sobre la integración de inteligencia artificial y BIM para el desarrollo de la competitividad en el sector de la construcción en Colombia*. Tesis de maestría, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2018. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/39206>
- [47] Autodesk, "Lo mejor de BIM 360 ahora forma parte de Autodesk Construction Cloud," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.autodesk.com/bim-360/>. [Accedido: 15-may-2025].
- [48] Buildertrend, "Software de gestión de construcción. Dentro del plazo previsto. Dentro del presupuesto. En camino a construir mejor," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://buildertrend.com/>. [Accedido: 15-may-2025].
- [49] Autodesk Construction Cloud, "PlanGrid: presentación de Autodesk Build," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://construction.autodesk.com/products/plangrid/>. [Accedido: 15-may-2025].

[50] Bentley Systems, "SYNCHRO: Digital Construction Delivery Software," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.bentley.com/software/synchro/>. [Accedido: 15-may-2025].