

UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE ARQUITECTURA**

EXPLORACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y  
TECNOLOGÍA BIM PARA EL SEGUIMIENTO  
AUTOMATIZADO DEL AVANCE DE OBRA EN VIVIENDAS  
UNIFAMILIARES

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ARQUITECTO**

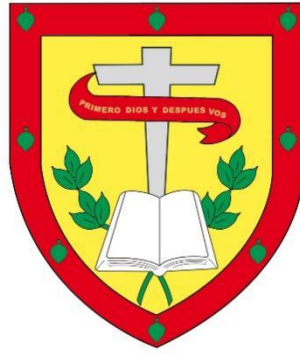
**AUTOR: RUBÉN DARÍO VÁZQUEZ BRITO**

**DIRECTOR: ARQ. CRISTIAN EDUARDO PEÑAFIEL ORTEGA MGS**

**CUENCA - ECUADOR**

**2026**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE ARQUITECTURA**

EXPLORACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y TECNOLOGÍA  
BIM PARA EL SEGUIMIENTO AUTOMATIZADO DEL AVANCE DE  
OBRA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ARQUITECTO**

**AUTOR: RUBÉN DARÍO VÁZQUEZ BRITO**

**DIRECTOR: ARQ. CRISTIAN PEÑAFIEL ORTEGA MGS**

**CUENCA - ECUADOR**

**2025**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Ruben Darío Vázquez Brito portador de la cédula de ciudadanía N°1401216153, y declara ser autor de la obra: "Exploración de inteligencia artificial y tecnología BIM para el seguimiento automatizado del avance de obra en viviendas unifamiliares", sobre la cual se hace responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que la obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximimo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **23 de Marzo de 2026**



F:.....

Rubén Darío Vázquez Brito

1401216153

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Rubén Darío Vázquez Brito , bajo mi supervisión.



---

Arq. Cristian Eduardo Peñafiel Ortega

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

Le dedico este logro a mi padre, porque es mi modelo a seguir. A mi abuela Betty y mi tía Gabriela por todo el apoyo que me han dado estos años. A mi madre por siempre estar en las buenas y en las malas. A mis amigos Matheo, Renato y Robinson, que me dieron los momentos más memorables de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi familia por darme el apoyo, a mis amigos por alentarme a continuar y a mis mascotas por ayudarme a cargar el peso del futuro. Agradezco a la universidad por estos años de formación, a los arquitectos Rafael Borja y Felipe Quesada porque además de ser mis docentes, también fueron mis amigos. Al Arquitecto Cristian Peñafiel por su paciencia y enseñanzas en este proceso de titulación.

## RESUMEN

La presente investigación analiza el sistema de seguimiento del avance de obra en viviendas unifamiliares en Ecuador, problemática que genera retrasos, sobrecostos y deficiencias en la calidad de las obras. Se plantea explorar el potencial de integración entre tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) y la metodología *Building Information Modeling* (BIM) en el ámbito de la construcción, justificando su importancia como estrategia para mejorar la eficiencia técnica, la trazabilidad y la toma de decisiones en proyectos en viviendas unifamiliares. El estudio es de enfoque cualitativo y exploratorio, basado en revisión documental, análisis de casos internacionales y entrevistas a arquitectos del sector. Los resultados demuestran que, aunque la automatización avanzada aún no es plenamente viable en el contexto local, la integración progresiva de BIM, captura visual y herramientas IA resulta técnica y económicamente realizable, generando beneficios en control de cronograma, reducción de retrabajos y profesionalización del proceso constructivo.

*Palabras clave:* Inteligencia Artificial, BIM, seguimiento automatizado, vivienda unifamiliar, construcción en Ecuador.

## **ABSTRACT**

This research analyzes the construction progress monitoring system in single-family housing projects in Ecuador, a problem that often leads to delays, cost overruns, and quality deficiencies. The study explores the potential integration of Artificial Intelligence (AI) technologies with the Building Information Modeling (BIM) methodology within the construction sector, highlighting its importance as a strategy to improve technical efficiency, traceability, and decision-making processes. The research follows a qualitative and exploratory approach, based on documentary review, analysis of international case studies, and interviews with architects in the field. The findings indicate that, although fully automated systems are not yet entirely feasible in the local context, the progressive integration of BIM, visual capture technologies, and AI-based tools is technically and economically viable. This integration contributes to improved schedule control, reduction of rework, and overall professionalization of construction management practices in single-family housing projects.

*Keywords:* Artificial Intelligence, BIM, automated monitoring, single-family housing, construction in Ecuador.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	-4-
AGRADECIMIENTOS	-5-
DEDICATORIA	-6-
ÍNDICE DE CONTENIDOS	- 9 -
LISTA DE FIGURAS	- 13 -
LISTA DE TABLAS	- 15 -
RESUMEN	- 7 -
ABSTRACT	- 8 -
<b>CAPÍTULO I</b>	- 16 -
<b>1.1 INTRODUCCIÓN</b>	- 16 -
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	- 17 -
1.4 JUSTIFICACIÓN	- 18 -
1.5 METODOLOGÍA	- 19 -
1.5.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	- 22 -
1.5.2 RESULTADOS ESPERADOS	- 22 -
<b>2.OBJETIVOS</b>	- 22 -
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	- 24 -
<b>3.1 MARCO CONCEPTUAL: TECNOLOGÍA Y DIGITALIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN</b>	- 24 -
3.2 LA VIVIENDA UNIFAMILIAR: DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y RELEVANCIA EN LA PRODUCCIÓN ARQUITECTÓNICA	- 25 -
3.3 LA VIVIENDA UNIFAMILIAR COMO ESCENARIO DE ANÁLISIS TECNOLÓGICO	- 26 -
3.4 ANÁLISIS CRÍTICO DEL CONTEXTO LOCAL: VIVIENDA UNIFAMILIAR EN CUENCA, ECUADOR	- 26 -
3.5 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	- 27 -
3.5.1 DEFINICIÓN Y EVOLUCIÓN	- 27 -
3.5.2 DIMENSIONES Y NIVELES BIM	- 27 -
3.6. ESTADO DE ADOPCIÓN EN ECUADOR	- 28 -
3.7 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CONSTRUCCIÓN	- 28 -
3.8 APLICACIONES EN EL SECTOR AEC	- 29 -
3.9 SINERGIA ENTRE BIM E IA	- 30 -

3.10 AUTOMATIZACIÓN DEL SEGUIMIENTO DE OBRA _____	- 30 -
3.11 APLICACIONES EN ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN _____	- 30 -
3.12 RETOS Y LIMITACIONES EN EL CONTEXTO ECUATORIANO _____	- 31 -
3.9 ESTADO DEL ARTE _____	- 31 -
3.10 TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS FUTURAS _____	- 32 -
3.11.1. VISIÓN COMPUTACIONAL + BIM _____	- 34 -
3.11.2. DEEP LEARNING APLICADO A BIM 4D _____	- 35 -
3.11.4 OPENSOURCE _____	- 41 -
3.11.5 ROBOTS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL INTEGRADOS CON BIM _____	- 46 -
3.11.6. BIM TRADICIONAL (REVIT, ARCHICAD, NAVISWORKS) _____	- 51 -
3.11.8 AUTODESK CONSTRUCTION CLOUD (ACC) _____	- 57 -
3.12.1 CASO DE ESTUDIO: PROYECTO REBECCA (SANDO – GRANT THORNTON) _____	- 63 -
3.12.3 MORTENSON CONSTRUCTION _____	- 70 -
3.13 FASES DEL SEGUIMIENTO DE OBRA EN PROYECTOS DE VIVIENDA UNIFAMILIAR _____	- 72 -
3.13.1. FASE DE PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DEL SEGUIMIENTO _____	- 72 -
3.13.2. FASE DE SUPERVISIÓN INICIAL O CONTROL DE ARRANQUE _____	- 73 -
3.13.3. FASE DE SEGUIMIENTO DE OBRA GRIS _____	- 73 -
3.13.4. FASE DE SEGUIMIENTO DE INSTALACIONES TÉCNICAS _____	- 74 -
3.13.5. FASE DE SEGUIMIENTO DE OBRA BLANCA Y ACABADOS _____	- 75 -
3.13.6. FASE DE CONTROL DEL CRONOGRAMA Y AVANCE FÍSICO _____	- 76 -
3.13.7. FASE DE CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN TÉCNICA _____	- 77 -
3.13.8. FASE DE CIERRE Y ENTREGA FINAL _____	- 77 -
3.14 ENTREVISTAS A PROFESIONALES DEL SECTOR _____	- 78 -
<b>4.CAPÍTULO III</b> _____	- 80 -
<b>4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> _____	- 80 -
4.2 ADOPCIÓN Y USO DE TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA CONSTRUCCIÓN _____	- 80 -
4.3 ANÁLISIS DEL CONTEXTO ECUATORIANO _____	- 81 -
4.4 COMPARACIÓN CON EXPERIENCIAS INTERNACIONALES _____	- 81 -
4.5 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DOCUMENTAL _____	- 82 -
4.6 DISCUSIÓN CRÍTICA _____	- 82 -

4.7 IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES Y BRECHAS _____	- 83 -
4.8. FASE DE PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DEL SEGUIMIENTO _____	- 84 -
4.8.1 FASE DE PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DEL SEGUIMIENTO _____	- 84 -
4.8.2 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA APLICABILIDAD DE LAS HERRAMIENTAS _____	- 84 -
4.8.3 RESULTADOS OBSERVADOS Y JUSTIFICACIÓN DE FACTIBILIDAD _____	- 85 -
4.9 FASE DE SUPERVISIÓN INICIAL O CONTROL DE ARRANQUE _____	- 85 -
4.9.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA APLICABILIDAD DE LAS HERRAMIENTAS _____	- 85 -
4.9.2 COMPARACIÓN PLANIFICADO VS EJECUTADO (FASE DE ARRANQUE) _____	- 86 -
4.9.3 PORCENTAJE DE AVANCE EN LA FASE DE SUPERVISIÓN INICIAL _____	- 86 -
4.9.4 ALERTAS GENERADAS EN LA FASE DE CONTROL DE ARRANQUE _____	- 87 -
4.9.5 REPORTES GENERADOS _____	- 87 -
4.9.6 RESULTADOS OBSERVADOS Y JUSTIFICACIÓN DE FACTIBILIDAD _____	- 88 -
4.10 FASE DE SEGUIMIENTO DE OBRA GRIS _____	- 88 -
4.10.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA APLICABILIDAD DE LAS HERRAMIENTAS _____	- 88 -
4.10.2 COMPARACIÓN PLANIFICADO VS EJECUTADO _____	- 89 -
4.10.3 RESULTADOS OBSERVADOS Y JUSTIFICACIÓN DE FACTIBILIDAD _____	- 90 -
4.11 FASE DE SEGUIMIENTO DE INSTALACIONES TÉCNICAS _____	- 90 -
4.11.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA APLICABILIDAD DE LAS HERRAMIENTAS _____	- 90 -
4.11.2 COMPARACIÓN PLANIFICADO VS EJECUTADO _____	- 91 -
4.11.3 PORCENTAJE DE AVANCE EN LA FASE DE INSTALACIONES TÉCNICAS _____	- 92 -
4.11.4 ALERTAS GENERADAS EN LA FASE DE INSTALACIONES _____	- 92 -
4.11.5 REPORTES GENERADOS _____	- 92 -
4.11.6 RESULTADOS OBSERVADOS Y JUSTIFICACIÓN DE FACTIBILIDAD _____	- 93 -
4.12. FASE DE SEGUIMIENTO DE OBRA BLANCA Y ACABADOS _____	- 93 -
4.12.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA APLICABILIDAD DE LAS HERRAMIENTAS _____	- 93 -
4.12.2 COMPARACIÓN PLANIFICADO VS EJECUTADO _____	- 94 -
4.12.3 PORCENTAJE DE AVANCE EN LA FASE DE OBRA BLANCA Y ACABADOS _____	- 95 -
4.12.4 ALERTAS GENERADAS EN LA FASE DE ACABADOS _____	- 95 -
4.12.5 REPORTES GENERADOS _____	- 95 -
4.12.6 RESULTADOS OBSERVADOS Y JUSTIFICACIÓN DE FACTIBILIDAD _____	- 96 -

4.13 FASE DE CONTROL DEL CRONOGRAMA Y AVANCE FÍSICO _____	- 96 -
4.13.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA APLICABILIDAD DE LAS HERRAMIENTAS _____	- 96 -
4.13.2 COMPARACIÓN PLANIFICADO VS EJECUTADO _____	- 97 -
4.13.3 PORCENTAJE DE AVANCE EN LA FASE DE CONTROL DEL CRONOGRAMA _____	- 98 -
4.13.4 ALERTAS GENERADAS EN EL CONTROL DEL CRONOGRAMA _____	- 98 -
4.13.5 REPORTES GENERADOS _____	- 98 -
4.13.6 RESULTADOS OBSERVADOS Y JUSTIFICACIÓN DE FACTIBILIDAD _____	- 99 -
4.14 FASE DE CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN TÉCNICA _____	- 99 -
4.14.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA APLICABILIDAD DE LAS HERRAMIENTA _____	- 99 -
4.14.2 COMPARACIÓN PLANIFICADO VS EJECUTADO _____	- 100 -
4.14.3 PORCENTAJE DE AVANCE EN LA FASE DE CONTROL DE CALIDAD _____	- 100 -
4.14.4 ALERTAS GENERADAS EN LA VERIFICACIÓN TÉCNICA _____	- 100 -
4.14.5 REPORTES GENERADOS _____	- 101 -
4.14.6 RESULTADOS OBSERVADOS Y JUSTIFICACIÓN DE FACTIBILIDAD _____	- 101 -
4.15. FASE DE CIERRE Y ENTREGA FINAL _____	- 101 -
4.15.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA Y RESULTADOS OBTENIDOS _____	- 101 -
4.15.2 COMPARACIÓN PLANIFICADO VS EJECUTADO EN EL CIERRE _____	- 102 -
4.15.3 PORCENTAJE DE AVANCE EN LA FASE DE CIERRE _____	- 103 -
4.15.4 ALERTAS Y CONTROL FINAL _____	- 103 -
4.15.5 RESULTADOS OBSERVADOS Y JUSTIFICACIÓN DE FACTIBILIDAD _____	- 103 -
4.16 EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE SEGUIMIENTO AUTOMATIZADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN ECUADOR _____	- 104 -
4.17 DIAGRAMA DE FLUJO _____	- 106 -
<b>CAPÍTULO V</b> _____	- 107 -
<b>5.1 CONCLUSIONES</b> _____	- 107 -
<b>5.2 RECOMENDACIONES</b> _____	- 108 -
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> _____	- 109 -
<b>ANEXOS</b> _____	-107 -

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO BIM _____	- 28 -
FIGURA 2: LÍNEA DEL TIEMPO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL _____	- 29 -
FIGURA 3: DEEP LEARNING _____	- 36 -
FIGURA 4: PROCORE _____	- 37 -
FIGURA 5: GESTIÓN INTELIGENTE ADMINISTRATIVA DE PROCORE _____	- 38 -
FIGURA 6: PLATAFORMA DE PROCORE. _____	- 39 -
FIGURA 7: OPENSOURCE Y VISIÓN ARTIFICIAL _____	- 42 -
FIGURA 8: CAPTURA AUTOMÁTICA CON CÁMARAS 360° _____	- 42 -
FIGURA 9: COMPARACIÓN DE REALIDAD Y MODELO BIM _____	- 43 -
FIGURA 10: APLICACIÓN DE OPENSOURCE EN OBRA. _____	- 44 -
FIGURA 11: ROBOT DE BOSTON DYNAMICS EN OBRA _____	- 46 -
FIGURA 12: ROBOT DE DOXEL AI EN OBRA. _____	- 47 -
FIGURA 13: SUPERVISIÓN DE OBRA POR DOXEL AI _____	- 48 -
FIGURA 14: FUNCIONES DEL MODELO BIM _____	- 52 -
FIGURA 15: CHATGPT _____	- 53 -
FIGURA 16: PRESENTACIÓN DE CHATGPT _____	- 54 -
FIGURA 17: INTERFAZ DE ASISTENTE GPT _____	- 55 -
FIGURA 18: FUNCIONES DE AUTODESK CONSTRUCTION CLOUD _____	- 57 -
FIGURA 19: FASES DE AUTODESK CONSTRUCTION CLOUD _____	- 58 -
FIGURA 20: SMARTVID.IO _____	- 61 -
FIGURA 21: APLICACIÓN DE SMARTVID.IO EN OBRA _____	- 62 -
FIGURA 22: APLICACIÓN DE SMARTVID.IO EN OBRA _____	- 62 -
FIGURA 23: APLICACIÓN DE LA IA Y BIM _____	- 64 -
FIGURA 24: PROYECTO SKANSKA UTILIZANDO DRONES. _____	- 68 -
FIGURA 25: ALICE TECHNOLOGIES _____	- 70 -
FIGURA 26: FASE DE PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DEL SEGUIMIENTO _____	- 72 -
FIGURA 27: FASE DE SUPERVISIÓN INICIAL O CONTROL DE ARRANQUE _____	- 73 -
FIGURA 28: FASE DE SEGUIMIENTO DE OBRA GRIS _____	- 74 -
FIGURA 29: FASE DE SEGUIMIENTO DE INSTALACIONES TÉCNICAS _____	- 75 -

FIGURA 30: FASE DE SEGUIMIENTO DE OBRA BLANCA Y ACABADOS _____	- 76 -
FIGURA 31: FASE DE CONTROL DEL CRONOGRAMA Y AVANCE FÍSICO _____	- 76 -
FIGURA 32: FASE DE CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN TÉCNICA _____	- 77 -
FIGURA 33: FASE DE CIERRE Y ENTREGA FINAL _____	- 78 -
FIGURA 34: DIAGRAMA DE FLUJO _____	- 106 -

## LISTA DE TABLAS

**Tabla 1:** Oportunidades y brechas \_\_\_\_\_ 82

# CAPÍTULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico ha transformado de manera profunda la forma en que se diseñan, planifican y construyen los proyectos arquitectónicos. En este proceso, herramientas como el *Building Information Modeling* (BIM) y la Inteligencia Artificial (IA) han jugado un papel central dentro de la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), al ofrecer nuevas posibilidades para optimizar la gestión y automatizar tareas que antes dependían exclusivamente del trabajo metódico.

La influencia de la IA en la arquitectura a es cada vez más común. Como señala Álvarez (2024), estas herramientas permiten reducir tiempos, optimizar recursos y elevar la calidad del producto final, lo que evidencia su impacto directo en la eficiencia de los proyectos. Este avance también ha impulsado nuevas dinámicas de creatividad y exploración. Morán y Cheng (2023) destacan el trabajo del arquitecto Tim Fu, quien incorpora herramientas generativas como DALL·E, *Midjourney* y *Stable Diffusion* para agilizar la etapa conceptual. Según estos autores, tecnologías como estas permiten que ciertas fases del diseño se desarrollen en cuestión de minutos u horas, dependiendo de la escala del proyecto.

De la misma forma, Garay (2023) mantiene la postura del arquitecto Michel Rojkind, quien enfatiza la necesidad de adoptar las IA generativas como aliadas creativas. Rojkind sostiene que estas herramientas ofrecen un apoyo valioso para visualizar ideas y explorar alternativas en el diseño, sin desprestigiar el criterio humano ni el pensamiento conceptual que caracterizan a la arquitectura.

A pesar de esta perspectiva tan prometedora, la adopción de estas nuevas tecnologías en el sector sigue siendo desigual. Muchas empresas se resisten o desconocen estos recursos, lo que se resulta en retrasos, sobrecostos y dificultades para cumplir con las expectativas de calidad que exigen los clientes (Álvarez, 2024). A ello se suma la presión por los tiempos de entrega, controlar el presupuesto y responder a criterios de sostenibilidad cada vez más estrictos, exigencias que, de acuerdo con Medina (2021), obligan a replantear los métodos tradicionales de gestión y construcción.

En Ecuador, el uso de BIM ha tenido un crecimiento notable en la etapa de diseño, pero su uso en obra continúa siendo limitada. Esto genera una desconexión entre el modelo digital y el proyecto real, complicando el control del avance, la trazabilidad y la eficiencia en la construcción. A su vez, la IA —que aunque ha demostrado su valor en áreas como la detección de errores, la predicción de riesgos y el análisis de datos— todavía no se integra de manera sistemática a los procesos constructivos de Ecuador.

Ante esta problemática, la presente investigación opta por un enfoque exploratorio para analizar cómo la integración de BIM e IA podría contribuir al seguimiento automatizado del avance de obra en proyectos de vivienda unifamiliar. Se elige esta tipología debido a que su escala facilita la recopilación de información, el análisis comparativo y la evaluación de la factibilidad técnica.

A partir de revisiones documentales, el análisis de casos internacionales y locales, y la consulta a profesionales del sector, se busca establecer un modelo conceptual de integración BIM-IA aplicable al contexto ecuatoriano. Con ello, la investigación pretende aportar una base teórica y metodológica que oriente futuras aplicaciones en el ámbito de la construcción, enfocándose en la modernización, automatización y eficiencia de los procesos constructivos.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En Ecuador, el seguimiento del avance de obra continúa realizándose, en su mayoría, mediante procedimientos manuales y poco estandarizados. La dependencia de registros físicos, bitácoras tradicionales y controles fragmentados entre las distintas fases del proyecto resulta en errores frecuentes, demoras y pérdida de información relevante. Este método limita la capacidad de respuesta ante imprevistos y afecta directamente los costos, los plazos y la calidad de la construcción.

Carvajal (2021) señala que, particularmente en Quito, las empresas de construcción y los estudios de arquitectura tienen dificultades constantes para cumplir cronogramas, presupuestos, alcances y niveles de calidad adecuados; problemas que podrían apaciguarse mediante la introducción de herramientas basadas en Inteligencia Artificial (IA). Además, aunque BIM ha introducido mejoras significativas en la coordinación durante el diseño y la planificación, su uso en la fase de obra permanece apartado. La falta de relación entre los modelos digitales y las condiciones reales en el sitio impide aprovechar completamente su potencial (Prieto-del Río, 2024).

Mientras tanto, la IA ha mostrado avances significativos dentro del sector AEC, especialmente en tareas como detección de errores a través de visión computacional, análisis automatizado de imágenes y predicción de riesgos asociados a los cronogramas (Mendoza, Quispe & Muñoz, 2022). Añez (2023) destaca que estas herramientas no solo optimizan los procesos proyectuales, sino que también mejoran la eficiencia en la entrega de productos y agilizan la toma de decisiones. En palabras de Fernández (2013) la IA permite generar alternativas de diseño, optimizar recursos y simular escenarios constructivos, ampliando así la capacidad de los equipos técnicos. De la misma manera, García y Vásquez (2010) señalan su utilidad en la creación de prototipos virtuales y en la simulación de variables climáticas y ambientales, elementos primordiales para una planificación más precisa.

La evolución histórica de estas herramientas también es relevante. Carpo (2023) sostiene que el rol de la IA en los procesos proyectuales ha crecido de forma progresiva, siendo actualmente un apoyo creativo y operativo para arquitectos e ingenieros. Hardy (2006), por su

parte, menciona que la IA busca replicar características humanas como la comprensión, la percepción, la resolución de problemas y la toma de decisiones a través de sistemas computacionales.

A pesar de este potencial, su introducción en el país sigue siendo limitada. La falta de conocimiento, capacitación o incluso el temor hacia las nuevas tecnologías generan retrasos, sobrecostos y resultados que no siempre cumplen con las expectativas de los clientes (Álvarez, 2024). Esto da como resultado la necesidad urgente de capacitarse para mantener la competitividad en un sector que avanza hacia la digitalización.

En este contexto surge la pregunta central de la presente investigación:

¿Cómo puede integrarse la inteligencia artificial con la metodología BIM para automatizar el seguimiento del avance de obra en viviendas unifamiliares en Ecuador, y cuáles son las condiciones, beneficios y limitaciones de su implementación?

Responder esta pregunta permitirá sentar las bases conceptuales y técnicas necesarias para que el sector de la construcción dé un paso hacia procesos más exactos y sostenibles, alineados con las tendencias internacionales de transformación digital.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El sector de la construcción en Ecuador atraviesa desafíos relacionados con la eficiencia operativa, la falta de digitalización y la escasa integración entre las fases de diseño y ejecución. A diferencia de otros países que han avanzado hacia modelos constructivos más coordinados y basados en datos, gran parte de los proyectos nacionales continúa dependiendo de procedimientos manuales, registros físicos y controles poco sistematizados. Dando como resultado retrasos, errores de planificación y sobrecostos que afectan la calidad de las obras (Prieto-del Río, 2024; Álvarez Quezada, 2024).

Diversos estudios han demostrado que la incorporación de IA puede mejorar significativamente estos procesos. Mendoza, Quispe y Muñoz (2022) destacan que la IA contribuye a disminuir errores, fortalecer la toma de decisiones y optimizar los recursos durante la construcción. De la misma forma, Jurado (2023) sostiene que la integración entre BIM e IA impulsa una arquitectura más eficiente y sostenible, además de abrir nuevas opciones para la gestión digital de la obra.

El potencial de estas tecnologías también se refleja internacionalmente. Zurdo (2024) proyecta que el mercado de herramientas digitales aplicadas a la construcción pasará de 650 millones de dólares en 2021 a más de 5.800 millones en 2028, confirmando que la digitalización ya no es una tendencia emergente, sino un eje central para la competitividad empresarial.

Bajo este contexto, la presente investigación cobra relevancia al explorar la integración conceptual entre BIM e IA como una alternativa viable para automatizar el seguimiento del avance de obra en viviendas unifamiliares. Esta tipología representa una gran parte de la producción arquitectónica del país y es un escenario adecuado para estudiar los procesos y su impacto en las ciudades..

Desde lo académico, el estudio contribuye a la comprensión del proceso de transformación digital en el sector AEC ecuatoriano. Ofrece un marco teórico actualizado y contextualizado que podrá servir como base para investigaciones posteriores o para la implementación de soluciones prácticas vinculadas a la digitalización de obra. Quintanilla (2024) y Jurado (2023) subrayan que el aprovechamiento de estas tecnologías requiere profesionales capaces de manejar grandes volúmenes de información, interpretar datos y tomar decisiones fundamentadas, competencias que esta investigación busca fortalecer.

A nivel social y económico, avanzar hacia procesos constructivos digitalizados puede reducir costos de supervisión, mejorar la calidad final de los proyectos y aumentar la transparencia en el manejo de recursos. Esto responde a la necesidad de una construcción más eficiente, sostenible y competitiva (Mendoza et al., 2022; Zurdo, 2024).

Finalmente, desde la práctica profesional, este trabajo pretende abrir nuevas líneas de investigación y aplicación que impulsen la transición hacia una construcción inteligente alineada con los estándares internacionales de innovación. Como advierte Jurado (2023), integrar tecnologías como IA y BIM exige no solo formación técnica, sino también responsabilidad ética y manejo seguro de la información, elementos esenciales para un ejercicio profesional actualizado y pertinente.

## **1.5 METODOLOGÍA**

Esta investigación adopta un enfoque cualitativo con un alcance exploratorio y documental, orientado a analizar la integración conceptual de las tecnologías BIM e IA para el seguimiento automatizado del avance de obra. No se desarrolla una implementación práctica en campo; en su lugar, se utiliza fuentes bibliográficas, estudios previos y, de manera complementaria, entrevistas a expertos del sector.

Este tipo de metodología permite identificar tendencias, vacíos de conocimiento y oportunidades de aplicación futura, ofreciendo una comprensión amplia del fenómeno dentro del contexto ecuatoriano. Esto coincide con lo señalado por Rojas (2023), quien explica que las investigaciones exploratorias examinan temas poco estudiados y ayudan a establecer las bases para trabajos posteriores de mayor profundidad.

El proceso metodológico se organiza en tres fases principales:

## **Fase 1 : Comprensión y estudio**

La primera fase de la investigación se centra en comprender a profundidad qué se ha estudiado sobre la Inteligencia Artificial (IA) y el *Building Information Modeling* (BIM) aplicado al control y seguimiento de obras. Esta etapa está directamente vinculada con el primer y tercer objetivo específico, y marca el punto de partida para construir el marco teórico y entender el estado actual del conocimiento en torno al tema.

Para comenzar, se realiza un proceso amplio de búsqueda y recopilación de información. Durante los meses de enero a abril de 2025 se consulta literatura científica, artículos especializados, informes técnicos y documentos académicos que abordan la relación entre BIM, IA y la gestión del avance de obra. Esta búsqueda no se limita a bases de datos internacionales como Scopus, ScienceDirect, ResearchGate y Dialnet, sino que también incluye repositorios nacionales de universidades como la de Cuenca, la UTPL y la PUCE. Además, se prioriza fuentes publicadas entre 2010 y 2025 con el fin de asegurar que el contenido revisado refleje el desarrollo reciente de estas tecnologías y se ajuste a la realidad ecuatoriana.

En esta revisión documental, el objetivo fue identificar los conceptos clave que sustentan la investigación. Entre ellos destacan la automatización, entendida como la transición de actividades manuales hacia procesos inteligentes; la trazabilidad, que permite monitorear y registrar en tiempo real lo que ocurre en una obra; la interoperabilidad entre programas y plataformas digitales; la visión computacional utilizada por la IA para interpretar imágenes y datos visuales; y el aprendizaje automático (machine learning), que hace posible detectar patrones y anticipar problemas. Estos elementos conforman la base necesaria para comprender cómo las tecnologías digitales pueden transformar la manera en que se gestiona una obra (Jurado, 2023; Mendoza et al., 2022; Prieto-del Río, 2024).

De manera complementaria, revisa casos de estudio tanto nacionales como internacionales donde ya se han aplicado herramientas digitalizadas o automatizadas en procesos constructivos. Para ello se elabora fichas de análisis y matrices comparativas que permiten organizar las experiencias documentadas, describir sus métodos, los resultados obtenidos y el nivel de integración tecnológica aplicado. Este análisis no solo permite reconocer buenas prácticas, sino también identificar vacíos, limitaciones y oportunidades que pueden servir como referencia para adaptar estas tecnologías al contexto ecuatoriano.

El propósito final de esta fase es construir un sustento teórico claro y comprensible que permita visualizar por qué la IA y el BIM han comenzado a convertirse en pilares fundamentales de la modernización del sector de la construcción.

## **Fase 2. Análisis y diagnóstico contextual**

La segunda fase de la investigación profundiza en la realidad ecuatoriana y se orienta a comprender cómo se están aplicando —o no— las tecnologías BIM e IA en el país, especialmente en la construcción de viviendas unifamiliares. Esta etapa permite responder el segundo y cuarto objetivo específico.

El primer paso consiste en realizar un análisis documental y comparativo de la adopción tecnológica dentro del sector AEC en Ecuador. Para ello se revisa informes institucionales, artículos técnicos, documentos académicos y proyectos registrados por universidades y empresas locales, particularmente de la UTPL, la Universidad de Cuenca y la Católica de Cuenca. La intención es conocer el grado de madurez digital de los actores del sector y entender cómo están abordando la planificación, ejecución y control de obra desde una perspectiva digital (Prieto-del Río, 2024; Álvarez Quezada, 2024).

Posteriormente se realiza un diagnóstico sobre las barreras que frenan la integración de tecnologías como BIM e IA en el país. Estas barreras se relacionan con factores técnicos —como la falta de infraestructura y la incompatibilidad de software—, económicos —los altos costos de licencias o equipos—, formativos —la escasa capacitación profesional— y culturales —la resistencia al cambio en los procesos tradicionales. Zurdo (2024) advierte que, incluso a nivel global, la madurez digital del sector construcción sigue siendo baja, pero su crecimiento proyectado es acelerado. Esto implica que Ecuador debe prepararse para no quedarse atrás. Del mismo modo, Álvarez Quezada (2024) señala que uno de los principales retos del país es la baja inversión en innovación y la poca formación técnica especializada.

Luego de identificar estas barreras, se revisa experiencias locales en las que se han aplicado procesos de digitalización, como proyectos académicos y empresariales en Cuenca, Loja y Quito. Muchas de estas iniciativas han impulsado el uso de BIM o herramientas digitales, aunque aún no existe una integración robusta con IA. Comparar estas experiencias con referentes internacionales —como *Autodesk Construction Cloud* o los sistemas de visión computacional empleados por *Boston Dynamics* junto con *HoloBuilder*— permite identificar qué elementos podrían adaptarse al contexto ecuatoriano. (Jurado, 2023)

El análisis se apoya en matrices comparativas que facilitan observar similitudes, diferencias y oportunidades entre los casos revisados. Con ello, se logra construir un diagnóstico claro sobre la situación actual del país, evidenciando brechas tecnológicas, posibilidades de desarrollo y las condiciones necesarias para implementar un sistema BIM-IA de manera eficaz. Este diagnóstico sirve como base para la fase siguiente.

## **Fase 3. Propuesta conceptual**

La tercera fase de la investigación se orienta a la formulación de una propuesta conceptual, basada en el análisis crítico de la literatura, los casos de estudio revisados y las herramientas tecnológicas identificadas en el marco teórico. A diferencia de un desarrollo experimental o de diseño de software, esta fase no plantea la creación de un sistema tecnológico propio, sino la identificación razonada de qué herramientas de IA y BIM resultan más pertinentes para cada fase del seguimiento de obra en proyectos de vivienda unifamiliar.

Esta aproximación responde al carácter exploratorio y teórico de la investigación, cuyo objetivo principal es comprender el potencial de la integración IA–BIM y establecer lineamientos conceptuales que puedan orientar futuras implementaciones prácticas en el contexto ecuatoriano.

El proceso inicia con la sistematización de las fases del seguimiento de obra, previamente definidas en el marco teórico. Para cada una de estas etapas se analizan las necesidades de control, los tipos de información generados y los problemas recurrentes identificados en la gestión tradicional de obra.

A partir de este análisis, se realiza una asociación conceptual entre las fases del seguimiento y las tecnologías digitales más adecuadas, considerando herramientas de BIM, inteligencia artificial y automatización que han sido documentadas en estudios previos y casos de aplicación reales.

### **1.5.1 Técnicas e instrumentos de recolección de información**

**Análisis documental:** revisión de literatura académica y técnica en bases de datos especializadas (*Scielo, ScienceDirect, Google Scholar*).

**Entrevistas semiestructuradas:** Dirigidas a arquitectos, ingenieros o docentes especializados en BIM o IA, para obtener percepciones sobre su aplicación local.

**Análisis comparativo:** estudio de casos nacionales e internacionales con diferentes niveles de integración tecnológica.

### **1.5.2 Resultados esperados**

Se espera obtener una propuesta teórica fundamentada que:

Describe la posible integración de BIM e IA en el seguimiento de obra.

Identifique los factores que facilitan o limitan su aplicación en Ecuador. Proponga un modelo conceptual aplicable al sector de vivienda unifamiliar. Contribuya al avance de la digitalización de la construcción en el país.

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1GENERAL**

Explorar el potencial de integración entre tecnologías de inteligencia artificial (IA) y metodología BIM en el seguimiento automatizado del avance de obra en viviendas unifamiliares, mediante un análisis documental, revisión de casos de estudio y entrevistas a profesionales del sector, con el fin de proponer un modelo conceptual aplicable al contexto de la construcción en Ecuador.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

Analizar el estado del arte sobre la aplicación de IA y BIM en el control de obras constructivas, a través de una revisión bibliográfica especializada, para identificar fundamentos, alcances y tendencias que sustenten el marco teórico del estudio

Identificar casos de estudio que hayan implementado tecnologías de seguimiento automatizado del avance de obra, evaluando su aplicabilidad técnica, herramientas utilizadas y resultados obtenidos, para establecer referentes adaptables al contexto local.

Describir las principales herramientas de inteligencia artificial y plataformas BIM empleadas para el control y monitoreo de obras, mencionando sus funciones, potencialidades, limitaciones y requisitos técnicos desde una perspectiva comparativa.

Determinar la factibilidad de aplicación de tecnologías de seguimiento automatizado en el contexto de viviendas unifamiliares en Ecuador, considerando variables como la escala del proyecto y tiempos.

### 3. MARCO TEÓRICO

El seguimiento del avance de obra es una actividad fundamental dentro de la gestión constructiva. Es el proceso que permite comprobar si lo planificado se está cumpliendo, si los trabajos mantienen la calidad esperada y si los recursos se están utilizando de manera eficiente. Sin embargo, en la práctica cotidiana de muchos proyectos en Ecuador, este control todavía se realiza de forma manual, con registros dispersos y herramientas poco sistematizadas. Como consecuencia, aparecen errores, pérdidas económicas y una falta constante de trazabilidad que dificulta comprender qué ocurre realmente en la obra.

Aguilar (2007) explica que el seguimiento de obra es clave para conservar la productividad del proyecto, ya que permite comparar el cronograma con lo que se ha construido, detectar retrasos o desviaciones y tomar decisiones a tiempo. El problema surge cuando ese seguimiento se hace con herramientas inadecuadas o sin procesos estandarizados, generando vacíos de información que complican la supervisión y afectan directamente la toma de decisiones. Esto es común en contextos donde la documentación técnica no está unificada o no se maneja de forma digital.

Ante este escenario, la incorporación de tecnologías como el Building Information Modeling (BIM) y la Inteligencia Artificial (IA) abre nuevas posibilidades para transformar la manera en que se controla una obra. Estas herramientas permiten automatizar parte del seguimiento, mejorar la precisión de los datos registrados y facilitar la coordinación entre todos los actores del proyecto, lo que contribuye a una ejecución más eficiente (Prieto-del Río, 2024).

Bajo esta perspectiva, la presente investigación —de carácter exploratorio— se enfoca en analizar cómo la combinación de BIM e IA puede servir para automatizar el seguimiento del avance constructivo en viviendas unifamiliares, con el objetivo de construir un marco conceptual que pueda orientarse a futuras aplicaciones en Ecuador.

#### 3.1 Marco conceptual: tecnología y digitalización en la construcción

Durante los últimos años, la industria de la construcción ha atravesado un proceso de transformación digital importante. Este cambio, vinculado con el concepto de Industria 4.0, surge de la necesidad de aumentar la productividad, mejorar la sostenibilidad y optimizar los procesos operativos dentro de obra. Como señalan Jiménez y Martín (2024), esta transformación se basa en

la integración de la automatización, los datos digitales y la inteligencia artificial dentro de los procesos constructivos.

Jurado (2023) menciona que la arquitectura técnica también se ha visto impactada por esta ola de innovación. La IA está permitiendo nuevas formas de diseñar, planificar y construir, ampliando las capacidades del profesional y cambiando incluso su rol dentro del proyecto. En este escenario, BIM deja de ser un simple software de modelación para convertirse en un proceso integral de gestión de información, que acompaña al proyecto desde su concepción hasta su operación.

La digitalización en la construcción implica adoptar metodologías colaborativas, centralizar la información en plataformas compartidas y automatizar análisis que antes se realizaban de manera manual. Mendoza, Quispe y Muñoz (2022) destacan que las tecnologías digitales —como BIM, drones, sensores y algoritmos de IA— permiten reducir errores, mejorar la toma de decisiones y aprovechar mejor los recursos disponibles en obra.

Incluso el American Institute of Architects (AIA), citado por Jurado (2023), resalta cómo la IA y el BIM están modificando profundamente la experiencia profesional, impulsando una arquitectura más inteligente, sostenible y eficaz.

De este marco surgen conceptos clave que guían la investigación:

**Automatización:** reemplazo de tareas repetitivas mediante sistemas capaces de ejecutarlas de forma autónoma.

**Trazabilidad:** capacidad de registrar lo que ocurre en la obra y compararlo en tiempo real con lo planificado.

**Interoperabilidad:** posibilidad de que distintas plataformas y formatos digitales trabajen entre sí sin pérdida de información.

Con estos elementos, la digitalización no solo transforma los procesos constructivos, sino también el rol del arquitecto, quien pasa a ser un gestor digital capaz de coordinar datos multidimensionales y aportar valor estratégico en cada fase.

### **3.2 La vivienda unifamiliar: definición, características y relevancia en la producción arquitectónica**

La vivienda unifamiliar constituye una de las tipologías residenciales más extendidas y representativas dentro del desarrollo urbano contemporáneo. Se define como una edificación destinada al alojamiento de una sola unidad familiar, generalmente implantada sobre un lote

independiente y con acceso directo desde el espacio público, lo que le otorga un alto grado de autonomía funcional y constructiva (S.A., 2026).

Desde el punto de vista arquitectónico, la vivienda unifamiliar se caracteriza por su escala reducida, su flexibilidad espacial y su capacidad de adaptación a condiciones climáticas, culturales y económicas específicas. A diferencia de los conjuntos habitacionales o edificaciones multifamiliares, esta tipología permite una relación más directa entre el usuario y el espacio construido, favoreciendo procesos de personalización, autoconstrucción progresiva y ajustes durante el ciclo de vida de la edificación (S.A., 2026).

En términos constructivos, la vivienda unifamiliar suele desarrollarse mediante sistemas tradicionales —hormigón armado, mampostería, estructura metálica liviana— y se ejecuta a través de procesos mayoritariamente manuales, con una baja estandarización y una alta dependencia de la supervisión directa en obra. Esta condición la convierte en un escenario propenso a errores de ejecución, retrabajos y desviaciones respecto al diseño original, especialmente cuando no existe una adecuada planificación ni un control técnico sistemático (S.A., 2026).

### **3.3 La vivienda unifamiliar como escenario de análisis tecnológico**

La literatura especializada reconoce que la vivienda unifamiliar ha sido históricamente excluida de los procesos avanzados de digitalización, debido a la percepción de que las tecnologías BIM, la automatización o la inteligencia artificial están orientadas principalmente a proyectos de gran escala o infraestructura compleja. No obstante, diversos estudios señalan que esta tipología presenta condiciones particularmente favorables para la implementación progresiva de metodologías digitales, precisamente por su escala controlable y su menor complejidad técnica (S.A., 2026).

La repetitividad de procesos constructivos, la claridad de las fases de obra y la cercanía entre proyectista, constructor y usuario final permiten que la vivienda unifamiliar funcione como un laboratorio idóneo para ensayar herramientas de seguimiento automatizado, registro visual sistemático y control de avance apoyado en modelos digitales. En este sentido, la integración de BIM con técnicas de captura visual y análisis asistido por IA puede generar beneficios significativos incluso en proyectos de bajo presupuesto, siempre que se adapten los niveles de precisión y automatización a la realidad local (S.A., 2026).

### **3.4 Análisis crítico del contexto local: vivienda unifamiliar en Cuenca, Ecuador**

En la ciudad de Cuenca, la vivienda unifamiliar continúa siendo una de las tipologías predominantes, tanto en zonas urbanas consolidadas como en áreas de expansión periférica. Su desarrollo está condicionado por factores normativos, patrimoniales y topográficos que influyen

directamente en las decisiones de diseño y en los procesos constructivos. A pesar de la creciente incorporación de herramientas digitales en la fase de diseño, la ejecución en obra sigue realizándose mayoritariamente bajo esquemas tradicionales, con un control visual directo y una documentación fragmentada (S.A., 2026).

Desde una perspectiva crítica, se identifica una brecha significativa entre el proyecto arquitectónico y su materialización en obra. La ausencia de modelos digitales actualizados durante la construcción, la limitada sistematización del registro fotográfico y la dependencia de la supervisión presencial generan dificultades en la trazabilidad del proceso constructivo y en la verificación del cumplimiento técnico. Estas condiciones incrementan el riesgo de inconsistencias entre lo proyectado y lo construido, especialmente en instalaciones técnicas y acabados (S.A., 2026).

Asimismo, el contexto económico y productivo de Cuenca, caracterizado por pequeñas empresas constructoras y obras de corta duración, ha limitado la adopción de tecnologías avanzadas de control. Sin embargo, esta misma realidad abre la posibilidad de implementar soluciones de bajo costo y alta adaptabilidad, como modelos BIM simplificados, captura visual sistemática con cámaras 360° y análisis asistido por inteligencia artificial como apoyo al profesional, sin sustituir los métodos tradicionales sino complementándolos (S.A., 2026).

### **3.5 Building Information Modeling (BIM)**

#### **3.5.1 Definición y evolución**

El Building Information Modeling (BIM) se ha consolidado como una metodología colaborativa que organiza y centraliza toda la información del proyecto dentro de un modelo tridimensional digital. Este modelo integra datos geométricos, técnicos y económicos, así como información relacionada con el tiempo y los costos, permitiendo gestionar el ciclo completo de vida del edificio (Prieto-del Río, 2024). Como señala Jurado (2023), BIM no debe entenderse únicamente como un software, sino como una forma de trabajo que promueve la transparencia, la colaboración entre disciplinas y la innovación sostenible..

#### **3.5.2 Dimensiones y niveles BIM**

A diferencia de los modelos 3D tradicionales, BIM incorpora dimensiones adicionales que amplían su alcance:

**4D:** tiempo y programación.

**5D:** costos y presupuesto.

**6D:** sostenibilidad y eficiencia energética.



requieren juicio o análisis humano. Como explican Mendoza et al. (2022), la IA permite que los sistemas computacionales desarrollen habilidades como el aprendizaje, el razonamiento o incluso el reconocimiento visual. Autores como Boden (2017) y Rouhiainen (2018) describen esta tecnología como un conjunto de algoritmos capaces de imitar procesos cognitivos humanos, ayudando a resolver problemas y tomar decisiones en distintos contextos.

Guo et al. (2019) profundizan en esta idea al señalar que el “estado ideal” de la IA sería aquel en el que los sistemas logren pensar y actuar tanto de forma racional como humana. Para alcanzar este nivel, se requiere un aprendizaje constante basado en dos enfoques principales: el aprendizaje simbólico y el automático, siendo este último el que ha impulsado mayor innovación en los últimos años (Ramesh, 2017), como se muestra en la Figura 2.

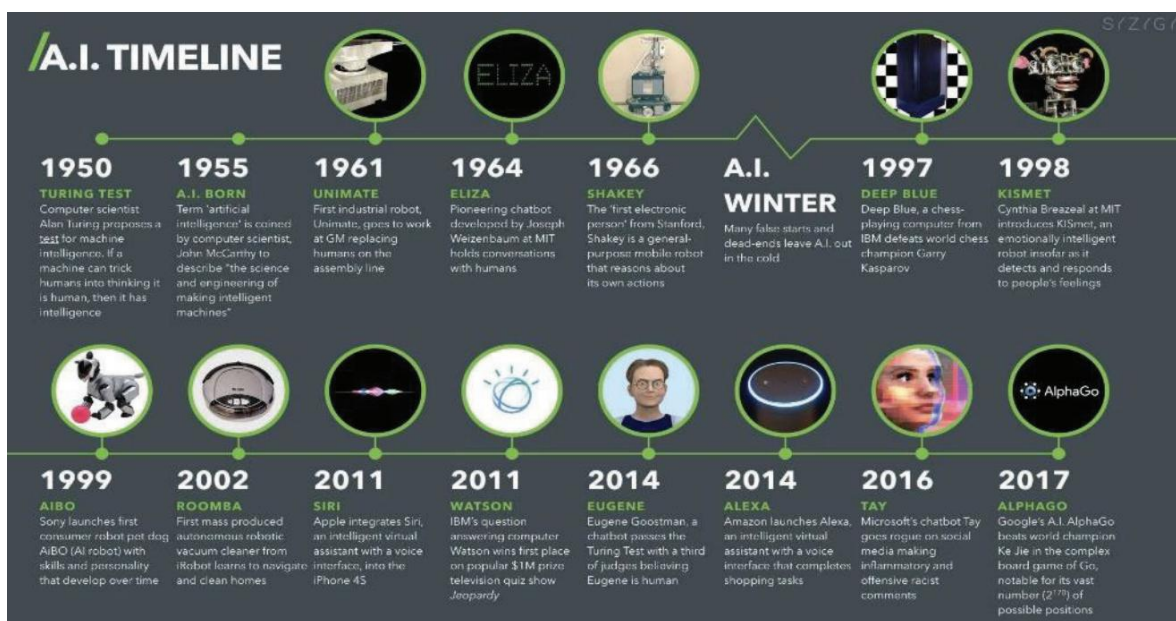


Figura 2: Línea del tiempo de la Inteligencia Artificial.

Fuente; Tomado de *Artificial Intelligence Timeline Infographic — From Eliza to Tay and beyond*, por Digital Wellbeing, 2020, <https://digitalwellbeing.org/artificial-intelligence-timeline-infographic-from-eliza-to-tay-and-beyond/>

### 3.8 Aplicaciones en el sector de la arquitectura, ingeniería y construcción

En el campo de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, la IA ha empezado a ocupar un lugar estratégico. Sus principales aplicaciones se distribuyen en cuatro áreas:

**Visión computacional:** identificación de elementos, control de calidad automatizado y detección temprana de errores.

**Aprendizaje automático:** predicción de retrasos, costos, riesgos y comportamiento constructivo.

**Procesamiento de lenguaje natural:** lectura e interpretación automática de documentos técnicos.

**Automatización para control de calidad:** revisión de planos, detección de inconsistencias y validación de modelos digitales.

### **3.9 Sinergia entre BIM e IA**

Combinar BIM con IA representa un salto importante hacia la automatización inteligente en la construcción. Jiménez y Martín (2024) explican que esta integración permite conectar los datos capturados directamente en obra con los modelos digitales, lo que posibilita análisis instantáneos, comparaciones automáticas y predicción de comportamientos del proyecto.

Para Jurado (2023), esta sinergia no solo mejora la eficiencia operativa y la sostenibilidad de los proyectos, sino que introduce nuevas oportunidades de innovación en el diseño arquitectónico. Un ejemplo claro son los sistemas predictivos —como PredPol— o las plataformas de gemelos digitales, que utilizan datos históricos para anticipar problemas y optimizar recursos.

### **3.10 Automatización del seguimiento de obra**

El seguimiento tradicional del avance de obra depende en gran parte de registros manuales, bitácoras y fotografías aisladas. Aunque estos métodos han funcionado durante años, su mayor limitación es la falta de trazabilidad y la dificultad para mantener un control preciso. La automatización cambia este panorama al introducir drones, escáneres 3D y visión computacional como herramientas de monitoreo (Jaimes-Quintanilla & Zabala-Vargas, 2024).

Según Zurdo (2024), la IA está transformando la logística y el control de obra mediante monitoreo en tiempo real. Esto permite gestionar cronogramas de forma más eficiente, reducir costos y detectar inconsistencias antes de que generen problemas mayores. Tecnologías como los gemelos digitales, el análisis predictivo de materiales y los sistemas de inspección automatizada se están convirtiendo en herramientas clave para aumentar la competitividad del sector.

### **3.11 Aplicaciones en arquitectura y construcción**

Dentro del ámbito arquitectónico, la IA se utiliza para optimizar diseños, clasificar tipologías y automatizar evaluaciones técnicas (Durand-Labán, 2019). Jurado (2023) sostiene que la IA funciona como un aliado estratégico del arquitecto, apoyando tanto los procesos creativos como los más técnicos. Su aporte se refleja en propuestas más eficientes, mejor fundamentadas y capaces de responder a desafíos complejos.

A nivel nacional, algunos proyectos ya muestran avances en esta dirección. El caso de San Patricio Gardens en Quito o el Edificio Lluma en Riobamba evidencian el uso de herramientas como Navisworks, Dynamo o la fotogrametría para mejorar el control del proyecto. Aunque estas implementaciones aún son parciales, marcan un paso firme hacia la digitalización de la construcción en el país.

### **3.12 Retos y limitaciones en el contexto ecuatoriano**

A pesar del potencial que ofrecen estas tecnologías, su implementación en Ecuador todavía enfrenta varios obstáculos. Entre los más comunes se encuentran:

Económicos: licencias costosas, necesidad de equipos de alto rendimiento.

Técnicos: escasa capacitación profesional y falta de infraestructura.

Culturales: resistencia al cambio, desconocimiento y preferencia por métodos tradicionales.

Escalamiento: predominio de proyectos pequeños, lo que dificulta justificar inversiones mayores (Álvarez Quezada, 2024).

A esto se suman preocupaciones éticas. Jurado (2023) y el IEEE advierten que la integración de IA dentro de entornos BIM exige políticas claras de privacidad, seguridad de datos y uso responsable de la información técnica. En un contexto donde las imágenes, planos o modelos 3D son sensibles, estos aspectos se vuelven indispensables.

### **3.9 Estado del arte**

El estado del arte evidencia un esfuerzo sostenido por parte de la comunidad científica y técnica para comprender cómo la digitalización, la automatización y el uso de datos pueden transformar el proceso constructivo. A nivel global, los estudios publicados en los últimos años coinciden en que la integración entre herramientas digitales —principalmente BIM e Inteligencia Artificial— está dejando de ser una tendencia emergente para convertirse en un nuevo estándar de gestión en obra.

Los principales aportes identificados incluyen:

Prieto-del Río (2024) destaca la importancia de la trazabilidad en los proyectos, señalando que los modelos BIM permiten estructurar, almacenar y consultar información con precisión a lo largo del ciclo de vida de la construcción. Su trabajo hace énfasis en que la calidad del flujo de datos es el eje central para garantizar procesos más eficientes y transparentes.

Mendoza et al. (2022) profundizan en el potencial de la IA para optimizar procesos constructivos. A partir de casos prácticos, demuestran que algoritmos de visión computacional y

machine learning pueden reducir errores de ejecución, mejorar la supervisión y apoyar la toma de decisiones mediante análisis predictivos.

Jaimes-Quintanilla & Zabala-Vargas (2024) se enfocan en la predicción de riesgos en obra. Sus resultados evidencian que la IA puede identificar patrones asociados a retrasos, fallas de coordinación o incidentes, permitiendo anticipar problemas antes de que se materialicen. Este tipo de investigaciones abre la puerta a modelos de gestión más preventivos que reactivos.

Cimadomo et al. (2024) exploran la clasificación automática de tipologías arquitectónicas mediante algoritmos entrenados con grandes volúmenes de datos. Estos autores demuestran que la automatización no solo mejora la eficiencia en tareas repetitivas de diseño, sino que también contribuye al análisis morfológico y urbano desde una perspectiva más objetiva y sistematizada.

Jurado (2023) aborda el tema desde una perspectiva más amplia, analizando los desafíos éticos, técnicos y operativos de integrar IA y BIM en un mismo entorno. Su estudio resalta la necesidad de establecer buenas prácticas relacionadas con la seguridad de los datos, el manejo responsable de modelos digitales y la transparencia en los procesos automatizados.

En conjunto, estos trabajos muestran que la digitalización del sector AEC avanza con rapidez y que la integración entre BIM e IA ya cuenta con un respaldo teórico y práctico sólido a nivel internacional. Sin embargo, también evidencian un contraste importante con la realidad ecuatoriana: aunque existen esfuerzos aislados, la aplicación simultánea de ambas tecnologías sigue siendo incipiente y se limita principalmente al ámbito académico o proyectos experimentales.

Este vacío abre una oportunidad clara para investigaciones como la presente, que buscan sentar las bases conceptuales para futuras implementaciones y aportar una visión contextualizada sobre cómo podría adaptarse esta sinergia tecnológica al entorno constructivo del país.

### **3.10 Tendencias y perspectivas futuras**

El avance de la inteligencia artificial dentro del sector AEC no solo está creciendo: está cambiando la lógica misma con la que se conciben, planifican y controlan las obras. La construcción, históricamente asociada a procesos manuales y a una fuerte dependencia del criterio del supervisor en campo, se está transformando en un entorno donde los datos, los modelos digitales y los algoritmos tienen un peso cada vez mayor. Zurdo (2024) muestra la magnitud de este cambio al proyectar que el mercado mundial de soluciones basadas en IA pasará de 650 millones de dólares en 2021 a más de 5.800 millones en 2028. No se trata solo de crecimiento económico, sino de una señal clara de que la automatización se está convirtiendo en una necesidad estratégica del sector.

Este movimiento global se articula con la tendencia hacia la industria 4.0, donde la captura continua de datos, la interconexión entre plataformas y el análisis predictivo permiten anticipar

problemas antes de que ocurran. Tal como señalan Jiménez y Martín (2024), en un futuro cercano el seguimiento de obra dejará de ser reactivo para convertirse en un sistema altamente predictivo, alimentado de flujos automatizados, modelos BIM enriquecidos y registros visuales en tiempo real. Esto incluye desde drones que recorren la obra diariamente, hasta sistemas capaces de comparar automáticamente una nube de puntos con el modelo digital y generar alertas de desviación casi instantáneas.

Los documentos analizados coinciden en esta dirección. Martínez y Castellanos (2023) destacan cómo la IA está abriendo nuevas fronteras creativas y operativas en arquitectura y diseño, permitiendo que la tecnología no solo agilice procesos, sino que amplifique las capacidades humanas. Su revisión muestra que la IA está logrando analizar patrones, reconocer configuraciones espaciales y proponer variaciones de diseño que, años atrás, habrían tomado días o semanas de exploración manual. El diseño generativo, por ejemplo, ya permite evaluar múltiples alternativas en minutos, optimizando parámetros como iluminación, eficiencia energética o distribución espacial .

En la misma línea, Pampliega (2019) afirma que la revolución de la IA en la construcción nace del enorme volumen de datos que el sector produce, pero rara vez utiliza. Señala que BIM, los sensores, las simulaciones y los modelos digitales generan un flujo permanente de información que podría ser reutilizado para mejorar el diseño, prever fallas constructivas o planificar la logística con mayor precisión, pero que hoy se desperdicia en más del 90 % de los casos. El autor advierte que la IA se encuentra precisamente en el punto donde puede convertir ese caudal de datos en decisiones concretas, optimizando alternativas de diseño, automatizando análisis y reduciendo tareas repetitivas que consumen tiempo del personal en obra.

La tendencia global también apunta hacia la convergencia de IA con tecnologías emergentes, como los gemelos digitales y el análisis automatizado del ciclo de vida. Estas herramientas están permitiendo monitorear edificios en operación, predecir fallas en sistemas mecánicos, calcular consumos energéticos y planificar mantenimientos antes de que aparezcan los problemas. Esto no solo impacta en la obra, sino en toda la vida útil del proyecto.

A medida que estas tecnologías se masifican, también se vuelven más accesibles. Lo que hoy parece exclusivo de proyectos de gran escala —como las integraciones entre robots de Boston Dynamics y plataformas como HoloBuilder— terminará filtrándose hacia obras más pequeñas, incluyendo viviendas unifamiliares. En ese sentido, la investigación internacional sugiere que las casas de pequeña escala serán uno de los primeros laboratorios donde se probarán sistemas semiautomatizados: herramientas que no reemplazan al técnico, sino que lo acompañan con análisis de avance, comparaciones automáticas y detección temprana de inconsistencias.

Sin embargo, este futuro también presenta desafíos. Martínez y Castellanos (2023) advierten que el crecimiento de la IA trae consigo dudas éticas y profesionales: ¿hasta qué punto puede la IA reemplazar decisiones humanas? ¿Cómo se garantiza la transparencia en los algoritmos que evalúan el diseño o la obra? Pampliega (2019) agrega que muchos profesionales sienten temor ante la posibilidad de que sus tareas sean automatizadas, y aunque ese riesgo existe, también es cierto que la IA abre espacio para nuevos roles especializados en gestión de datos, automatización y modelado inteligente.

En síntesis, las tendencias apuntan hacia una construcción cada vez más digital, interconectada y predictiva. En este escenario, el Ecuador tiene la oportunidad de aprovechar la escala y simplicidad de las viviendas unifamiliares para iniciar su transición hacia estos sistemas, incorporando herramientas digitales de manera progresiva y adaptada al contexto.

### **3.11 Herramientas**

#### **3.11.1. Visión computacional + BIM**

##### **Funciones principales.**

La visión computacional aplicada al control de obra transforma insumos visuales (fotografías, fotogrametría, video y video 360°) en información estructurada, capaz de identificar y clasificar elementos constructivos (muros, losas, tuberías, encofrados), medir progresos por área o componente y registrar evidencia fotográfica asociada a referencias del modelo BIM. A través de algoritmos de detección y segmentación, la visión computacional permite relacionar píxeles con objetos BIM, extrayendo metadatos (georreferenciación, fecha/hora, ángulo) y automatizando la generación de informes de avance y listas de no conformidades. Además, posibilita el seguimiento temporal mediante comparación “*frame a frame*” y la creación de índices de completitud por partida, facilitando la trazabilidad documental y la generación automática de evidencia para auditorías.

##### **Potencialidades.**

Su principal fortaleza es la capacidad de escalar la supervisión visual con consistencia y velocidad, eliminando el sesgo humano en la toma de registro. Al integrarse con modelos BIM, la visión computacional permite la automatización de tareas repetitivas (fotoregistro, cotejo con planos), la detección temprana de desviaciones y la creación de gemelos digitales visuales que apoyan decisiones de control de calidad y planificación. Además, combinada con aprendizaje profundo, puede identificar patrones de defectos, estimar porcentajes de cumplimiento y alimentar modelos predictivos que mejoren la programación.

##### **Limitaciones.**

El rendimiento depende fuertemente de la calidad de la captura (iluminación, condiciones climáticas, obstrucciones, polvo) y de la consistencia en los protocolos de fotografía. Los algoritmos de segmentación requieren conjuntos de entrenamiento representativos: sin datos

locales suficientes, la precisión disminuye. Hay además retos de interoperabilidad cuando los modelos BIM no están bien estructurados (nombres inconsistentes, falta de IDs) y se presentan problemas de alineación espacial entre imágenes y geometría digital. Finalmente, el procesamiento de grandes volúmenes de imágenes y nubes de puntos exige infraestructura computacional y flujo de trabajo que muchas pymes no poseen de inmediato.

#### **Requisitos técnicos.**

Necesita cámaras de buena resolución (idealmente 20+ MP para detalles), cámaras 360° para captura inmersiva, o drones con control de vuelo para vistas aéreas; además, servidores con GPU para entrenar e inferir modelos de *deep learning*, *software* para procesamiento de imágenes (OpenCV, Detectron, YOLO, *frameworks* de DL), y *middleware* que conecte *outputs* con modelos BIM (IFC/COBie). Protocolos de captura estandarizados (puntos de toma, hora del día, metadatos) y plantillas de nomenclatura BIM son esenciales para que la comparación automática sea fiable.

#### **Aplicabilidad técnica.**

Técnicamente, la visión computacional se implementa mediante flujos que incluyen adquisición de imágenes, preprocesamiento (corrección radiométrica, alineamiento), segmentación/Clasificación con CNNs, y mapeo de objetos detectados al modelo BIM mediante transformaciones espaciales o etiquetas. En un entorno productivo, capturas periódicas (diarias o semanales) se envían a una cola de procesamiento que alimenta dashboards de avance; las discrepancias mayores se marcan para revisión humana. La técnica puede complementarse con fotogrametría para generar ortofotos y nubes de puntos, facilitando la comparación volumétrica frente al BIM.

#### **Adaptabilidad al contexto ecuatoriano.**

Para Ecuador, la visión computacional es una opción práctica y escalable: universidades y emprendimientos locales pueden desarrollar pipelines basados en herramientas open-source y equipos asequibles (celulares avanzados, cámaras 360°, drones económicos). Es recomendable empezar con proyectos piloto en vivienda unifamiliar, donde la complejidad es moderada; estandarizar protocolos de captura y construir datasets locales para entrenar modelos; y priorizar casos de uso con alto retorno (control de albañilería, revisión de instalaciones empotradas). La adopción progresiva reduce barreras económicas y permite formar talento local en procesamiento visual e integración BIM.

### **3.11.2. Deep Learning aplicado a BIM 4D**

#### **Funciones principales.**

*Deep Learning* en entornos BIM 4D extiende el modelo digital de la obra con capacidades predictivas: predecir retrasos en actividades, estimar rendimientos de trabajo, detectar correlaciones entre causas y efectos (por ejemplo, escasez de materiales y demora de tareas), y automatizar la actualización del cronograma con base en evidencia as-built (fotos, registros de

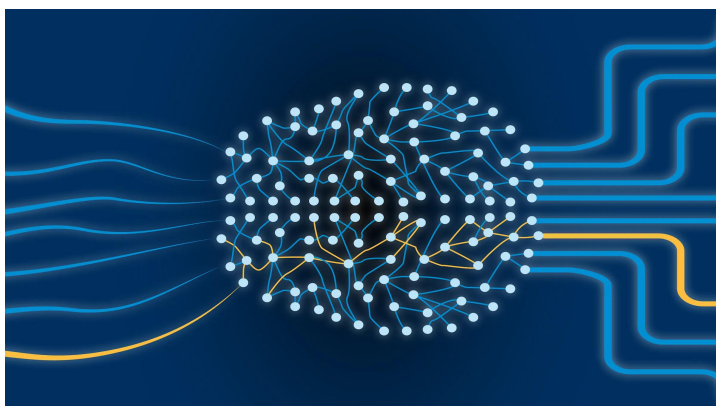
avance, sensores). Los modelos aprenden secuencias temporales y relaciones no lineales entre variables de proyecto, aportando pronósticos que sirven para la toma de decisiones y la reorganización proactiva de recursos.

### **Potencialidades.**

Permite transformar la experiencia histórica y los datos operativos en conocimiento accionable: identificar riesgos recurrentes, optimizar asignación de brigadas, ajustar duraciones esperadas y simular escenarios “*what-if*” con mayor realismo que métodos heurísticos. Los sistemas de DL pueden incorporarse a paneles 4D para actualizar visualmente el modelo y ofrecer predicciones de impacto frente a desviaciones detectadas en tiempo real.

### **Limitaciones.**

La principal limitación es la necesidad de datos de calidad y en cantidad: el aprendizaje profundo es *data-hungry*. Proyectos aislados o con registros fragmentados producirán modelos poco fiables. Además, los modelos son generalmente cajas negras: explicar por qué una predicción falla puede ser complejo, lo que exige estrategias de interpretabilidad y validación. La infraestructura costo/beneficio es otro límite: entrenamiento y mantenimiento requieren recursos humanos especializados y capacidad computacional, la Figura 3 representa esta unión entre lo humano y lo digital.



*Figura 3: Deep learning.*

Fuente: Tomado de “¿Qué es la inteligencia artificial? Guía completa para principiantes en 2025”, por Tyrtic, 2025, <https://tyrtic.com/blog/ia/que-es-la-inteligencia-artificial-guia-completa-para-principiantes-en-2025/>

### **Requisitos técnicos.**

Se requieren repositorios de datos históricos estructurados (duraciones, rendimientos, entregas, fotografías temporales), entornos de entrenamiento (*Python, TensorFlow/PyTorch*), *hardware* con GPU para entrenamiento, conexiones entre BIM 4D (*Synchro, Navisworks*) y pipelines de datos, y sistemas ETL que limpien y alimenten las redes neuronales. Además, métricas de validación y gobernanza de datos son indispensables para mantener la confiabilidad de las predicciones.

### **Aplicabilidad técnica.**

Técnicamente, se implementa mediante la extracción de features de cronogramas (relaciones de precedencia, holguras, recursos asignados), la incorporación de variables externas (clima, suministros), y el entrenamiento de modelos secuenciales (*L STM/Transformer*) para prever desviaciones de tiempo. Los outputs se integran a la vista 4D del BIM, actualizando colores/estados de actividades y generando alertas automatizadas para el equipo de obra. La retroalimentación continua mejora iterativamente el modelo.

### **Adaptabilidad al contexto ecuatoriano.**

En Ecuador el desafío inicial será agrupar datos consistentes; sin embargo, la repetitividad de obras de vivienda permite crear datasets locales valiosos en plazos medianos. Las universidades pueden liderar la creación de repositorios y colaborar con empresas para proveer datos. La estrategia de implementación óptima es incremental: comenzar con modelos enfocados (por ejemplo, predicción de duración de encofrados o colocación de albañilería) y escalar conforme se demuestre valor. Asimismo, usar servicios en la nube para entrenamiento reduce la inversión inicial.

### **3.11.3 PROCORE**

Procore es una plataforma integral de gestión de proyectos de construcción que ha evolucionado desde un sistema de administración documental hacia un entorno digital inteligente, como se representa en la Figura 4, incorpora progresivamente herramientas de inteligencia artificial orientadas a optimizar la toma de decisiones, la gestión de información y la coordinación en obra. Su aplicación se ha extendido principalmente en proyectos de mediana y gran escala, donde la complejidad administrativa y la cantidad de información generada hacen indispensable el uso de sistemas avanzados de apoyo.



Figura 4: Procore.

Nota. Tomado de *Procore (software partenaire)*, por Leica Geosystems, 2020, <https://leica-geosystems.com/products/construction-tps-and-gnss/software/software-partners/procore>

La incorporación de IA en Procore no busca sustituir al profesional técnico, sino reducir la carga operativa repetitiva, mejorar la trazabilidad de la información y facilitar el acceso inteligente a datos críticos del proyecto.

### Funciones principales

Una de las funciones más relevantes de Procore con IA es la gestión inteligente de la información administrativa de obra, incluyendo RFIs (*Requests for Information*), *submittals*, reportes, cronogramas, especificaciones técnicas y documentación contractual, como evidencia la Figura 5. A través de agentes de inteligencia artificial basados en procesamiento de lenguaje natural (NLP), la plataforma permite que el usuario interactúe directamente con el sistema mediante texto, formulando preguntas, solicitudes o instrucciones en lenguaje cotidiano.

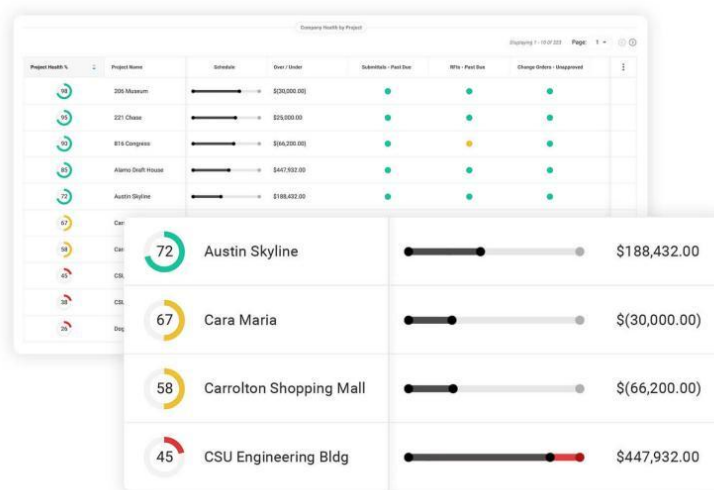


Figura 5: Gestión inteligente administrativa de Procore.

Nota. Tomado de *Administración de proyectos Procore*, por Procore, 2020, <https://www.procore.com/es/administracion-proyectos>

El asistente inteligente de Procore es capaz de leer, interpretar y priorizar grandes volúmenes de información, identificando RFIs críticas, sugiriendo rutas de solución y vinculando cada incidencia con los documentos, planos o especificaciones correspondientes. Esto representa un cambio significativo frente a los sistemas tradicionales, donde la búsqueda manual de información consume tiempo y es propensa a errores.

Otra función clave es la optimización logística y de planificación, donde la IA analiza datos de cronograma, condiciones climáticas, disponibilidad de recursos y secuencia constructiva para sugerir decisiones operativas, como fechas óptimas de suministro de materiales o ajustes en la programación de actividades críticas.

Además, Procore permite la creación de agentes de IA personalizados, configurados para tareas específicas como inspecciones periódicas, control de cronograma, revisión documental o seguimiento de hitos, los cuales pueden calendarizarse y ejecutarse de manera automática.

## Potencialidades

La principal potencialidad de Procore, como se evidencia en la Figura 6, radica en su capacidad para centralizar toda la información del proyecto en una única plataforma, reduciendo la fragmentación de datos que suele caracterizar a la gestión tradicional de obra. La integración de IA potencia esta centralización al convertir la información almacenada en conocimiento accesible y accionable.

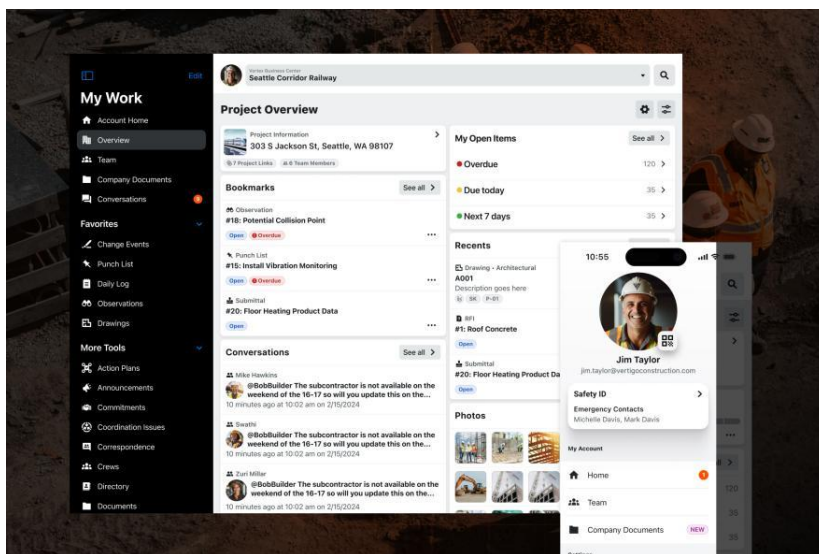


Figura 6: Plataforma de Procore.

Nota. Tomado de *Plataforma*, por Procore, 2020, <https://www.procore.com/es/plataforma>

El uso de asistentes basados en lenguaje natural permite una interacción mucho más intuitiva con el sistema, eliminando la necesidad de navegar manualmente por múltiples carpetas, archivos o módulos. Esto se traduce en ahorros significativos de tiempo, especialmente en la búsqueda de especificaciones técnicas, históricos de decisiones o antecedentes de incidencias.

Otra potencialidad relevante es la mejora en la toma de decisiones. Al analizar patrones históricos de RFIs, retrasos o conflictos administrativos, la IA puede anticipar problemas recurrentes y sugerir acciones preventivas. Este enfoque contribuye a una gestión más proactiva y menos reactiva.

Asimismo, la posibilidad de crear agentes específicos para cada proyecto o fase constructiva permite adaptar la herramienta a distintas realidades, fortaleciendo la flexibilidad operativa del sistema y su escalabilidad.

## **Limitaciones**

A pesar de sus ventajas, Procore presenta limitaciones importantes que deben ser consideradas en un contexto académico y técnico. En primer lugar, se trata de una plataforma orientada principalmente a proyectos de gran escala, lo que implica costos elevados de licenciamiento que pueden resultar prohibitivos para pequeñas constructoras o proyectos de vivienda unifamiliar.

Otra limitación relevante es que la inteligencia artificial de Procore depende estrictamente de la calidad y cantidad de datos ingresados. Si la información está incompleta, desactualizada o mal estructurada, las recomendaciones del sistema pueden perder precisión o relevancia.

Además, aunque el asistente permite interacción en lenguaje natural, su desempeño está condicionado por la estandarización de los procesos administrativos. En contextos donde las prácticas de obra son informales o poco documentadas, la adopción del sistema requiere un cambio cultural significativo.

Finalmente, Procore no sustituye el criterio técnico profesional. La IA actúa como apoyo, pero las decisiones finales siguen dependiendo del conocimiento y experiencia del equipo humano, lo cual exige una supervisión constante de las sugerencias generadas por el sistema.

## **Requisitos técnicos**

Desde el punto de vista técnico, Procore requiere una infraestructura digital estable, basada principalmente en conectividad a internet confiable, ya que opera como una plataforma en la nube. Es indispensable contar con dispositivos compatibles (computadoras, tablets o smartphones) que permitan el acceso tanto desde oficina técnica como desde obra.

A nivel de software, la plataforma se integra con herramientas de planificación, documentación y modelado, aunque su mayor fortaleza se encuentra en la gestión administrativa más que en el modelado BIM profundo. Para aprovechar plenamente las capacidades de IA, es necesario mantener una base de datos bien estructurada, con documentos correctamente etiquetados y flujos de trabajo definidos.

También se requiere capacitación básica del personal en el uso de la plataforma y, especialmente, en la formulación adecuada de prompts o solicitudes al asistente inteligente, ya que la calidad de las respuestas depende directamente de la claridad de las instrucciones dadas al sistema.

### **Adaptabilidad técnica**

Desde una perspectiva técnica, *Procore* es altamente adaptable debido a su arquitectura modular y su enfoque basado en la nube. La posibilidad de crear agentes personalizados permite configurar la herramienta para distintas fases de obra, tipos de proyecto y niveles de complejidad administrativa.

No obstante, su adaptabilidad técnica está más orientada a la gestión de información y procesos, y no tanto al análisis geométrico o constructivo profundo, por lo que su integración con BIM suele ser complementaria y no sustitutiva de plataformas especializadas como Revit o Navisworks.

### **Adaptabilidad al contexto ecuatoriano**

En el contexto ecuatoriano, *Procore* presenta una adaptabilidad parcial pero estratégica. Su implementación es más viable en proyectos de mediana y gran escala, como edificaciones institucionales, infraestructura o desarrollos inmobiliarios complejos, donde la inversión en tecnología se justifica por el volumen de información y el riesgo asociado a una mala gestión administrativa.

Para proyectos de vivienda unifamiliar o pequeñas obras, su adopción completa puede resultar económicamente inviable. Sin embargo, el enfoque conceptual de *Procore* —uso de IA para priorizar información, automatizar tareas repetitivas y mejorar la trazabilidad— es plenamente transferible a soluciones más accesibles o plataformas híbridas adaptadas al mercado local.

Además, su uso en Ecuador implicaría un proceso de transición cultural, donde los equipos técnicos deben fortalecer la documentación formal, estandarizar procedimientos y adoptar una visión de la obra basada en datos. En este sentido, *Procore* puede entenderse no solo como una herramienta, sino como un modelo de referencia para la evolución de la gestión de obra en el país.

#### **3.11.4 *OpenSpace* como plataforma de seguimiento automatizado de obra mediante visión artificial**

*OpenSpace* es una plataforma digital de origen estadounidense orientada al seguimiento automatizado del avance de obra, basada principalmente en visión computacional y captura de imágenes en 360°. Su principal innovación radica en la forma en que registra la realidad construida: a través de cámaras acopladas al casco del personal técnico, el sistema documenta recorridos completos de la obra mientras el usuario realiza su inspección cotidiana, sin necesidad de detenerse a tomar fotografías manuales.

Esta información visual , como la figura 7 demuestra, se procesa mediante algoritmos de inteligencia artificial, se georreferencia automáticamente sobre los planos del proyecto y puede compararse con modelos BIM, generando una representación fiel, objetiva y verificable del estado real de la obra.

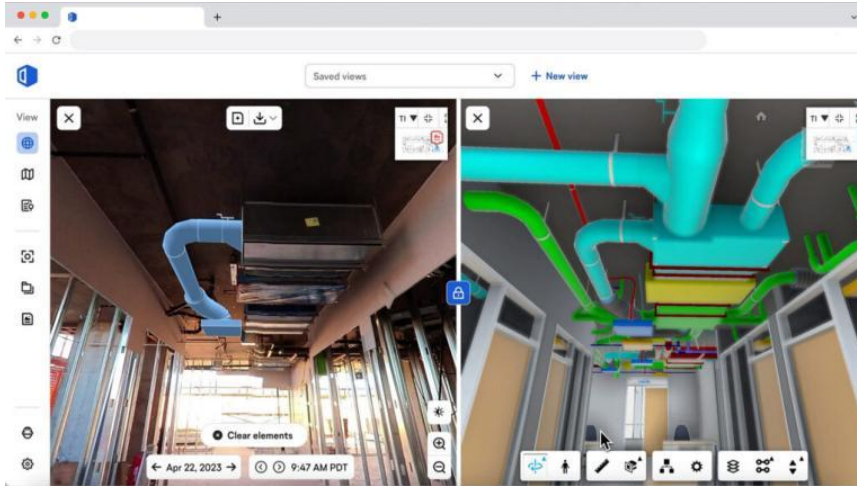


Figura 7: OpenSpace y visión artificial.

Nota. Tomado de *BIM Element Overlay*, por OpenSpace, 2025, <https://support.openspace.ai/hc/es/articles/41947795255443-BIM-Element-Overlay>.

### Funciones principales

La función central de *OpenSpace* es la captura automática y continua del avance de obra, utilizando cámaras 360°, tal como presenta la Figura 8, registran recorridos completos mientras el inspector se desplaza por el proyecto. A diferencia del registro fotográfico tradicional — fragmentado y subjetivo—, *OpenSpace* crea una línea temporal visual que permite observar la evolución del proyecto en distintos momentos.



Figura 8: Captura automática con cámaras 360°.

Nota. Tomado de *Now Supporting 360° Video Capture with Ricoh THETA Z1*, por E. Rennie, 2021, <https://www.openspace.ai/blog/now-supporting-360-video-capture-ricoh-theta-z1/>

Una vez capturadas, las imágenes se sincronizan automáticamente con los planos arquitectónicos, identificando con precisión el punto exacto desde el cual se tomó cada registro. Esto permite navegar por la obra de manera virtual, seleccionando espacios específicos y revisando su estado constructivo en fechas concretas.

Otra función clave es la comparación entre realidad construida y modelo BIM, tal como se presenta en la Figura 9, el sistema permite contrastar recorridos reales con recorridos virtuales del modelo, facilitando la detección de elementos faltantes, trabajos inconclusos o desviaciones respecto al diseño.

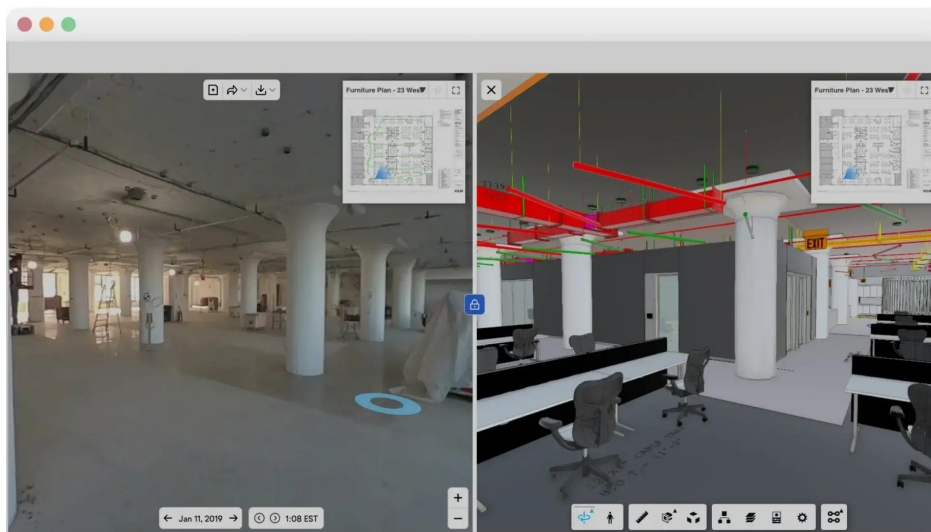


Figura 9: Comparación de realidad y modelo BIM

Nota. Tomado de *OpenSpace BIM Compare: Getting the Most Out of BIM*, por L. Irwin, 2023, <https://www.openspace.ai/blog/openspace-bim-compare-getting-the-most-out-of-bim/>

Además, *OpenSpace* incorpora herramientas de anotación, priorización y seguimiento de observaciones, donde cada hallazgo puede documentarse con comentarios, responsables, nivel de prioridad y evidencia visual directa, fortaleciendo la trazabilidad del proceso de supervisión.

### Potencialidades

La principal potencialidad de *OpenSpace* es que elimina la ambigüedad en la supervisión de obra. Al trabajar con evidencia visual continua y objetiva, reduce significativamente los errores de interpretación que suelen presentarse en informes escritos o registros fotográficos aislados.

Su uso de visión artificial convierte la supervisión en un proceso más transparente, verificable y auditable, ya que cada avance o incumplimiento queda respaldado por imágenes fechadas y georreferenciadas. Esto resulta especialmente valioso en proyectos donde intervienen múltiples actores y donde la comunicación suele ser una fuente recurrente de conflictos.

Otra fortaleza importante es la optimización del tiempo en obra. El personal técnico no necesita detener su recorrido para documentar manualmente; el sistema registra todo de forma automática, permitiendo que la supervisión se integre de manera natural a la rutina diaria.

Asimismo, la capacidad de comparar distintos momentos del proyecto permite identificar patrones de retraso, zonas críticas o actividades recurrentemente inconclusas, aportando una base sólida para la toma de decisiones correctivas.

### **Limitaciones**

Entre las principales limitaciones de *OpenSpace* se encuentra su dependencia de equipamiento específico, como cámaras 360° compatibles y dispositivos móviles adecuados, como lo evidencia la Figura 10. Esto implica una inversión inicial que puede ser significativa, especialmente para proyectos pequeños.



Figura 10: :Aplicación de *OpenSpace* en obra.

Nota. Tomado de *Best Practices for Adopting OpenSpace at Scale*, por K. Moersalim, 2025, <https://www.openspace.ai/blog/best-practices-for-adopting-openspace-at-scale/>

Otra limitación es que la plataforma no realiza análisis estructural ni técnico profundo por sí sola. Su fortaleza está en la documentación visual y la comparación, pero la interpretación técnica de lo observado sigue dependiendo del criterio profesional del arquitecto o ingeniero.

Además, su funcionamiento óptimo requiere disciplina en la captura periódica de recorridos. Si los registros no se realizan con la frecuencia adecuada, la línea temporal pierde continuidad y disminuye su valor analítico.

Finalmente, aunque la plataforma se integra con BIM, esta integración es principalmente visual y comparativa, no reemplazando herramientas especializadas de modelado o planificación.

### **Requisitos técnicos**

Desde el punto de vista técnico, *OpenSpace* requiere el uso de cámaras 360° certificadas, generalmente montadas en el casco del personal de supervisión, así como dispositivos móviles para la carga de información a la plataforma.

La plataforma funciona en la nube, por lo que es indispensable contar con conectividad a internet estable, al menos en los momentos de sincronización de datos. También se requiere acceso a los planos digitales del proyecto, preferiblemente en formatos estándar compatibles.

Para la comparación con BIM, es necesario disponer de modelos actualizados y correctamente coordinados, lo que implica un nivel mínimo de madurez digital del proyecto.

### **Adaptabilidad técnica**

Desde una perspectiva técnica, *OpenSpace* presenta una alta adaptabilidad, ya que no exige cambios profundos en la metodología constructiva existente. Se integra como una capa adicional de supervisión visual, complementando los métodos tradicionales.

Puede aplicarse tanto en obras en fase estructural como en acabados, e incluso en procesos de control de calidad y cierre de obra, gracias a su capacidad de registrar el estado final con alto nivel de detalle.

Su escalabilidad permite utilizarla en proyectos de distinta magnitud, ajustando la frecuencia de registros y el nivel de análisis según las necesidades del proyecto.

### **Adaptabilidad al contexto ecuatoriano**

En el contexto ecuatoriano, *OpenSpace* resulta particularmente pertinente y realista como herramienta de transición hacia la digitalización del seguimiento de obra. A diferencia de sistemas altamente complejos, su lógica es intuitiva y se basa en una práctica ya existente: la inspección presencial.

Para proyectos de vivienda unifamiliar o edificaciones de mediana escala, *OpenSpace* puede implementarse de manera selectiva, por ejemplo, en fases críticas como obra gris, instalaciones o acabados, donde la trazabilidad visual es fundamental.

Además, su uso puede contribuir a mejorar la cultura documental en el sector, fortaleciendo la transparencia y reduciendo conflictos entre proyectistas, fiscalizadores y constructores.

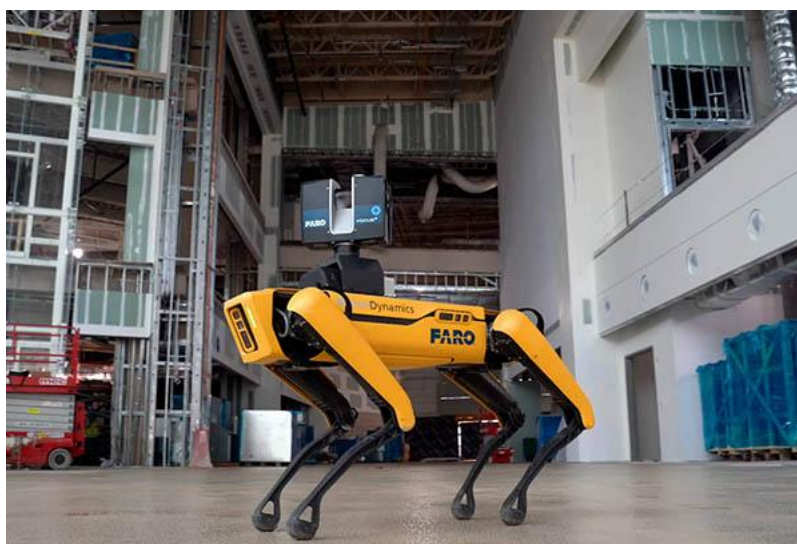
Si bien la inversión inicial puede ser un desafío para pequeñas empresas, su aplicación en proyectos piloto, universidades o entidades públicas permitiría evaluar su impacto real y adaptar su uso a las condiciones locales.

En este sentido, *OpenSpace* no solo es una herramienta tecnológica, sino un instrumento pedagógico y metodológico que puede impulsar una supervisión más objetiva, eficiente y alineada con las tendencias internacionales del sector AEC.

### **3.11.5 Robots e inteligencia artificial integrados con BIM para el seguimiento automatizado de obra**

#### **Funciones principales**

Los sistemas robóticos y ciberfísicos integrados con inteligencia artificial y BIM cumplen la función de automatizar la captura, registro y análisis del estado real de la obra (*as-built*), incrementando la frecuencia, precisión y objetividad del seguimiento. Estos sistemas abarcan desde robots autónomos terrestres, como se observa en la Figura 11. Plataformas móviles con sensores LiDAR (como Doxel AI) hasta esquemas de supervisión fotográfica sistematizada de bajo costo, todos bajo una lógica común: captura repetible + análisis automatizado + comparación con el modelo BIM.



*Figura 11: Robot de Boston Dynamics en obra.*

Nota. Tomado de *Cómo funciona Spot, el robot que compara el diseño con la construcción en terreno*, por L. Cao, 2021, ArchDaily, <https://www.archdaily.cl/cl/954806/como-funciona-spot-el-robot-que-compara-el-diseno-con-la-construccion-en-terreno>

En términos operativos, los robots y plataformas móviles recorren la obra siguiendo rutas predefinidas o estaciones fijas, capturando imágenes 360°, videos, nubes de puntos o fotografías

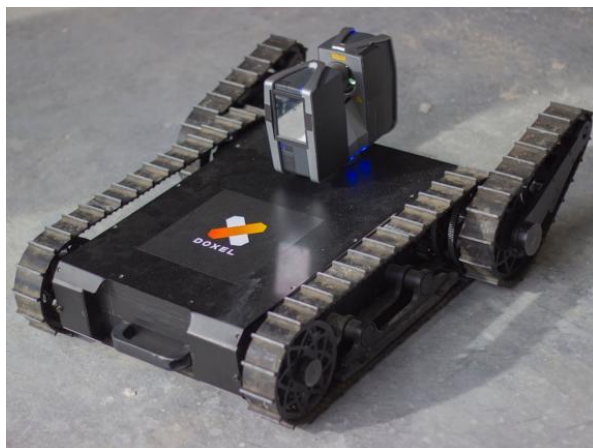
convencionales. Estos datos se georreferencian, se registran temporalmente y se alinean con el modelo BIM para generar un historial visual y geométrico del avance. Mediante algoritmos de visión por computadora y aprendizaje automático, el sistema identifica elementos construidos, faltantes, desviaciones geométricas, volúmenes ejecutados y discrepancias temporales respecto a lo planificado.

El rol principal de estos sistemas no es solo documentar, sino convertir la observación en métricas objetivas de avance, facilitando la actualización del modelo as-built, la generación automática de reportes y la detección temprana de desviaciones que impactan en plazo, costo o calidad.

### **Potencialidades**

La principal potencialidad de los robots con IA integrados a BIM es la repetibilidad y estandarización de la captura, algo prácticamente imposible de lograr con inspección humana tradicional. La capacidad de recorrer siempre las mismas rutas, capturar desde los mismos ángulos y registrar con la misma frecuencia permite comparaciones temporales altamente confiables, tanto visuales como geométricas.

Estos sistemas reducen significativamente el tiempo dedicado a supervisión manual, mejoran la trazabilidad histórica del proyecto y generan registros auditables que pueden utilizarse para control de calidad, reclamos contractuales o análisis posteriores. En soluciones avanzadas con LiDAR, como Doxel AI, que se visualiza en la Figura 12, se alcanza un control cuantitativo preciso, capaz de medir desviaciones en centímetros o milímetros y calcular porcentajes reales de avance por elemento constructivo.



*Figura 12: Robot de Doxel AI en obra.*

Nota. Tomado de *Robot con inteligencia artificial Doxel revoluciona el mundo de la construcción*, por F. Sarmiento, 2022, <https://inspenet.com/noticias/robot-con-inteligencia-artificial-doxel-revoluciona-el-mundo-de-la-construccion/>

Otra ventaja clave es la mejora en seguridad, ya que disminuyen la necesidad de exponer personal a zonas peligrosas, de difícil acceso o en fases tempranas de obra, como lo presenta la Figura 13. Incluso en versiones de bajo costo el uso de IA para clasificar estados de avance permite detectar retrasos antes de que se vuelvan críticos.

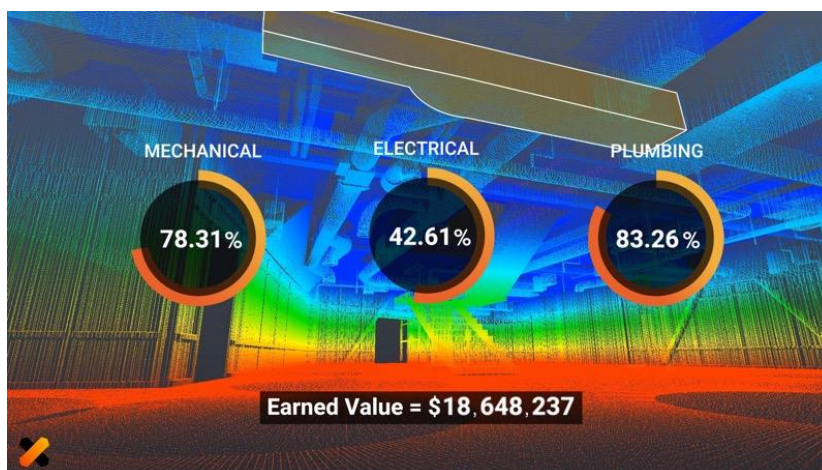


Figura 13: Supervisión de obra por Doxel AI.

Nota. Tomado de *El robot para construcción que detecta errores de obra en tiempo real*, por P. Seguí, 2018, <https://ovacen.com/robot-construccion-errores/>

Finalmente, la integración con BIM habilita una convergencia entre planificación, ejecución y control, fortaleciendo enfoques 4D y permitiendo una gestión basada en datos objetivos más que en apreciaciones subjetivas.

### Limitaciones

La principal limitación de estos sistemas es el costo del hardware y de la infraestructura asociada, especialmente en soluciones comerciales avanzadas que incluyen robots autónomos, sensores LiDAR de alta precisión y plataformas cloud propietarias. A ello se suman los costos de mantenimiento, calibración y gestión de grandes volúmenes de datos.

Desde el punto de vista operativo, los entornos de obra presentan condiciones adversas —barro, lluvia, desniveles, escombros, cambios constantes de circulación— que pueden afectar la movilidad y confiabilidad de los robots. Asimismo, la calidad de los resultados depende directamente de una correcta planificación de rutas, estaciones de captura y protocolos de registro.

Otra limitación relevante es la gestión y procesamiento de datos masivos, que exige criterios claros de almacenamiento, filtrado y seguridad de la información. Sin una estrategia adecuada, el volumen de imágenes y nubes de puntos puede convertirse en una carga más que en un beneficio.

Finalmente, aunque la IA automatiza gran parte del análisis, los resultados siguen requiriendo interpretación técnica humana, especialmente para decisiones constructivas, tolerancias aceptables o validaciones normativas.

### **Requisitos técnicos**

La implementación de robots e IA para seguimiento de obra requiere una combinación de hardware, software y protocolos operativos bien definidos. En soluciones avanzadas, se incluyen robots móviles con capacidades de navegación autónoma (SLAM), sensores LiDAR, cámaras RGB o 360°, y sistemas de comunicación estables (Wi-Fi de obra, redes locales o conectividad móvil).

A nivel de software, se necesitan plataformas de procesamiento capaces de registrar y alinear datos (imágenes o nubes de puntos), integrarlas con el sistema de coordenadas del modelo BIM (IFC, Revit, Navisworks) y ejecutar comparaciones geométricas o visuales mediante algoritmos de visión por computadora. También es clave contar con repositorios en la nube o servidores locales para el manejo de datos.

En esquemas adaptados o de bajo costo, los requisitos pueden reducirse a cámaras convencionales, drones o sensores móviles, junto con software de fotogrametría o clasificación visual, siempre que se mantengan protocolos estrictos de repetibilidad, etiquetado y control temporal.

Adicionalmente, se requiere personal capacitado para diseñar rutas, definir puntos de control, calibrar sistemas y validar los resultados generados por la IA, asegurando que la tecnología funcione como apoyo técnico y no como sustituto del criterio profesional.

### **Aplicabilidad técnica**

La aplicabilidad técnica de los sistemas de robots, visión artificial e inteligencia artificial integrados con BIM en el seguimiento de obra se fundamenta en su capacidad para objetivar el control del avance físico, reduciendo la dependencia de observaciones manuales y reportes subjetivos. Técnicamente, estos sistemas operan sobre un flujo bien definido: captura sistemática de datos → procesamiento automatizado → comparación con el modelo BIM → generación de métricas e informes.

En obra, la aplicabilidad se concreta mediante la definición previa de rutas repetibles o estaciones de captura, sincronizadas con el cronograma del proyecto. Los robots móviles (o plataformas sustitutas como drones, carros o cámaras portátiles) recorren la obra en intervalos regulares —diarios, semanales o por hitos constructivos— capturando información visual o geométrica. Esta información se procesa mediante algoritmos de visión por computadora y aprendizaje automático que permiten identificar elementos constructivos (muros, losas,

instalaciones visibles), determinar su estado de ejecución y compararlo con lo planificado en el modelo BIM.

Desde el punto de vista técnico, el mayor valor se alcanza cuando los datos capturados se alinean correctamente con el sistema de coordenadas del modelo BIM, permitiendo análisis cuantitativos como:

porcentaje real de avance por elemento,

detección de faltantes o retrasos,

identificación de desviaciones geométricas dentro de tolerancias definidas,

generación de modelos as-built progresivos.

Esta aplicabilidad es especialmente sólida en fases como obra gris, instalaciones visibles y control dimensional, donde la geometría y la secuencia constructiva son claramente verificables. En proyectos con prefabricación, estructuras repetitivas o cronogramas ajustados, la metodología ofrece un control técnico difícil de igualar con inspección tradicional.

Incluso en implementaciones simplificadas —como la supervisión fotográfica sistematizada— la aplicabilidad técnica se mantiene, siempre que exista disciplina en la captura, estandarización de puntos de vista y una correlación directa con el cronograma 4D. En este sentido, la tecnología no reemplaza el proceso técnico, sino que lo potencia mediante automatización y trazabilidad.

### **Adaptabilidad al contexto ecuatoriano**

La adaptabilidad de estos sistemas al contexto ecuatoriano es viable, pero necesariamente progresiva y estratégica. El mercado de la construcción en Ecuador se caracteriza por una alta proporción de proyectos pequeños y medianos, presupuestos ajustados y una adopción tecnológica desigual, especialmente fuera de los principales centros urbanos.

En este escenario, la implementación directa de soluciones avanzadas como robots autónomos comerciales o plataformas LiDAR de alta precisión puede resultar económicamente inviable para la mayoría de obras. Sin embargo, la metodología subyacente es altamente adaptable, lo que permite replicar sus beneficios utilizando tecnologías más accesibles.

Para vivienda unifamiliar y edificaciones de baja y media escala, una adaptación realista consiste en:

sustituir robots avanzados por cámaras 360°, drones o dispositivos móviles,

definir rutas o estaciones fijas de captura que simulen la repetibilidad robótica,  
realizar capturas semanales o por hitos críticos.

procesar la información mediante software de fotogrametría o plataformas de análisis visual compatibles con IFC.

Desde el punto de vista técnico, aceptar tolerancias métricas mayores (por ejemplo, 20–50 mm en obra gris) permite reducir costos sin perder utilidad para el control de avance. En este contexto, el objetivo no es la precisión milimétrica industrial, sino la detección temprana de desviaciones relevantes para plazo y coordinación.

En zonas urbanas como Quito, Cuenca o Guayaquil, donde existe mayor conectividad y acceso a profesionales BIM, estas metodologías pueden integrarse con flujos digitales existentes. En zonas rurales o de conectividad limitada, el enfoque puede ser híbrido: captura en campo y procesamiento posterior en oficina, manteniendo la trazabilidad temporal.

Un aspecto clave para la adaptabilidad ecuatoriana es la formación técnica. La implementación exitosa depende menos del hardware y más de la capacidad del equipo para definir protocolos de captura, interpretar resultados y vincularlos con decisiones constructivas reales. En este sentido, la colaboración universidad–empresa y los proyectos piloto representan una vía estratégica para validar estas tecnologías en condiciones locales.

En conclusión, aunque el nivel tecnológico de referencia proviene de contextos industriales avanzados, el enfoque de robots + IA + BIM es conceptualmente transferible al Ecuador, siempre que se adapte a la escala del proyecto, se priorice el proceso sobre el dispositivo y se adopte una lógica incremental de implementación.

#### **3.11.6. BIM tradicional (Revit, ArchiCAD, Navisworks)**

##### **Funciones principales.**

El BIM tradicional, como se visualiza en la Figura 14, es el núcleo del proceso digital: modelado 3D paramétrico, coordinación interdisciplinaria, detección de interferencias, extracción de cantidades y documentación técnica. Sirve como la referencia única de la información del proyecto y como base para integrar dimensiones adicionales (tiempo, costo, mantenimiento).

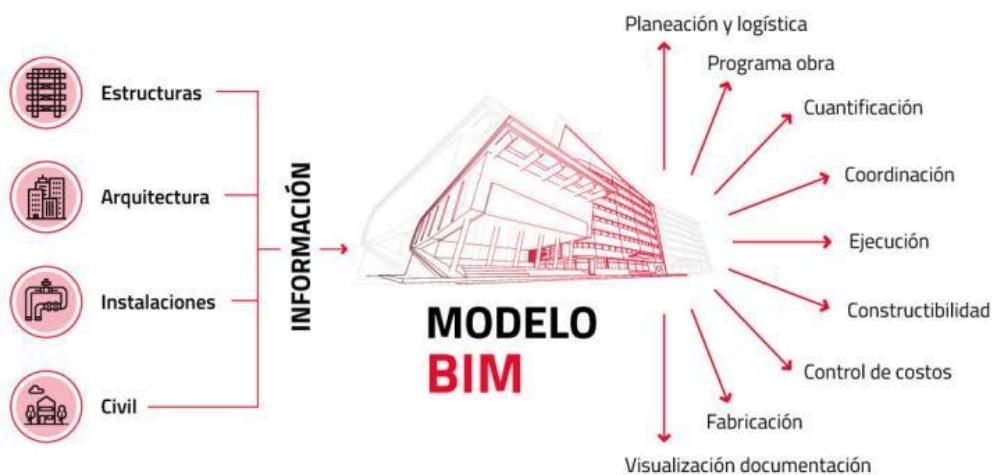


Figura 14: Funciones del modelo BIM.

Fuente: Tomado de *BIM vs CAD*, por A. Figueroa, 2019, <https://www.bloquetech.com/bim-vs-cad/>

### Potencialidades.

Facilita una visión integrada del proyecto, mejora la coordinación entre disciplinas y reduce retrabajos al detectar colisiones en fase digital. Al ser la base, habilita la incorporación de IA y otras tecnologías (visión, DL, simulación) que se nutren de la estructura de datos que BIM organiza.

### Limitaciones.

Requiere disciplina de modelado, estándares y plantillas; la calidad del BIM depende de procesos y formación, no del *software* en sí. Además, su adopción inicial puede presentar resistencia por costos de licencias y curva de aprendizaje.

### Requisitos técnicos.

Estaciones de trabajo potentes, licencias del *software* elegido, plantillas y protocolos BIM, y personal capacitado en modelado, coordinación y exportación interoperable (IFC).

### Aplicabilidad técnica.

Desde el modelado conceptual hasta la coordinación de obra, el BIM actúa como sistema de registro y control. Técnicamente, la implementación exige definir niveles de desarrollo (LOD) acordes a necesidades, protocolos de entrega, y flujos para exportación a herramientas de análisis o gestión.

### Adaptabilidad al contexto ecuatoriano.

El BIM está creciendo en Ecuador por impulso académico y en proyectos públicos/privados de mayor escala; en vivienda unifamiliar su adopción puede empezar por modelos básicos que documenten geometría, cantidades y fases, y escalar a 4D/5D conforme la organización madura. Licencias educativas y alternativas abiertas facilitan su democratización.

### 3.11.7 Asistente GPT personalizado (OpenAI) aplicado al seguimiento de obra

#### Funciones principales

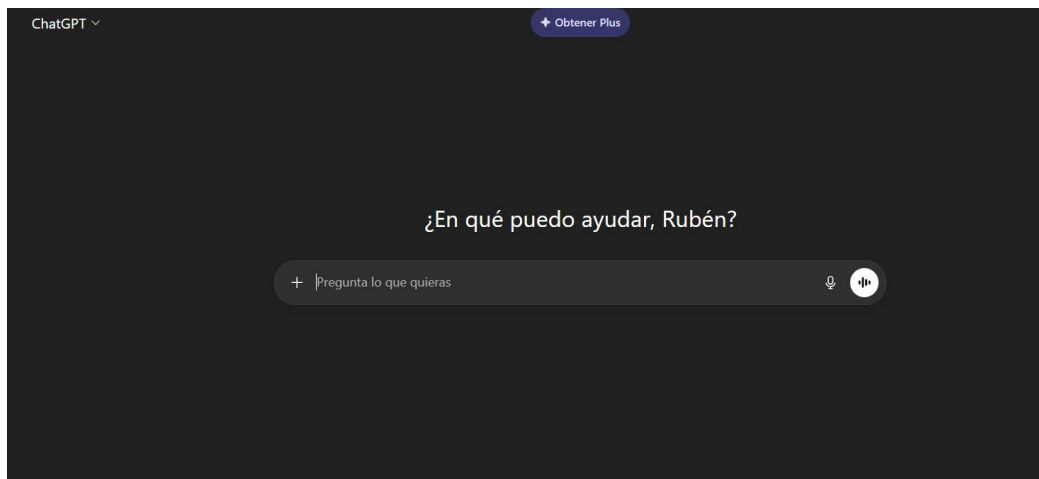
El asistente GPT personalizado, desarrollado por OpenAI, como se presenta en la Figura 15, constituye una herramienta de inteligencia artificial basada en modelos de lenguaje de gran escala, diseñada para interactuar de forma conversacional y adaptable con el usuario. Su principal función dentro del contexto del seguimiento de obra es actuar como un asistente técnico cognitivo, capaz de interpretar información textual, normativa y documental para apoyar la toma de decisiones durante las distintas fases del proceso constructivo.



Figura 15: ChatGPT.

Nota. Tomado de *ChatGPT: Qué es, cómo usarlo y qué puedes hacer con este chat de inteligencia artificial*, por Y. Fernández, 2025, <https://www.xataka.com/basics/chatgpt-que-como-usarlo-que-puedes-hacer-este-chat-inteligencia-artificial>

Una de sus características más relevantes es la posibilidad de configurar su comportamiento sin necesidad de conocimientos avanzados de programación, a través de una interfaz accesible, tal como se muestra en la Figura 16, permite definir el propósito del sistema, sus reglas de interacción y los límites de actuación. En el apartado de Instrucciones, el investigador o profesional puede establecer con alto nivel de detalle el rol del asistente (por ejemplo, supervisor técnico, apoyo en control de calidad, asistente de planificación), el estilo de comunicación (técnico, académico, operativo) y las tareas que debe priorizar o evitar.



*Figura 16: Presentación de Chatgpt*

**Nota:** Elaboración propia

Adicionalmente, la sección de Conocimiento permite cargar documentos externos, tales como normativas de construcción, pliegos técnicos, guías metodológicas, informes de obra o textos académicos. Esto habilita al asistente a consultar fuentes específicas durante las conversaciones, generando respuestas contextualizadas y alineadas con el marco normativo y técnico del proyecto. En un entorno de obra, esta función resulta especialmente útil para consultas rápidas sobre procedimientos constructivos, interpretación de especificaciones o verificación de criterios técnicos.

La plataforma también permite activar o desactivar funciones complementarias —como análisis de documentos, razonamiento avanzado o interpretación de imágenes— ampliando su alcance operativo dentro del seguimiento de obra.

### **Potencialidades**

El principal valor del asistente GPT personalizado, como la Figura 17 permite comprender, radica en su capacidad de adaptación al contexto específico del proyecto, lo que lo diferencia de herramientas genéricas de consulta. Al integrar normativa local, manuales técnicos y criterios definidos por el investigador, el sistema puede ofrecer respuestas alineadas con las condiciones reales de la obra y con el enfoque metodológico del estudio.

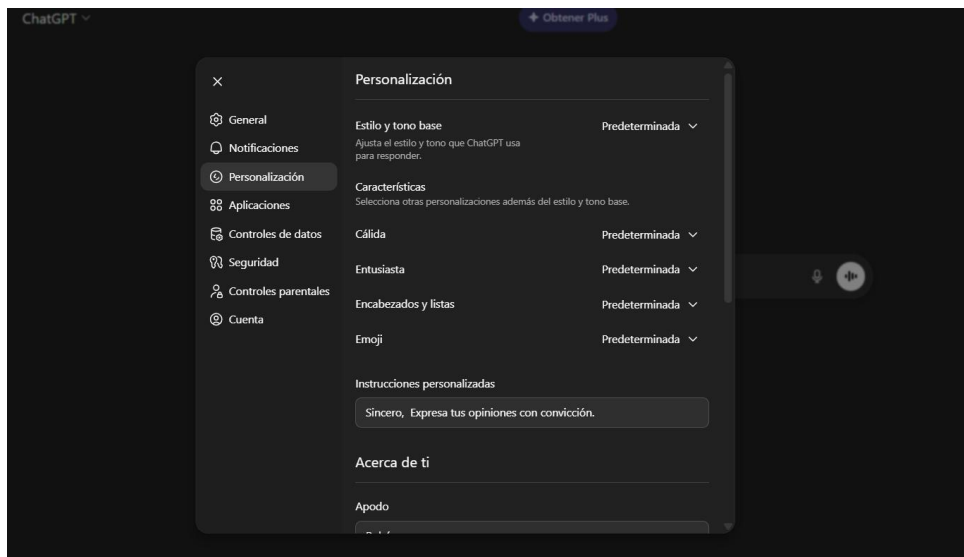


Figura 17: Interfaz de asistente GPT

**Nota:** Elaboración propia

Otra potencialidad clave es su función como herramienta de apoyo al aprendizaje continuo. Más allá de resolver consultas puntuales, el asistente puede contribuir a la formación progresiva del usuario —estudiantes, técnicos o supervisores— reforzando conceptos constructivos, explicando procedimientos y ayudando a interpretar documentos técnicos complejos. Esto transforma al GPT en un recurso pedagógico activo dentro del proceso de seguimiento de obra.

Asimismo, la posibilidad de integrar planos, esquemas técnicos y modelos 3D representa un salto cualitativo en su utilidad. Aunque actualmente esta integración depende del formato y del flujo de trabajo adoptado, su uso combinado con información gráfica permitiría mejorar la comprensión espacial, la detección de inconsistencias y el análisis técnico de soluciones constructivas.

Finalmente, la aplicación del asistente en entornos reales de obra, con retroalimentación constante del usuario, fortalece su precisión y pertinencia, permitiendo ajustar progresivamente su comportamiento a escenarios reales y exigentes, tal como señala Lerma (2025).

### Limitaciones

A pesar de sus amplias capacidades, el asistente GPT presenta limitaciones que deben ser consideradas críticamente. En primer lugar, sus respuestas dependen en gran medida de la calidad y actualidad de la información cargada en su base de conocimiento. Si los documentos incorporados no están actualizados o contienen errores, el sistema puede reproducir estas imprecisiones.

Otra limitación importante es que el asistente no sustituye el criterio profesional del arquitecto o ingeniero responsable. Sus respuestas deben ser entendidas como apoyo técnico y no como validaciones definitivas, especialmente en decisiones estructurales, normativas o de seguridad.

Asimismo, existe el riesgo de una excesiva dependencia del sistema, lo cual puede afectar el desarrollo del criterio técnico del usuario si no se acompaña de procesos formativos paralelos. Por ello, se recomienda establecer mecanismos de verificación cruzada, contrastando las respuestas del asistente con fuentes externas o revisiones humanas.

### **Requisitos técnicos**

Desde el punto de vista técnico, el uso de un asistente GPT personalizado requiere acceso a la plataforma de OpenAI, conexión estable a internet y dispositivos compatibles (computadora o tablet). Para un uso avanzado, se recomienda contar con archivos digitales bien estructurados (PDF, DOCX, textos académicos) y, de ser posible, con información gráfica optimizada para su análisis.

En contextos de obra, también es necesario definir protocolos claros sobre gestión de la información, confidencialidad de datos y control de versiones, especialmente cuando se cargan documentos técnicos o normativas oficiales.

### **Adaptabilidad técnica**

Técnicamente, el asistente GPT es altamente adaptable, ya que no exige infraestructura especializada ni hardware de alto rendimiento. Puede integrarse como herramienta auxiliar dentro de flujos BIM existentes, funcionando como soporte cognitivo para interpretación de datos, elaboración de reportes preliminares o consulta normativa.

Su flexibilidad lo hace compatible con distintas escalas de proyecto, desde viviendas unifamiliares hasta obras de mayor complejidad, siempre que se delimite claramente su rol dentro del sistema de seguimiento.

### **Adaptabilidad al contexto ecuatoriano**

En el contexto ecuatoriano, el asistente GPT presenta una alta viabilidad de implementación, especialmente en proyectos pequeños y medianos donde los recursos tecnológicos son limitados. La posibilidad de incorporar normativa local —como ordenanzas municipales, NEC u otras regulaciones técnicas— permite adaptar el sistema a la realidad constructiva del país.

Además, su uso puede contribuir a reducir brechas técnicas, apoyando a profesionales jóvenes o equipos con menor acceso a asesoría especializada. No obstante, su implementación efectiva depende de la correcta contextualización del conocimiento cargado y de una capacitación adecuada del usuario, evitando un uso superficial o acrítico de la herramienta.

### 3.11.8 Autodesk Construction Cloud (ACC)

Autodesk Construction Cloud (ACC) constituye un ecosistema digital integral para la gestión, seguimiento y control de proyectos de construcción, que unifica en una sola plataforma los flujos de trabajo asociados al diseño, la planificación, la ejecución, el control de calidad y la gestión documental. A diferencia de soluciones fragmentadas, ACC funciona como un entorno colaborativo centralizado, donde la información del proyecto se convierte en el eje principal de coordinación técnica y toma de decisiones.

Desde una perspectiva técnica, ACC integra módulos como *Docs*, *Build*, *Takeoff*, *Cost Management* y *Insight*, todos interconectados bajo una lógica BIM–nube, como lo ilustra la Figura 18. Permite que los datos generados en cada fase de la obra no se pierdan ni se dupliquen, sino que se acumulen como un historial constructivo verificable.

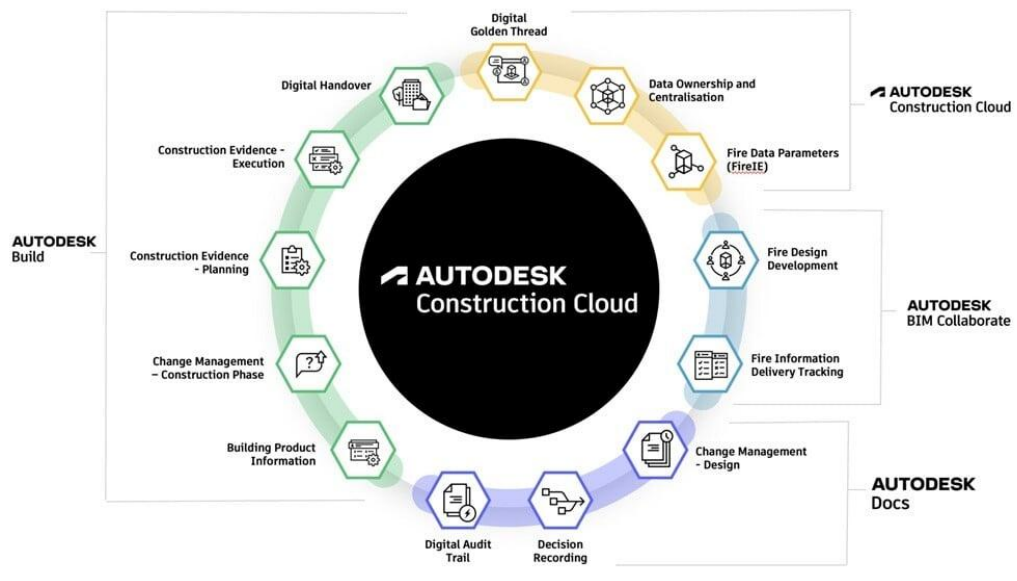


Figura 18: Funciones de Autodesk Construction Cloud.

**Nota.** Tomado de *Maintaining the golden thread of information with Autodesk Construction Cloud*, por K. Poluyanova, 2025, Autodesk Construction Blog. <https://www.autodesk.com/blogs/construction/maintaining-the-golden-thread-part-1/>

#### Funciones principales

La función esencial de *Autodesk Construction Cloud* es centralizar y estructurar toda la información del proyecto en un entorno digital único, accesible tanto desde oficina técnica como

desde obra. La plataforma gestiona documentos, planos, modelos BIM, RFIs, *submittals*, *checklists*, reportes diarios, incidencias y registros fotográficos, asegurando control de versiones, trazabilidad y permisos diferenciados por rol.

Uno de los avances más relevantes es la incorporación de inteligencia artificial aplicada a la gestión documental y al análisis de datos del proyecto. A través del asistente integrado de ACC, el usuario puede interactuar con la información mediante lenguaje natural, lo que permite:

Consultar especificaciones técnicas específicas dentro de grandes volúmenes de documentos, como lo ilustra la Figura 19.

Solicitar resúmenes automáticos de informes técnicos, contratos o actas.

Comparar versiones de planos y documentos para identificar cambios relevantes.

Analizar el historial de modificaciones y decisiones tomadas durante la obra.

Traducir documentación técnica sin perder contexto constructivo.

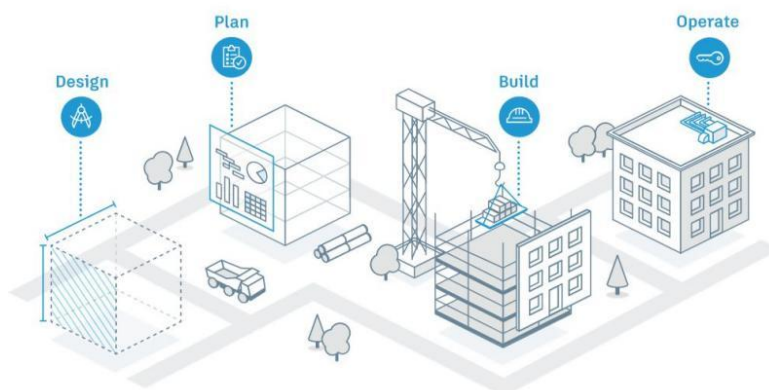


Figura 19: Fases de Autodesk Construction Cloud.

**Nota.** Tomado de *El impacto de la digitalización en arquitectura y construcción: Métricas y tendencias*, por A. L. Zapata, 2023, Autodesk LATAM Blog. <https://blogs.autodesk.com/latam/2023/06/12/el-impacto-de-la-digitalizacion-en-arquitectura-y-construccion/>

En el ámbito del seguimiento de obra, ACC permite registrar avances, asignar tareas, gestionar incidencias y realizar controles de calidad directamente vinculados al modelo BIM o a los planos, reduciendo la fragmentación entre diseño y ejecución. Técnicamente, la plataforma funciona como un repositorio activo, no pasivo, donde la información es procesada, relacionada y analizada.

## Potencialidades

La principal potencialidad de *Autodesk Construction Cloud* radica en su capacidad para transformar la gestión de obra en un proceso basado en datos y evidencia, dejando atrás prácticas empíricas o dependientes exclusivamente de la experiencia individual del supervisor.

Gracias a la integración de IA, ACC permite:

Detectar inconsistencias documentales antes de que se traduzcan en errores constructivos.

Reducir tiempos muertos asociados a búsqueda de información.

Mejorar la coordinación interdisciplinaria entre arquitectos, ingenieros, fiscalizadores y contratistas.

Generar conocimiento acumulativo del proyecto, reutilizable en fases posteriores o en obras futuras.

Otra fortaleza clave es la trazabilidad técnica: cada comentario, cambio, aprobación o incidencia queda registrada con fecha, autor y contexto, lo que fortalece la transparencia y reduce conflictos contractuales. En términos de control de calidad, esta trazabilidad permite justificar técnicamente decisiones y verificar el cumplimiento de especificaciones.

Además, ACC facilita la escalabilidad tecnológica, ya que puede integrarse con modelos BIM avanzados, módulos de analítica predictiva (*Insight*), sensores IoT o herramientas externas mediante APIs, ampliando su alcance más allá de la simple gestión documental.

## Limitaciones

A pesar de sus ventajas, *Autodesk Construction Cloud* presenta limitaciones que deben considerarse críticamente. En primer lugar, su dependencia de la calidad de los datos ingresados: la inteligencia artificial no sustituye una mala gestión, sino que amplifica tanto buenas como malas prácticas. Si los registros son incompletos o inconsistentes, los análisis y reportes perderán fiabilidad.

Otra limitación relevante es el costo de licenciamiento, que puede resultar elevado para pequeñas empresas constructoras o proyectos de escala reducida. Asimismo, la plataforma requiere un cambio cultural y organizacional: su implementación sin capacitación adecuada suele derivar en subutilización de sus capacidades.

Desde el punto de vista operativo, la dependencia de conectividad a internet puede generar restricciones en zonas con infraestructura limitada, especialmente en frentes de obra alejados de centros urbanos.

### **Requisitos técnicos**

Para una implementación efectiva, *Autodesk Construction Cloud* requiere:

Acceso estable a internet en oficina técnica y, preferiblemente, en obra.

Dispositivos móviles (*tablets o smartphones*) para el uso en campo.

Licencias activas de ACC y definición clara de roles y permisos.

Modelos BIM y documentación digital estructurada.

Protocolos internos de gestión documental, control de versiones y carga de información.

Capacitación técnica del equipo en flujos BIM–nube y uso del asistente inteligente.

Desde el punto de vista tecnológico, no se requiere infraestructura de servidores propios, ya que la plataforma opera completamente en la nube, lo que reduce costos de mantenimiento informático.

### **Adaptabilidad técnica**

Técnicamente, *Autodesk Construction Cloud* presenta alta compatibilidad con flujos BIM tradicionales, integrándose de forma directa con Revit, Navisworks y otras herramientas de *Autodesk*. Esta compatibilidad permite una adopción progresiva, sin necesidad de transformar completamente los procesos existentes desde el inicio.

La modularidad de ACC facilita que los equipos utilicen únicamente los componentes necesarios según la escala y complejidad del proyecto, lo que lo hace adaptable tanto a proyectos complejos como a obras de menor alcance con un enfoque gradual.

### **Adaptabilidad al contexto ecuatoriano**

En el contexto ecuatoriano, *Autodesk Construction Cloud* es técnicamente viable y estratégicamente relevante, especialmente en proyectos medianos y grandes, obras institucionales, privadas formales y desarrollos urbanos en ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca.

Las principales barreras son el costo y la conectividad en zonas rurales; sin embargo, estas pueden mitigarse mediante:

Uso de planes básicos o licencias compartidas.

Implementación inicial enfocada en gestión documental y control de obra.

Capacitación progresiva del personal técnico.

Uso híbrido (oficina–obra) para reducir dependencia total de conectividad permanente.

En síntesis, ACC representa una referencia tecnológica sólida para la modernización del seguimiento de obra en Ecuador, alineada con tendencias internacionales de digitalización, BIM y uso de inteligencia artificial aplicada a la construcción.

### **3.11.9. Smartvid.io (análisis automatizado de seguridad mediante visión computacional)**

#### **Funciones principales**

Smartvid.io, como se presenta en la Figura 20, es una plataforma basada en inteligencia artificial y visión computacional que analiza fotografías y videos capturados en obra para detectar riesgos de seguridad, comportamientos inseguros y condiciones peligrosas. Utiliza algoritmos entrenados para identificar elementos como uso incorrecto de EPP, zonas de riesgo, caídas potenciales y prácticas inseguras.

The logo for SMARTVID.IO features the word "SMARTVID" in a bold, black, sans-serif font. The letter "A" is replaced by a red play button icon. To the right of "SMARTVID" is ".IO" in a smaller, black, sans-serif font.

*Figura 20: Smartvid.io.*

**Nota.** Tomado de *Reducing risk and saving lives at the construction site*, por J. Kanner, 2017, Autodesk Platform Services. <https://aps.autodesk.com/customer-stories/smartvidio>

#### **Potencialidades**

Su mayor fortaleza es la automatización del control de seguridad, reduciendo la dependencia exclusiva de inspecciones manuales. Al analizar imágenes de forma continua, permite detectar riesgos que podrían pasar desapercibidos en supervisiones tradicionales.

Como se muestra en la Figura 21, genera registros visuales objetivos, fortaleciendo la trazabilidad y la cultura de seguridad en obra.



Figura 21: Aplicación de Smartvid.io en obra.

Nota. Tomado de *Reducing risk and saving lives at the construction site*, por J. Kanner, 2017, Autodesk Platform Services. <https://aps.autodesk.com/customer-stories/smartvidio>

### Limitaciones

Smartvid.io requiere una captura constante y de buena calidad de imágenes, lo cual puede ser un desafío en obras pequeñas o con recursos limitados. Asimismo, su entrenamiento está basado en contextos constructivos específicos, por lo que puede requerir ajustes para adaptarse a realidades locales.

### Requisitos técnicos

Necesita cámaras digitales, drones o dispositivos móviles para la captura de imágenes, conexión a la nube y acceso a la plataforma. Como lo demuestra la Figura 22, La calidad del análisis depende directamente de la calidad visual de los insumos.

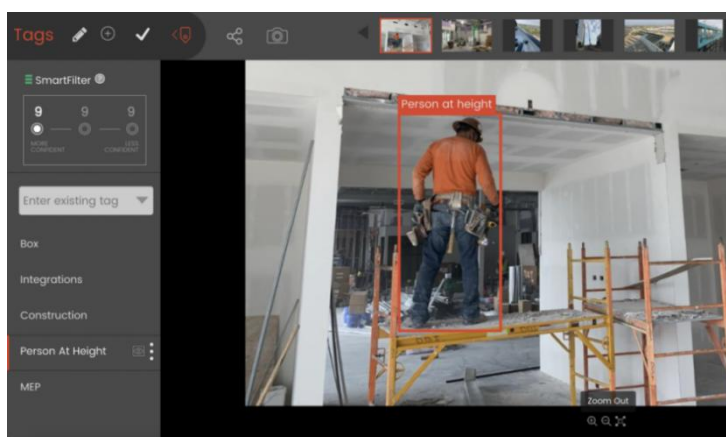


Figura 22: Aplicación de Smartvid.io en obra.

Nota. Tomado de *Reducing risk and saving lives at the construction site*, por J. Kanner, 2017, Autodesk Platform Services. <https://aps.autodesk.com/customer-stories/smartvidio>

### **Adaptabilidad técnica**

Es compatible con plataformas BIM y sistemas de gestión de obra, funcionando como un módulo especializado en seguridad dentro proyecto.

### **Adaptabilidad al contexto ecuatoriano**

En Ecuador, su aplicación es viable de forma progresiva, en proyectos donde la seguridad laboral es un punto crítico. Se adaptada como herramienta piloto en obras urbanas, contribuyendo a elevar los estándares de prevención y control.

## **3.12 Casos de estudio implementando tecnologías para el avance de obra**

### **3.12.1 Caso de estudio: Proyecto REBECCA (SANDO – Grant Thornton – Universidad de Málaga)**

#### **Aplicabilidad técnica**

El proyecto REBECCA constituye uno de los primeros intentos estructurados de integrar inteligencia artificial y metodología BIM como un sistema de aprendizaje continuo aplicado a la gestión y control de proyectos de construcción. Desde el punto de vista técnico, su aplicabilidad se fundamenta en el aprovechamiento de la gran cantidad de información generada a lo largo del ciclo de vida del proyecto, información que tradicionalmente queda dispersa o subutilizada.

En una primera etapa, el sistema se orienta al tratamiento automatizado de la base de datos BIM, utilizando los modelos como repositorio central de información geométrica, técnica y temporal. A partir de esta base, se desarrollan algoritmos de inteligencia artificial capaces de analizar los datos del proyecto —costes, plazos, incidencias, modificaciones, rendimientos— con el objetivo de mejorar el control de obra y la toma de decisiones durante la ejecución.

En una segunda fase, el proyecto introduce técnicas de Deep Learning, permitiendo que el sistema no solo analice información de un proyecto aislado, sino que aprenda de la experiencia acumulada de múltiples proyectos. Esta capacidad de aprendizaje progresivo representa un avance significativo respecto a los sistemas tradicionales de seguimiento, ya que transforma la información histórica en conocimiento reutilizable. De este modo, el sistema puede identificar patrones recurrentes, anticipar problemas y sugerir mejoras aplicables a nuevos proyectos.

Desde una perspectiva técnica, REBECCA demuestra que la IA puede funcionar como una capa cognitiva sobre BIM, tal como se representa en la Figura 23, capaz de interpretar datos complejos y generar valor añadido más allá de la simple visualización o coordinación del modelo.



Figura 23: Aplicación de la IA y BIM.

Nota. Tomado de *Técnicas de inteligencia artificial aplicadas al reconocimiento y generación de datos de diseño arquitectónico* (Tesis de grado), por Grinda, 2020, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

### Herramientas utilizadas

El núcleo tecnológico del proyecto REBECCA se apoya en la metodología BIM como estructura base de información, sobre la cual se integran herramientas de inteligencia artificial y aprendizaje automático. El modelo BIM actúa como contenedor central de datos, incorporando información procedente de las fases de planificación, diseño, documentación, logística de construcción, mantenimiento y rehabilitación, tal como se observa en el esquema conceptual del proyecto.

Sobre esta base de datos BIM se implementan algoritmos de IA y Deep Learning, diseñados específicamente para analizar grandes volúmenes de información histórica. Estos algoritmos permiten la extracción automática de patrones relacionados con tiempos de ejecución, desviaciones de costos, incidencias constructivas y decisiones técnicas adoptadas en proyectos anteriores.

Adicionalmente, el sistema contempla procesos de extracción de patrones y aplicación automática del conocimiento, lo que significa que los resultados del análisis no se quedan en informes pasivos, sino que pueden ser utilizados activamente para apoyar la toma de decisiones en nuevos proyectos. Esta lógica convierte al sistema en una herramienta evolutiva, capaz de mejorar su desempeño a medida que se incrementa la cantidad de datos disponibles.

La participación del grupo de investigación de Neurotecnología de la Universidad de Málaga refuerza el enfoque científico del proyecto, garantizando que los modelos de aprendizaje

automático estén correctamente diseñados, entrenados y validados desde una perspectiva académica y técnica.

### **Resultados obtenidos**

Uno de los principales resultados del proyecto REBECCA es la demostración práctica de que la experiencia constructiva puede ser sistematizada y reutilizada mediante inteligencia artificial. El sistema permite aprender de los datos históricos almacenados en modelos BIM, transformando la información acumulada en conocimiento aplicable a futuros proyectos.

Entre los beneficios más relevantes se encuentra la mejora en la calidad de los proyectos, ya que el sistema puede sugerir soluciones basadas en experiencias previas, reduciendo la probabilidad de repetir errores comunes. Asimismo, la identificación temprana de patrones problemáticos contribuye a disminuir plazos de ejecución, optimizar recursos y generar ahorros económicos significativos.

Otro resultado clave es el fortalecimiento del control y la monitorización de proyectos, al permitir un análisis más profundo y objetivo de los datos de obra. En lugar de depender exclusivamente de la interpretación humana, el sistema aporta una visión complementaria basada en datos, lo que incrementa la transparencia y la trazabilidad del proceso constructivo.

En términos conceptuales, REBECCA demuestra que la IA puede evolucionar desde un rol de apoyo puntual hacia un sistema de conocimiento corporativo, capaz de capturar, almacenar y reutilizar la experiencia acumulada de una organización constructora.

### **Adaptabilidad al contexto ecuatoriano**

Aunque el proyecto REBECCA se desarrolla en un contexto europeo, sus principios técnicos y conceptuales presentan una alta adaptabilidad al contexto ecuatoriano, especialmente a nivel académico y estratégico. En Ecuador, donde la adopción de BIM aún se encuentra en proceso de consolidación, este caso de estudio sirve como referencia para comprender el potencial de integrar IA de forma progresiva, sin necesidad de implementar sistemas excesivamente complejos desde el inicio.

Una adaptación viable en el contexto ecuatoriano podría comenzar por el uso de BIM como repositorio estructurado de información, priorizando la correcta documentación de proyectos y la generación de bases de datos históricas confiables. A partir de este primer paso, podrían desarrollarse análisis básicos de datos —incluso con herramientas de IA menos avanzadas— orientados a identificar patrones de retrasos, sobrecostos o problemas recurrentes en viviendas unifamiliares y proyectos residenciales.

Asimismo, el enfoque de REBECCA resulta particularmente pertinente para empresas constructoras locales, ya que permite capitalizar la experiencia acumulada, algo especialmente valioso en un contexto donde el conocimiento suele depender de personas y no de sistemas. La implementación progresiva de un modelo similar contribuiría a mejorar la eficiencia, la calidad y la planificación de obras futuras, incluso con recursos tecnológicos limitados.

Desde una perspectiva académica, este caso refuerza la pertinencia de investigaciones como la presente, ya que demuestra que la integración BIM-IA no es una visión futurista abstracta, sino una línea de desarrollo real y aplicable, adaptable a distintas realidades económicas y tecnológicas, incluida la ecuatoriana.

### **Metodología aplicada en el proyecto REBECCA**

El proyecto REBECCA adopta una metodología de investigación aplicada y experimental, orientada al desarrollo progresivo de un sistema inteligente capaz de integrar la metodología BIM con técnicas de inteligencia artificial para mejorar el control y la gestión de proyectos de construcción. Su enfoque metodológico se estructura en fases secuenciales e iterativas, lo que permite validar resultados parciales y retroalimentar el sistema de forma continua.

#### **Fase 1: Recopilación y estructuración de datos BIM**

La primera etapa del proyecto se centra en la recopilación sistemática de datos procedentes de proyectos reales ejecutados por el grupo SANDO. Esta información se organiza a partir de modelos BIM, los cuales funcionan como repositorio central de datos geométricos, técnicos, temporales y económicos.

En esta fase, la metodología BIM no se limita a la representación tridimensional, sino que se utiliza como una base de datos estructurada, capaz de almacenar información relevante de todas las etapas del proyecto: planificación, diseño, documentación, construcción, mantenimiento y rehabilitación.

El objetivo metodológico de esta fase es garantizar la calidad, consistencia y trazabilidad de los datos, condición indispensable para el posterior entrenamiento de los algoritmos de inteligencia artificial.

#### **Fase 2: Desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial**

Una vez estructurada la base de datos BIM, el proyecto avanza hacia el diseño y desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial, orientados a analizar automáticamente la información disponible. En esta etapa se implementan modelos capaces de identificar relaciones entre variables como plazos, costos, incidencias, modificaciones de proyecto y resultados finales.

Esta fase tiene un carácter exploratorio y analítico, ya que busca determinar qué patrones pueden extraerse de los datos históricos y cómo estos pueden contribuir a mejorar el control de obra y la toma de decisiones. El trabajo conjunto con el grupo de investigación de Neurotecnología de la Universidad de Málaga resulta clave para asegurar la validez científica de los modelos desarrollados.

### **Fase 3: Aplicación de técnicas de Deep Learning y aprendizaje progresivo**

En una tercera etapa, el proyecto incorpora técnicas de Deep Learning, permitiendo que el sistema no solo analice datos de manera estática, sino que aprenda de forma continua a partir de la experiencia acumulada. Este enfoque metodológico transforma el sistema en una herramienta evolutiva, capaz de mejorar su precisión y utilidad conforme se incrementa el volumen de información procesada.

El aprendizaje profundo permite extraer patrones complejos que no son evidentes mediante análisis tradicionales, facilitando la generación de recomendaciones y sugerencias aplicables a nuevos proyectos. De esta manera, el conocimiento obtenido deja de ser específico de un proyecto y pasa a formar parte de un sistema de aprendizaje organizacional.

### **Fase 4: Validación y aplicación del conocimiento en nuevos proyectos**

La metodología contempla una fase de validación progresiva, en la cual los resultados obtenidos por el sistema se contrastan con proyectos reales y escenarios futuros. El conocimiento generado por la IA se aplica de forma automática o asistida en nuevos proyectos, permitiendo evaluar su impacto en términos de calidad, plazos y costos.

Este proceso de retroalimentación continua asegura que el sistema no sea estático, sino que se ajuste y mejore con cada nuevo proyecto analizado. Metodológicamente, esto refuerza la fiabilidad del sistema y su capacidad para adaptarse a distintos contextos y tipologías constructivas.

## **3.12.2 Skanska: Seguimiento automatizado del avance de obra mediante drones e inteligencia artificial**

### **Metodología empleada**

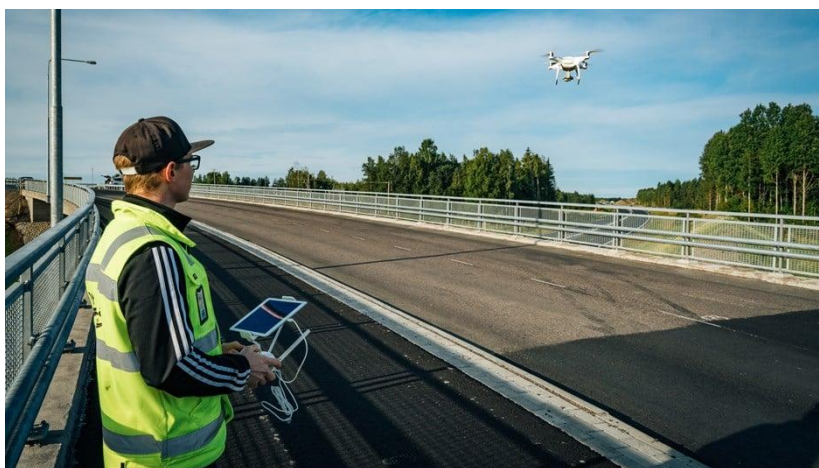
Skanska implementó una metodología de seguimiento basada en captura periódica de información visual aérea mediante drones, combinada con algoritmos de visión computacional y comparación contra modelos BIM.

El proceso inicia con la planificación de vuelos programados sobre la obra, asegurando recorridos repetibles y alturas constantes para garantizar consistencia en los datos capturados. Los drones

generan imágenes y videos de alta resolución que posteriormente son procesados mediante algoritmos de IA capaces de reconocer elementos constructivos, geometrías y estados de avance.

Una vez procesada la información, el sistema compara automáticamente el estado real de la obra con el modelo BIM de referencia, identificando desviaciones geométricas, diferencias de alineación, retrasos en la ejecución y discrepancias entre lo planificado y lo ejecutado. Este enfoque elimina la subjetividad del control visual tradicional y permite una evaluación objetiva y cuantificable del avance.

La metodología se apoya en ciclos continuos de captura–análisis–retroalimentación, lo que transforma el seguimiento de obra en un proceso sistemático, repetible y trazable, tal como se representa en la Figura 24.



*Figura 24: Proyecto Skanska utilizando drones.*

Nota. Tomado de *Cómo el programa de drones de Skanska evolucionó de una novedad a una tecnología imprescindible*, por M. Thibault, 2023, Construction Dive. <https://www.constructiondive.com/news/skanska-drone-program-tips-construction-tech/688997/>

### **Aplicabilidad técnica**

Desde el punto de vista técnico, la solución es altamente aplicable a obras de mediana y gran escala, donde el control visual desde tierra resulta limitado. La visión aérea permite cubrir grandes superficies en poco tiempo y obtener un campo visual imposible de lograr mediante inspecciones tradicionales.

La integración con BIM posibilita un seguimiento 4D automatizado, donde cada elemento constructivo puede evaluarse en términos de ubicación, avance y conformidad geométrica. Técnicamente, el sistema es especialmente eficaz en fases de obra gris, movimientos de tierra, estructuras y envolventes, donde las geometrías son claramente identificables desde el aire.

Además, la automatización reduce la dependencia de supervisiones manuales constantes, permitiendo que los equipos técnicos se enfoquen en la toma de decisiones más que en la recolección de datos.

### **Herramientas utilizadas**

Drones con cámaras de alta resolución y sistemas de posicionamiento preciso

Algoritmos de visión computacional para reconocimiento de elementos constructivos

Plataformas de procesamiento de imágenes y análisis comparativo

Modelos BIM como referencia geométrica y de planificación

Sistemas de análisis de desviaciones y reportes automatizados

### **Resultados obtenidos**

Los resultados reportados por Skanska evidencian una reducción aproximada del 40 % en los tiempos de supervisión, así como una disminución significativa de retrabajos derivados de errores no detectados a tiempo.

La detección temprana de desviaciones geométricas —como muros fuera de alineación o diferencias dimensionales— permitió corregir problemas antes de que se consolidaran, evitando impactos mayores en costos y cronograma.

Adicionalmente, el acceso a información objetiva y visual mejoró la comunicación entre equipos técnicos, proyectistas y responsables de obra, fortaleciendo la toma de decisiones basada en datos reales.

### **Adaptabilidad al contexto ecuatoriano**

En el contexto ecuatoriano, esta metodología es técnicamente viable, aunque su adopción dependerá del tipo de proyecto. En obras de infraestructura, urbanizaciones, proyectos VIS de gran escala o edificaciones institucionales, el uso de drones representa una oportunidad real de mejora del control de obra.

Las principales barreras se relacionan con la inversión inicial, la capacitación técnica y la normativa de uso de drones. Sin embargo, el país ya cuenta con operadores certificados y marcos regulatorios que permiten su uso controlado. En proyectos residenciales de menor escala, la metodología puede adaptarse mediante vuelos menos frecuentes o servicios tercerizados, reduciendo costos sin perder beneficios clave.

### 3.12.3 *Mortenson Construction*: Optimización del cronograma mediante ALICE Technologies

#### Metodología empleada

Mortenson adoptó una metodología de planificación avanzada basada en inteligencia artificial generativa y simulación de escenarios, utilizando la plataforma ALICE Technologies. El proceso parte de un modelo BIM 4D que incorpora actividades, duraciones, secuencias constructivas y restricciones reales del proyecto (mano de obra, logística, espacio, climatología y dependencias técnicas).

ALICE, como se representa en la Figura 25, analiza estas variables y genera miles de escenarios constructivos alternativos, evaluando cada uno en términos de tiempo, recursos y eficiencia. A diferencia de la planificación tradicional, donde el cronograma es una única hipótesis, esta metodología permite explorar múltiples soluciones antes de ejecutar la obra.



Figura 25: ALICE Technologies.

Nota. Tomado de *Unlocking the future of construction: The ADDD market revolution*, por A. Lewis, 2023. <https://add.io/did-you-know-that-alice-technologies-is-an-ai-powered-construction-simulation-platform/>

Cuando surgen imprevistos —como retrasos por falta de personal o cambios logísticos— el sistema recalcula escenarios y recomienda la alternativa más eficiente, manteniendo el control de la ruta crítica.

#### Aplicabilidad técnica

Técnicamente, esta solución es altamente aplicable a las fases de planificación, control del cronograma y seguimiento del avance físico. No sustituye al equipo técnico, sino que amplía su capacidad de análisis al procesar combinaciones que serían inviables manualmente.

La herramienta es especialmente útil en proyectos complejos o con alta incertidumbre, donde pequeñas decisiones pueden generar impactos significativos en el cronograma. Su

aplicación permite anticiparse a problemas y transformar la planificación en un proceso dinámico y adaptable.

Desde el enfoque de seguimiento de obra, ALICE actúa como un sistema predictivo, ayudando a evaluar si el avance real se mantiene alineado con los escenarios óptimos definidos previamente.

### **Herramientas utilizadas**

Plataforma ALICE *Technologies*

Modelos BIM 4D

Datos de planificación, recursos y restricciones

Algoritmos de simulación y optimización basados en IA

Interfaces de análisis de ruta crítica y escenarios comparativos

### **Resultados obtenidos**

Mortenson reportó ahorros de varias semanas en el cronograma, así como una mejora sustancial en la precisión de la ruta crítica.

La posibilidad de evaluar múltiples escenarios permitió tomar decisiones informadas frente a imprevistos, reduciendo la improvisación y mejorando la eficiencia global del proyecto.

Además, la metodología fortaleció la coordinación entre planificación y ejecución, ya que las decisiones se sustentaron en simulaciones verificables y no únicamente en la experiencia individual.

### **Adaptabilidad al contexto ecuatoriano**

En Ecuador, la implementación de ALICE *Technologies* es viable principalmente en la fase de planificación, incluso sin ejecución en campo, lo que se ajusta perfectamente a investigaciones exploratorias como la tuya.

Para proyectos medianos, viviendas multifamiliares o desarrollos urbanos, la herramienta puede utilizarse como apoyo estratégico para mejorar cronogramas y reducir riesgos antes del inicio de obra.

Las limitaciones se centran en el acceso a licencias y en la necesidad de modelos BIM bien estructurados; sin embargo, su uso por consultorías, universidades o proyectos piloto representa una oportunidad real para modernizar la gestión del tiempo en construcción.

### 3.13 Fases del seguimiento de obra en proyectos de vivienda unifamiliar

El seguimiento del avance de obra en viviendas unifamiliares se organiza a través de una serie de etapas que permiten mantener el control técnico, la coherencia con los planos y el cumplimiento del cronograma. En la literatura latinoamericana, este proceso se describe como una secuencia ordenada de verificaciones que acompañan cada fase constructiva, desde la preparación inicial hasta la entrega del proyecto (De Solminihac & Thenoux, 2018). Estas etapas buscan que el proceso constructivo avance de manera coordinada, minimizando errores y asegurando que la vivienda se ejecute con los estándares previstos.

#### 3.13.1. Fase de planificación y preparación del seguimiento

Como la figura 26 lo representa, en una obra de vivienda el seguimiento empieza en la mesa de planificación. Es aquí donde se define cómo se controlará todo el proceso: qué se va a verificar, quién será responsable de cada revisión, con qué frecuencia se inspeccionará y qué instrumentos se usarán para documentar el avance. La *Guía técnica y administrativa para el control de seguimiento y documentación de obras* señala que esta etapa implica establecer los parámetros técnicos, documentales y administrativos que permitirán un monitoreo ordenado y verificable (Guía Técnica, s.f.).

Corchuelo Canizales et al. (2022) explican que, en proyectos residenciales, esta planificación incluye la elaboración de la EDT, la programación detallada de la obra gris y blanca y la definición de reportes periódicos. Estas actividades son esenciales, ya que permiten anticipar posibles problemas y preparar los mecanismos de control antes del inicio de la construcción.



Figura 26: Fase de planificación y preparación del seguimiento

Nota: Figura elaborada mediante inteligencia artificial (Chatgpt)

### 3.13.2. Fase de supervisión inicial o control de arranque

Antes de colocar la primera varilla, es indispensable revisar que las condiciones iniciales sean correctas. De Solminihac & Thenoux (2018) señalan que este control abarca la validación del trazado, niveles topográficos, limpieza del terreno, replanteo y disponibilidad de materiales y equipos, la figura 27 ilustra estos requerimientos.

La Guía Técnica complementa que en esta fase se deben documentar los permisos, registrar el estado previo del terreno y verificar el plan de seguridad (Guía Técnica, s.f.). Esta información sirve como punto de comparación para medir el avance real conforme avanza la obra.

Corchuelo Canizales et al. (2022) destacan que en proyectos VIS esta etapa es determinante porque una mala partida puede afectar la calidad estructural posterior y generar retrabajos difíciles de corregir.



Figura 27: Fase de supervisión inicial o control de arranque

Nota: Figura elaborada mediante inteligencia artificial (Chatgpt)

### 3.13.3. Fase de seguimiento de obra gris

En esta etapa se monitorean todos los elementos estructurales: cimentaciones, columnas, muros, losas y vigas. De Solminihac & Thenoux (2018) señalan que el control debe centrarse en alineaciones, plomos, armados, mezclas, curado del hormigón y tolerancias geométricas.

La Guía Técnica indica que aquí entran en juego las inspecciones periódicas, los registros fotográficos y el control de cantidades, comparando lo programado con lo realmente ejecutado (Guía Técnica, s.f.).

En la práctica, Corchuelo Canizales et al. (2022) explican que durante la obra gris se deben generar reportes semanales o quincenales donde se incluyan avances en muros, instalaciones empotradas y elementos complementarios, lo que permite llevar una trazabilidad clara del proceso, tal como se presenta en la Figura 28.



Figura 28: Fase de seguimiento de obra gris

Nota: Figura elaborada mediante inteligencia artificial (Chatgpt)

#### 3.13.4. Fase de seguimiento de instalaciones técnicas

El control de instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias y especiales exige precisión, pues cualquier error puede causar retrabajos costosos. De acuerdo con De Solminihac & Thenoux (2018), esta supervisión debe realizarse antes del cierre de muros y requiere revisar diámetros de tuberías, pendientes, interferencias, pruebas de presión y compatibilidad con los planos.

La Guía Técnica recomienda utilizar listas de verificación y registros fotográficos para documentar todas estas actividades de manera sistemática (Guía Técnica, s.f.), como se ilustra en la Figura 29, garantizando criterios claros de aceptación técnica.

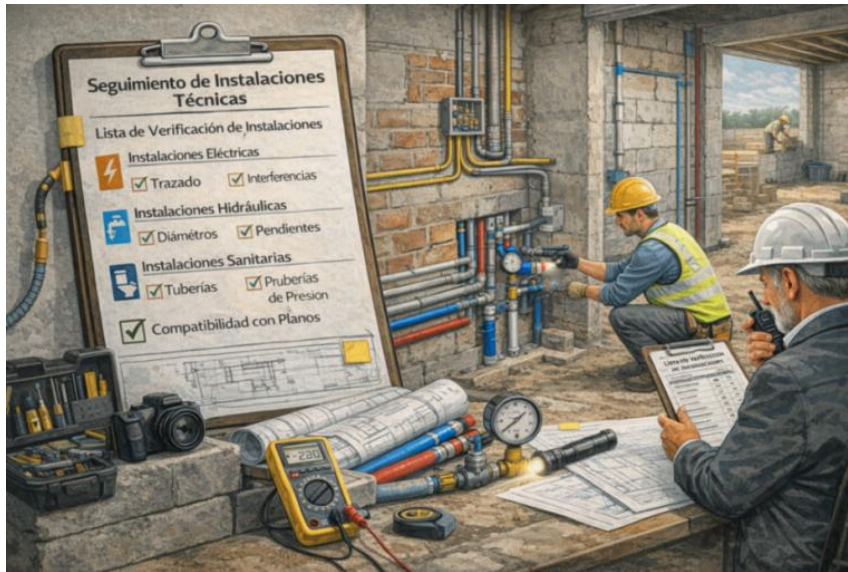


Figura 29: Fase de seguimiento de instalaciones técnicas

Nota: Figura elaborada mediante inteligencia artificial (Chatgpt)

### 3.13.5. Fase de seguimiento de obra blanca y acabados

Los acabados suelen ser la etapa más sensible para el cliente, por lo que su seguimiento es minucioso. Corchuelo Canizales et al. (2022) señalan que esta fase incluye revoques, pintura, enchapes, carpinterías, mobiliario y acabados superficiales, tal como se observa en la Figura 30.

Solminihac & Thenoux (2018) agregan que los controles deben enfocarse en alineaciones, nivelación, tolerancias, juntas y uniformidad del material.

Por su parte, la Guía Técnica sugiere mantener registros fotográficos detallados y elaborar reportes de no conformidades para asegurar que los acabados cumplan los estándares esperados (Guía Técnica, s.f.).



Figura 30: Fase de seguimiento de obra blanca y acabados

Nota: Figura elaborada mediante inteligencia artificial (Chatgpt)

### 3.13.6. Fase de control del cronograma y avance físico

Aquí se evalúa si el avance real coincide con lo programado. La Guía Técnica menciona herramientas como matrices de avance, curvas S y reportes semanales para registrar el progreso y detectar desviaciones tempranas (Guía Técnica, s.f.), tal como lo ilustra la Figura 31.

Corchuelo Canizales et al. (2022) muestran cómo en obras residenciales se elaboran reportes quincenales con indicadores de desempeño, avances porcentuales y recomendaciones para reprogramar en caso necesario.



Figura 31: Fase de control del cronograma y avance físico

Nota: Figura elaborada mediante inteligencia artificial (Chatgpt)

### 3.13.7. Fase de control de calidad y verificación técnica

De Solminihac & Thenoux (2018) indican que esta fase consiste en validar que cada actividad ejecutada cumple las especificaciones del diseño y las buenas prácticas constructivas. Tal como se observa en la figura 32, incluye ensayos de materiales, inspecciones formales y evaluación del proceso ejecutado.

La Guía Técnica resalta que todos los resultados deben quedar documentados en listas de verificación, actas de inspección y registros de no conformidades (Guía Técnica, s.f.), lo que permite mantener un historial técnico verificable del proyecto.



Figura 32: Fase de control de calidad y verificación técnica

Nota: Figura elaborada mediante inteligencia artificial (Chatgpt)

### 3.13.8. Fase de cierre y entrega final

Como la Figura 34 expone, la etapa final implica revisar integralmente la obra, validar el funcionamiento de las instalaciones, verificar acabados y compilar toda la documentación del proyecto. Según De Solminihac & Thenoux (2018), esta fase incluye la elaboración de planos *as-built*, manuales de operación y la entrega formal al propietario.

Corchuelo Canizales et al. (2022) mencionan que en obras VIS se aplica una lista de observaciones finales, revisión de pendientes y la aprobación técnica final antes de la entrega.

La Guía Técnica detalla que esta fase debe incluir actas de entrega, fotografías finales y la verificación del cumplimiento de todas las especificaciones (Guía Técnica, s.f.).



Figura 33: Fase de cierre y entrega final

Nota: Figura elaborada mediante inteligencia artificial (Chatgpt)

### 3.14 Entrevistas a profesionales del sector

Con el fin de complementar el análisis documental y la revisión de casos de estudio, se incorporó una fase de recolección de información primaria mediante entrevistas semiestructuradas a profesionales del sector de la construcción. Esta estrategia permitió contrastar los planteamientos teóricos con la realidad práctica del contexto ecuatoriano, particularmente en el ámbito de la vivienda unifamiliar.

Se realizaron tres entrevistas a arquitectos con experiencia en diseño, dirección técnica y supervisión de obras de vivienda unifamiliar en Ecuador. La selección de los participantes se efectuó bajo un criterio intencional, priorizando profesionales con experiencia directa en procesos constructivos y en gestión de obra, a fin de obtener información pertinente sobre los métodos actuales de control y seguimiento del avance físico.

Las entrevistas fueron de tipo semiestructurado, lo que permitió mantener una guía temática alineada con los objetivos de investigación, garantizando al mismo tiempo flexibilidad para profundizar en aspectos emergentes durante el diálogo. Las preguntas se orientaron a identificar:

Métodos actuales de seguimiento de obra.

Nivel de implementación de herramientas digitales y metodología BIM.

Percepción sobre la viabilidad de integrar tecnologías de inteligencia artificial en el control de avance.

Limitaciones técnicas, económicas y formativas en el contexto local.

Factibilidad de aplicar un modelo conceptual de integración IA–BIM en viviendas unifamiliares en Ecuador.

La información recopilada fue sistematizada mediante transcripción y análisis cualitativo, organizando los hallazgos en categorías temáticas relacionadas con prácticas actuales, limitaciones identificadas y oportunidades de innovación tecnológica. Este análisis permitió validar la pertinencia del modelo conceptual propuesto en la investigación, así como contextualizar su aplicabilidad dentro del entorno constructivo nacional.

La incorporación de entrevistas aportó un componente empírico a la investigación, fortaleciendo la coherencia entre el marco teórico, el diagnóstico del contexto local y la propuesta final del modelo conceptual de integración entre inteligencia artificial y metodología BIM para el seguimiento automatizado del avance de obra en viviendas unifamiliares.

Las transcripciones completas de las entrevistas se incluyen en la sección de anexos del presente trabajo.

## 4.CAPÍTULO III

### 4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los hallazgos obtenidos a partir del estudio documental, la revisión de literatura especializada y el análisis comparativo de casos de aplicación de Inteligencia Artificial (IA) y *Building Information Modeling (BIM)* en proyectos de construcción. El propósito es comprender cómo estas tecnologías han sido implementadas en distintos contextos, cuáles son sus beneficios comprobados y hasta qué punto podrían adaptarse a la realidad ecuatoriana, especialmente en proyectos de vivienda unifamiliar.

Dado que la investigación tiene un enfoque exploratorio y no experimental, el análisis se construye a partir de interpretaciones críticas de estudios previos, informes técnicos y experiencias internacionales y nacionales. Esto permite conectar la teoría con la práctica, identificar patrones comunes y reconocer los factores —tecnológicos, económicos, formativos y culturales— que influyen en el ritmo de digitalización del sector. A partir de ello, se establecen las condiciones necesarias para reflexionar sobre la viabilidad de integrar BIM e IA en el contexto local.

### 4.2 Adopción y uso de tecnologías digitales en la construcción

A nivel internacional, la digitalización ha transformado profundamente la industria AEC. La automatización de tareas, el uso de modelos inteligentes y la centralización de la información han permitido reducir errores, aumentar la eficiencia y mejorar la capacidad de anticipar problemas. Jurado (2023) subraya que la combinación de IA y BIM ha redefinido la forma en que los profesionales conciben el diseño y la ejecución, al brindarles herramientas capaces de analizar datos en tiempo real y apoyar decisiones estratégicas dentro del proyecto.

Sin embargo, esta transformación no se ha dado de manera uniforme. Mientras países como el Reino Unido, Estados Unidos, Singapur o Finlandia han incorporado la obligatoriedad del BIM en infraestructura pública, en Latinoamérica el avance ha sido desigual. Prieto-del Río (2024) señala que en Ecuador la metodología BIM se utiliza principalmente en la etapa de diseño, sin que exista una transición sólida hacia la fase de obra, lo cual limita su impacto real en la productividad.

A nivel global, Zurdo (2024) proyecta un crecimiento exponencial del mercado de herramientas de IA aplicadas a la construcción, pasando de 650 millones USD en 2021 a más de 5.800 millones USD en 2028. Este crecimiento responde a la necesidad de mejorar la productividad, optimizar costos y aumentar la seguridad en obra. No obstante, en Ecuador persisten vacíos normativos, falta de estandarización y poca inversión en tecnologías emergentes, lo que genera una brecha tecnológica que ralentiza la modernización del sector.

### 4.3 Análisis del contexto ecuatoriano

En el país, la adopción de tecnologías digitales se enfrenta a limitaciones estructurales, económicas y culturales que dificultan su incorporación en los procesos cotidianos de obra. Entre los principales obstáculos destacan:

**Altos costos de implementación**, especialmente en licencias de software BIM, herramientas de análisis de datos, nubes de puntos o equipos de fotogrametría avanzada.

**Limitada capacitación profesional**, pues gran parte de arquitectos y constructores no domina herramientas digitales de análisis predictivo o automatización.

**Escala reducida de los proyectos**, en los que predomina la vivienda unifamiliar y obras de baja complejidad, donde la inversión en tecnología no siempre se percibe como rentable.

**Resistencia cultural al cambio**, asociada a la preferencia por los métodos tradicionales, la supervisión presencial y la documentación física.

Cooke y Williams (2013) y Loyola (2018) advierten que muchas de las fallas recurrentes en obra —retrasos, sobrecostos, reprocesos— se relacionan con una planificación deficiente y un control inadecuado, aspectos que podrían mejorar significativamente mediante algoritmos predictivos, visión computacional y modelos digitales.

A pesar de estas limitaciones, universidades como la UTPL, la Universidad de Cuenca y la Universidad Católica de Cuenca han comenzado a formar profesionales en BIM, automatización, programación y análisis de datos. Este avance académico marca un punto de partida importante para la transformación digital del país.

### 4.4 Comparación con experiencias internacionales

El análisis de experiencias internacionales revela que la integración de IA y BIM en el seguimiento de obra genera mejoras sustanciales en precisión, trazabilidad y control operativo. Sistemas como *Boston Dynamics + HoloBuilder* o *Autodesk Construction Cloud* han demostrado la capacidad de emplear robots, escaneo 3D y algoritmos de visión para comparar automáticamente lo construido con el modelo digital, generando reportes en tiempo real (Cimadomo, Shahdadpuri Aswani & Yeregui-Tejedor, 2024).

Asimismo, Jurado (2023) destaca que la IA está transformando la gestión constructiva mediante mecanismos como la optimización de recursos, la logística avanzada y los sistemas modulares industrializados, que reducen tiempos y aumentan la sostenibilidad del proceso.

Si bien Ecuador no dispone aún de la infraestructura tecnológica ni del nivel de automatización de estos países, existen similitudes en las necesidades operativas: control del avance, detección temprana de errores y gestión eficiente de la información. Esto demuestra que, aunque no es posible replicar sistemas completamente robotizados, sí resulta viable avanzar hacia modelos semiautomatizados adaptados a la escala local, donde la IA funcione como apoyo al profesional y no como reemplazo.

#### **4.5 Resultados del análisis documental**

El estudio de la literatura permite identificar diversos hallazgos relevantes:

##### **Potencial comprobado de integración BIM-IA.**

La visión computacional y el machine learning permiten analizar automáticamente el avance real en comparación con el modelo digital, detectando inconsistencias y retrasos (Mendoza et al., 2022).

##### **Aplicación local aún limitada.**

Aunque existe uso de herramientas digitales, la integración formal entre BIM e IA no ha sido desarrollada en Ecuador más allá de iniciativas académicas.

##### **La vivienda unifamiliar es un escenario adecuado para iniciar pilotos.**

Su escala y complejidad controlable permiten experimentar con metodologías de captura visual, análisis predictivo y flujos BIM.

##### **La IA posee gran capacidad para procesar datos.**

Quintanilla (2024) destaca que su principal fortaleza es analizar grandes volúmenes de información y emitir recomendaciones técnicas en tiempo real.

##### **Cambio en el rol del profesional.**

Jurado (2023) señala que la combinación BIM-IA transforma al arquitecto en un gestor digital, con habilidades interdisciplinarias en datos, coordinación y análisis.

#### **4.6 Discusión crítica**

La integración entre IA y BIM no solo representa una evolución tecnológica, sino un cambio profundo en la forma en que se gestionan los proyectos. La evidencia internacional demuestra su capacidad para mejorar la trazabilidad, precisión y eficiencia, pero también revela que su aplicación exige una base sólida en formación digital, infraestructura tecnológica y cultura organizacional.

Tecnológicamente, Ecuador cuenta con herramientas básicas (Revit, *Navisworks*, drones, cámaras 360°), pero aún carece de modelos entrenados localmente y de flujos automatizados que

conecten obra y modelo digital. Zurdo (2024) anticipa que en los próximos años la IA será un elemento clave para monitorizar obras en tiempo real mediante gemelos digitales y sistemas predictivos, tendencia que eventualmente podría trasladarse al contexto local.

En términos económicos, una transición gradual —basada en herramientas de bajo costo, *software open-source* y capacitación universitaria— podría facilitar la adopción.

Desde una perspectiva ética, Jurado (2023) e IEEE insisten en que la IA debe implementarse de forma responsable, garantizando privacidad, transparencia y seguridad en el manejo de datos.

Finalmente, a nivel formativo, el fortalecimiento de la educación en programación, análisis de datos, IA y BIM permitirá que los futuros profesionales lideren la digitalización de la construcción en el país. La Tabla 1 sintetiza esta información mencionada.

#### 4.7 Identificación de oportunidades y brechas

<b>Categoría</b>	<b>Brecha actual</b>	<b>Oportunidad identificada</b>
Tecnológica	Falta de integración entre software BIM y herramientas de IA aplicadas a obra.	Diseñar un modelo conceptual BIM–IA adaptado a la vivienda unifamiliar.
Económica	Inversión elevada en licencias y equipos especializados.	Impulsar herramientas open-source, fotogrametría económica y soluciones modulares.
Formativa	Escasa capacitación en IA, BIM y automatización.	Fortalecer programas académicos orientados a la digitalización del sector.
Cultural	Resistencia al cambio y desconocimiento del potencial tecnológico.	Desarrollar proyectos piloto en universidades y entidades públicas.
Investigativa	Pocas tesis, publicaciones y experimentos locales sobre seguimiento automatizado.	Fomentar proyectos multidisciplinarios y colaboración internacional.

Tabla 1: Oportunidades y brechas

## **4.8. Fase de planificación y preparación del seguimiento aplicando herramientas ia y metodología BIM**

### **4.8.1 Fase de planificación y preparación del seguimiento**

Herramientas más adecuadas

BIM tradicional (Revit, ArchiCAD, Navisworks)

ChatGPT / Asistente GPT personalizado

Procore (módulos de planificación, documentación y control inicial)

### **4.8.2 Análisis técnico de la aplicabilidad de las herramientas**

La fase de planificación y preparación del seguimiento constituye el punto de partida del control de obra, ya que en ella se definen los criterios que permitirán evaluar el desempeño del proyecto durante su ejecución. El análisis realizado evidencia que, en viviendas unifamiliares, el seguimiento suele fallar no por falta de inspecciones, sino por la ausencia de criterios claros, protocolos definidos y una estructura documental coherente desde el inicio. En este sentido, las herramientas digitales e inteligentes aportan valor principalmente en la organización, estandarización y anticipación de problemas.

El BIM tradicional cumple un rol central al permitir la construcción de un modelo digital que no solo representa la geometría del proyecto, sino que organiza la información técnica por elementos constructivos. A través del modelado con un Nivel de Desarrollo LOD 300, es posible definir partidas, fases constructivas, relaciones espaciales y cantidades, lo cual sirve como base para establecer hitos de control. Además, la vinculación básica del modelo con un cronograma (BIM 4D inicial) permite visualizar la secuencia constructiva prevista, anticipando conflictos de ejecución y facilitando la planificación del seguimiento.

El asistente GPT personalizado actúa como un apoyo cognitivo y técnico en esta etapa. Su función no es diseñar, sino interpretar, estructurar y sistematizar información. Al cargar normativa local, guías técnicas y documentos contractuales, el asistente puede ayudar a:

Traducir la normativa en listas de verificación prácticas por fase.

Proponer criterios de aceptación técnica para cada elemento constructivo.

Estandarizar formatos de actas, reportes y protocolos de seguimiento.

Esto resulta especialmente relevante en el contexto ecuatoriano, donde muchos proyectos de vivienda carecen de documentación técnica estructurada para el control de obra.

Por su parte, Procore, en su módulo de planificación y documentación, aporta una plataforma centralizada donde se definen responsabilidades, se cargan cronogramas iniciales, se registran RFIs tempranas y se establecen flujos de aprobación. Su valor radica en que convierte la planificación del seguimiento en un proceso colaborativo y trazable, evitando la dispersión de información en correos, archivos sueltos o bitácoras físicas.

#### **4.8.3 Resultados observados y justificación de factibilidad**

El análisis indica que la combinación de estas herramientas permite reducir la incertidumbre inicial del proyecto, mejorar la claridad de los criterios de control y disminuir la probabilidad de errores conceptuales que luego derivan en retrabajos. En viviendas unifamiliares, donde los tiempos de obra son cortos, esta fase es clave para evitar improvisaciones posteriores.

La factibilidad es alta, ya que:

BIM y asistentes GPT no requieren equipamiento especializado en obra.

Procore puede usarse de forma escalable, incluso con funcionalidades básicas.

El tiempo invertido en planificación se compensa con un control más eficiente durante la ejecución.

#### **4.9 Fase de supervisión inicial o control de arranque**

##### **Herramientas más adecuadas**

BIM tradicional (Revit, ArchiCAD, Navisworks)

ChatGPT / Asistente GPT personalizado

Procore (módulos de documentación, control inicial y gestión colaborativa)

##### **4.9.1 Análisis técnico de la aplicabilidad de las herramientas**

La fase de supervisión inicial o control de arranque constituye el primer punto de verificación entre el proyecto planificado y la realidad física del sitio, ya que valida que la obra inicie bajo condiciones técnicas, geométricas y documentales correctas. El análisis realizado evidencia que, en viviendas unifamiliares, los errores más críticos suelen originarse en esta etapa, debido a una supervisión inicial informal o insuficientemente documentada.

El BIM tradicional cumple un rol fundamental como referencia técnica del estado planificado, permitiendo verificar que el replanteo, las alineaciones, las cotas y la implantación del proyecto en el terreno correspondan con el modelo aprobado. Aunque en esta fase aún no se evalúa avance constructivo, el modelo BIM actúa como “verdad proyectada” frente a la cual se

contrasta el estado inicial de la obra, estableciendo una base objetiva para todas las fases posteriores.

El asistente GPT personalizado refuerza el control técnico-documental al apoyar la interpretación de normativa local, especificaciones técnicas y condiciones contractuales. Su aporte se centra en la sistematización del control de arranque, permitiendo generar listas de verificación específicas para esta fase (permisos, seguridad, replanteo, condiciones del terreno, documentación previa), así como estandarizar actas de inicio y reportes técnicos. Esto resulta especialmente relevante en el contexto ecuatoriano, donde la formalización de esta etapa suele depender del criterio individual del supervisor.

Procore, por su parte, actúa como plataforma centralizadora del control inicial, registrando actas de inicio, responsables, observaciones preliminares y documentación contractual. Al consolidar esta información desde el primer día de obra, se garantiza trazabilidad y se evita la dispersión de datos, facilitando la comparación posterior entre lo planificado y lo ejecutado.

#### **4.9.2 Comparación planificado vs ejecutado (fase de arranque)**

En esta fase, la comparación planificado vs ejecutado se orienta a verificar la correspondencia entre las condiciones iniciales reales y las condiciones previstas en el proyecto, más que al avance físico de obra.

La comparación se realiza sobre aspectos como:

Ubicación y replanteo del proyecto respecto al modelo BIM.

Condiciones del terreno frente a lo previsto en planos y estudios previos.

Disponibilidad y validez de documentación técnica y permisos.

Configuración real del sistema de seguimiento frente a lo planificado.

Esta verificación temprana permite detectar desviaciones iniciales que, de no corregirse, pueden generar errores acumulativos durante la ejecución.

#### **4.9.3 Porcentaje de avance en la fase de supervisión inicial**

En la fase de control de arranque, el porcentaje de avance no se asocia a construcción física, sino al grado de validación de las condiciones iniciales de la obra. El avance se mide mediante hitos de verificación cumplidos, por ejemplo:

25 %: Replanteo y ubicación del proyecto verificados respecto al BIM.

50 %: Documentación técnica y permisos validados.

75 %: Condiciones de seguridad y preparación del sitio confirmadas.

100 %: Acta de inicio formalizada y registrada en plataforma colaborativa.

Este enfoque permite cuantificar una fase crítica que tradicionalmente no se mide, pero que condiciona directamente la calidad del seguimiento posterior.

#### **4.9.4 Alertas generadas en la fase de control de arranque**

Las alertas en esta fase se orientan a riesgos técnicos y documentales iniciales, tales como:

Desajustes entre replanteo real y modelo BIM.

Falta de permisos o documentación obligatoria.

Condiciones del terreno no previstas en el proyecto.

Ausencia de acta de inicio o responsables definidos.

Estas alertas cumplen una función preventiva, permitiendo corregir inconsistencias cuando el costo de intervención aún es bajo y evitando su propagación a fases posteriores.

#### **4.9.5 Reportes generados**

Los reportes producidos en esta fase tienen un carácter técnico y de validación inicial, e incluyen:

Acta de inicio de obra con respaldo técnico y documental.

Reporte de verificación de replanteo y condiciones iniciales.

Informe de riesgos detectados en el arranque.

Registro de observaciones iniciales vinculadas al modelo BIM.

Estos documentos constituyen la línea base operativa del seguimiento, y se integran directamente en el flujo de control del proyecto.

#### **4.9.6 Resultados observados y justificación de factibilidad**

El análisis evidencia que una supervisión inicial estructurada mejora significativamente la coherencia del seguimiento en viviendas unifamiliares, reduciendo disputas técnicas, errores tempranos y reprocesos posteriores. La formalización de esta fase transforma el inicio de obra en un proceso verificable y trazable, en lugar de una acción meramente administrativa.

La factibilidad de aplicación es alta, ya que:

No requiere equipamiento especializado en obra.

Se apoya en herramientas digitales ya disponibles en el entorno profesional.

El tiempo invertido se traduce en una reducción de errores en fases críticas posteriores.

Desde una perspectiva metodológica, esta fase se integra como el segundo nodo del diagrama de flujo, conectando la planificación del seguimiento con la ejecución física de la obra y habilitando las comparaciones, alertas y reportes de las fases siguientes.

#### **4.10 Fase de seguimiento de obra gris**

##### **Herramientas más adecuadas**

OpenSpace

Visión computacional + BIM

BIM tradicional

Robots e IA integrados con BIM (de forma referencial)

##### **4.10.1 Análisis técnico de la aplicabilidad de las herramientas**

La fase de obra gris constituye el núcleo estructural del proyecto, ya que en ella se ejecutan los elementos portantes y envolventes cuya corrección posterior implica altos costos, retrasos significativos o incluso la demolición parcial de lo construido. El análisis realizado demuestra que esta etapa es la que presenta mayor potencial técnico para la aplicación de metodologías de seguimiento automatizado, incluso en proyectos de vivienda unifamiliar.

OpenSpace cumple un rol central al permitir la captura visual periódica y sistemática del avance real de obra, generando una secuencia temporal organizada por fechas, ubicaciones y planos. Estas capturas no se limitan a un registro fotográfico, sino que permiten realizar una comparación directa entre lo planificado y lo ejecutado, al superponer visualmente el avance real

con el modelo BIM o los planos de referencia. De esta forma, el supervisor puede identificar con claridad si un elemento estructural previsto para una determinada fecha ha sido ejecutado total, parcialmente o si presenta retrasos.

La integración de visión computacional con BIM amplía este proceso al incorporar análisis semiautomatizados sobre las imágenes capturadas. Mediante algoritmos de detección de objetos y clasificación básica, es posible identificar la presencia o ausencia de elementos estructurales clave —como muros portantes, columnas, vigas o losas— y asociarlos a elementos específicos del modelo BIM. Aunque en el contexto ecuatoriano estas soluciones no se encuentran plenamente industrializadas, su lógica técnica resulta adaptable como apoyo al criterio del supervisor, permitiendo una detección temprana de inconsistencias que podrían pasar desapercibidas en inspecciones tradicionales.

El modelo BIM tradicional actúa como la referencia técnica y geométrica oficial del proyecto, estableciendo las dimensiones, alineaciones, secuencias constructivas y relaciones espaciales previstas. En esta fase, el BIM permite estructurar el seguimiento por elementos constructivos, facilitando la medición del porcentaje de avance físico, ya sea por unidades ejecutadas, por volumen construido o por hitos estructurales alcanzados. Esta cuantificación resulta fundamental para vincular el avance físico con el cronograma de obra.

Los sistemas robóticos integrados con IA y BIM —como los casos internacionales analizados— no se consideran actualmente viables para viviendas unifamiliares en Ecuador debido a su alto costo y complejidad operativa. No obstante, su aporte metodológico es relevante, ya que demuestran que el valor principal no reside en el robot como dispositivo, sino en la captura repetible, objetiva y comparable del avance, principio que puede replicarse mediante recorridos periódicos con cámaras 360° y análisis visual asistido.

#### **4.10.2 Comparación planificado vs ejecutado, control de avance y generación de alertas**

La comparación entre lo planificado y lo ejecutado se realiza a partir del contraste entre el modelo BIM (estado planificado) y las capturas visuales periódicas (estado real). Este proceso permite determinar el porcentaje de avance estructural, expresado en términos de elementos completados, parcialmente ejecutados o pendientes, lo cual resulta especialmente útil en viviendas unifamiliares donde el control suele ser más cualitativo que cuantitativo.

Cuando el sistema identifica que un elemento previsto no ha sido ejecutado dentro del plazo establecido, o que su ejecución presenta desviaciones visibles respecto al modelo, se generan alertas técnicas que advierten sobre posibles retrasos, errores de alineación o secuencias constructivas incorrectas. Estas alertas no sustituyen al criterio profesional, sino que funcionan como un mecanismo de apoyo a la toma de decisiones oportunas.

Asimismo, la información recopilada permite la elaboración de reportes de avance estructural, los cuales integran evidencia visual, referencia al modelo BIM y comentarios técnicos del supervisor. Estos reportes facilitan la comunicación entre proyectistas, constructores y propietarios, reduciendo ambigüedades y fortaleciendo la trazabilidad del proceso constructivo.

#### **4.10.3 Resultados observados y justificación de factibilidad**

Los resultados del análisis evidencian que, incluso sin una automatización total, la aplicación sistemática de captura visual y su vinculación con el modelo BIM permite mejorar significativamente el control de la obra gris. En viviendas unifamiliares, esta metodología contribuye a reducir errores acumulativos, anticipar conflictos constructivos y fortalecer la toma de decisiones técnicas en tiempo real.

La factibilidad de aplicación es alta, siempre que se ajuste la frecuencia de captura y los criterios de tolerancia a la escala del proyecto. Al no requerir equipamiento robótico avanzado ni personal altamente especializado, esta fase representa un punto clave para demostrar que el seguimiento automatizado puede adaptarse de manera realista al contexto ecuatoriano, aportando valor técnico sin incrementar de forma desproporcionada los costos de obra.

#### **4.11 Fase de seguimiento de instalaciones técnicas**

##### **Herramientas más adecuadas**

*OpenSpace*

BIM tradicional (Revit, ArchiCAD, Navisworks)

ChatGPT / Asistente GPT personalizado

Visión computacional (aplicación básica)

##### **4.11.1 Análisis técnico de la aplicabilidad de las herramientas**

La fase de seguimiento de instalaciones técnicas constituye uno de los puntos más críticos del proceso constructivo en viviendas unifamiliares, debido a que los sistemas sanitarios, eléctricos y especiales quedan ocultos tras el cierre de muros, losas y cielos falsos. El análisis realizado evidencia que, en el contexto ecuatoriano, la falta de registros confiables en esta etapa suele generar retrabajos durante la obra blanca, improvisaciones técnicas y dificultades significativas en labores de mantenimiento o ampliación futura.

El modelo BIM cumple en esta fase la función de referencia geométrica y técnica planificada, permitiendo verificar recorridos, pendientes, diámetros, cotas de instalación y relaciones espaciales entre sistemas. Incluso cuando las instalaciones no se modelan con un LOD

elevado, un nivel intermedio resulta suficiente para contrastar la coherencia entre lo proyectado y lo ejecutado, así como para anticipar interferencias con elementos arquitectónicos y estructurales.

*OpenSpace* aporta un valor técnico decisivo al permitir la captura visual sistemática y georreferenciada del estado real de las instalaciones antes de su ocultamiento. Mediante recorridos con cámaras 360°, se documentan tuberías, ductos, cajas eléctricas y canalizaciones en su posición final, generando un registro visual que se vincula directamente con los planos y el modelo BIM. Este registro funciona como un “*as-built visual*”, altamente eficaz para trazabilidad técnica, auditorías posteriores y soporte al mantenimiento.

La visión computacional, aplicada de manera básica, puede asistir en la clasificación automática de elementos visibles, identificando tipos de instalaciones y organizando grandes volúmenes de imágenes. Aunque no sustituye la revisión técnica, esta aplicación semiautomatizada reduce el tiempo de análisis y facilita la detección de omisiones evidentes.

El asistente GPT personalizado actúa como soporte técnico transversal, permitiendo verificar criterios normativos locales (NEC, normas INEN), contrastar pendientes mínimas, diámetros y distancias reglamentarias, y generar listas de verificación específicas por tipo de instalación. Su aporte se centra en reducir errores por omisión y reforzar la coherencia técnica del seguimiento.

#### **4.11.2 Comparación planificado vs ejecutado**

En esta fase, la comparación planificado vs ejecutado se realiza mediante la contraposición directa entre el modelo BIM de instalaciones y el registro visual capturado en obra. El modelo representa la configuración planificada de recorridos, ubicaciones y criterios técnicos, mientras que el ejecutado se documenta a través de imágenes 360° georreferenciadas.

La comparación permite verificar:

Correspondencia de recorridos y ubicaciones respecto al modelo BIM.

Cumplimiento de pendientes y alineaciones visibles.

Presencia de todos los elementos previstos antes del cierre.

Posibles interferencias o desviaciones respecto a lo planificado.

Este contraste resulta clave, ya que una vez cerrados los muros, las posibilidades de corrección se reducen drásticamente.

#### **4.11.3 Porcentaje de avance en la fase de instalaciones técnicas**

El porcentaje de avance en esta fase se mide en función del grado de ejecución y validación de los sistemas instalados, más que por volumen de obra visible. Un esquema de referencia para viviendas unifamiliares puede ser:

30 %: Instalaciones principales colocadas y visibles.

60 %: Instalaciones completas por sistema (sanitario, eléctrico, especiales).

80 %: Registro visual exhaustivo previo al cierre.

100 %: Validación técnica y autorización para cierre de muros y cielos.

Este enfoque permite vincular el avance físico con la documentación técnica, asegurando que no se avance a la siguiente fase sin respaldo verificable.

#### **4.11.4 Alertas generadas en la fase de instalaciones**

Las alertas en esta fase se orientan a **riesgos técnicos de ocultamiento**, tales como:

Diferencias entre recorridos ejecutados y modelo BIM.

Pendientes o diámetros incompatibles con normativa.

Ausencia de registro visual previo al cierre.

Interferencias detectadas entre sistemas o con elementos estructurales.

Estas alertas cumplen una función crítica, ya que permiten detener el proceso antes del cierre, cuando las correcciones aún son viables y de menor costo.

#### **4.11.5 Reportes generados**

Los reportes producidos en esta fase tienen un carácter técnico–verificativo e incluyen:

Reporte de avance de instalaciones por sistema.

Registro visual georreferenciado tipo “as-built”.

Informe de observaciones técnicas y correcciones requeridas.

Acta de autorización para cierre de muros y cielos.

Estos documentos se integran al sistema de seguimiento como evidencia objetiva del estado real de las instalaciones.

#### **4.11.6 Resultados observados y justificación de factibilidad**

El análisis evidencia que la combinación de BIM, captura visual sistemática e IA de apoyo permite alcanzar un alto nivel de trazabilidad técnica en viviendas unifamiliares, sin necesidad de recurrir a escaneo 3D o robots de alto costo. La metodología propuesta reduce retrabajos, mejora la coordinación entre disciplinas y fortalece el control previo a una de las etapas más irreversibles del proceso constructivo.

La factibilidad de aplicación es alta, ya que:

Las herramientas utilizadas son accesibles y escalables.

No requieren infraestructura tecnológica compleja en obra.

El esfuerzo adicional se compensa con una reducción significativa de errores posteriores.

Desde el punto de vista del diagrama de flujo, esta fase actúa como un punto de control obligatorio, condicionando el paso hacia la obra blanca y garantizando que las decisiones posteriores se apoyen en información verificada y documentada.

#### **4.12. Fase de seguimiento de obra blanca y acabados**

##### **Herramientas más adecuadas**

OpenSpace

Smartvid.io

ChatGPT / Asistente GPT personalizado

BIM tradicional (Revit, ArchiCAD, Navisworks)

##### **4.12.1 Análisis técnico de la aplicabilidad de las herramientas**

La fase de obra blanca y acabados marca la transición desde el control estructural hacia un control predominantemente visual, cualitativo y normativo, en el que la percepción del usuario final adquiere un peso significativo. En viviendas unifamiliares, esta etapa concentra una alta densidad de observaciones, ya que los defectos en acabados son fácilmente perceptibles y afectan directamente la habitabilidad, la calidad percibida y el valor del inmueble.

OpenSpace cumple un rol central al permitir la documentación sistemática y cronológica del avance de los acabados mediante recorridos visuales frecuentes. La generación de una línea temporal visual permite identificar secuencias de ejecución, zonas repetitivas con defectos, trabajos inconclusos y correcciones realizadas, reduciendo la subjetividad de las inspecciones tradicionales y fortaleciendo la trazabilidad del proceso.

Smartvid.io aporta valor al incorporar análisis automatizado de imágenes y videos, orientado principalmente a la detección de condiciones inseguras, prácticas incorrectas y desviaciones visibles en la ejecución. En el contexto de viviendas unifamiliares ecuatorianas, donde no suele existir un sistema formal de seguridad y salud ocupacional, esta herramienta actúa como un mecanismo de apoyo preventivo, alertando sobre riesgos que podrían pasar desapercibidos en inspecciones manuales.

El modelo BIM, aunque ya no se utiliza para comparaciones geométricas estrictas, mantiene su relevancia como referencia técnica de especificaciones, materiales y criterios de diseño. Permite verificar que los acabados ejecutados correspondan a los definidos en proyecto (tipos de revestimiento, formatos, espesores, ubicación de carpinterías), funcionando como marco de validación técnica frente al registro visual.

ChatGPT actúa como un soporte documental y técnico, facilitando la formalización del proceso de supervisión. Su uso permite estructurar reportes de no conformidades, definir criterios de aceptación por tipo de acabado y redactar observaciones técnicas claras y consistentes, elevando el estándar profesional del control de obra.

#### **4.12.2 Comparación planificado vs ejecutado**

En esta fase, la comparación planificado vs ejecutado se basa principalmente en la verificación visual y normativa, contrastando lo especificado en planos, memorias técnicas y modelo BIM con el estado real documentado en obra.

La comparación permite evaluar:

Correspondencia entre materiales ejecutados y especificaciones del proyecto.

Continuidad, uniformidad y calidad superficial de acabados.

Correcta ubicación de elementos como puertas, ventanas, mobiliario fijo y accesorios.

Cumplimiento de criterios normativos básicos de seguridad y habitabilidad.

Esta comparación no busca una precisión métrica elevada, sino asegurar la coherencia entre lo diseñado, lo especificado y lo construido, aspecto crítico en la percepción final de calidad.

#### **4.12.3 Porcentaje de avance en la fase de obra blanca y acabados**

El porcentaje de avance en esta fase se mide en función de la finalización progresiva de partidas visibles y verificables, pudiendo establecerse el siguiente esquema orientativo para viviendas unifamiliares:

25 %: Inicio de acabados principales (revestimientos base, enlucidos, primeras capas).

50 %: Acabados ejecutados en áreas principales.

75 %: Instalación de carpinterías, artefactos y detalles finales.

100 %: Acabados completos y verificados sin observaciones críticas.

Este enfoque permite asociar el avance físico con criterios de calidad y aceptación, evitando declarar partidas como concluidas sin una revisión formal.

#### **4.12.4 Alertas generadas en la fase de acabados**

Las alertas en esta fase se orientan a desviaciones de calidad, seguridad y cumplimiento, tales como:

Uso de materiales distintos a los especificados.

Defectos repetitivos en acabados (fisuras, desniveles, mala terminación).

Condiciones inseguras detectadas por análisis visual automatizado.

Elementos mal instalados o incompletos antes de su aceptación.

Estas alertas permiten intervenir de manera temprana, evitando que defectos visibles lleguen a la fase de entrega final, donde su corrección resulta más costosa y conflictiva.

#### **4.12.5 Reportes generados**

Los reportes generados en esta fase cumplen una función clave de control de calidad y trazabilidad, e incluyen:

Reportes de avance de obra blanca por ambiente.

Registro visual de acabados ejecutados.

Informes de no conformidades y correcciones

Actas de aceptación parcial de partidas terminadas.

Estos documentos alimentan directamente la fase de cierre, constituyéndose en respaldo técnico del estado final del proyecto.

#### **4.12.6 Resultados observados y justificación de factibilidad**

El análisis evidencia que la fase de obra blanca y acabados se beneficia significativamente de herramientas orientadas al análisis visual, la documentación sistemática y la estandarización de reportes, más que de tecnologías de alta precisión métrica. En viviendas unifamiliares, la combinación de OpenSpace, Smartvid.io, BIM como referencia y asistentes GPT permite mejorar la calidad final, reducir observaciones en la entrega y profesionalizar el proceso de supervisión.

La factibilidad de aplicación es alta, ya que:

Las herramientas no requieren equipamiento especializado.

Se adaptan a inspecciones periódicas no invasivas.

Su implementación mejora la percepción de calidad sin incrementar de forma significativa los costos del proyecto.

Desde el punto de vista del diagrama de flujo, esta fase actúa como el último filtro técnico antes del cierre, condicionando la aceptación final de la vivienda y asegurando que el producto entregado corresponda al estándar definido en la planificación.

#### **4.13 Fase de control del cronograma y avance físico**

##### **Herramientas más adecuadas**

Procore

Deep Learning aplicado a BIM 4D (referencial)

ChatGPT / Asistente GPT personalizado

BIM tradicional (Revit, Navisworks)

##### **4.13.1 Análisis técnico de la aplicabilidad de las herramientas**

La fase de control del cronograma y avance físico constituye el eje temporal del sistema de seguimiento, ya que permite evaluar si la ejecución real de la vivienda unifamiliar se ajusta a la planificación establecida. El análisis realizado confirma que, en el contexto ecuatoriano, el

problema principal no radica en la inexistencia de cronogramas, sino en la falta de mecanismos sistemáticos para contrastar lo planificado con lo ejecutado de forma objetiva y continua.

Procore desempeña un rol central al funcionar como plataforma de gestión del avance, donde se consolidan hitos cumplidos, actividades retrasadas, responsables y fechas reales de ejecución. Incluso en proyectos de pequeña escala, su uso permite estructurar el seguimiento temporal, evitando que el control del cronograma dependa únicamente de la memoria o criterio del residente de obra.

El BIM 4D, aplicado de manera simplificada, actúa como referencia temporal visual, vinculando elementos constructivos del modelo con fases del cronograma. Esta vinculación permite identificar de forma intuitiva retrasos, secuencias incorrectas o solapes de actividades, facilitando la comprensión del estado real del proyecto tanto para técnicos como para propietarios.

El deep learning aplicado a BIM 4D no se plantea como una implementación directa en viviendas unifamiliares ecuatorianas, sino como una referencia metodológica. Su aporte conceptual radica en el uso de datos históricos, registros de avance y evidencia visual para identificar patrones de retraso, actividades críticas recurrentes y desviaciones sistemáticas. Esta lógica puede adaptarse a escala local mediante análisis comparativos periódicos apoyados por herramientas digitales.

ChatGPT cumple un rol transversal como intérprete de información, ayudando a transformar datos dispersos (avances reportados, retrasos, observaciones de campo) en recomendaciones claras para la toma de decisiones, tales como ajustes de secuencia, redistribución de recursos o priorización de actividades críticas.

#### **4.13.2 Comparación planificado vs ejecutado**

En esta fase, la comparación planificado vs ejecutado se materializa en el contraste entre:

El cronograma base definido en planificación.

El avance físico real registrado en Procore y evidenciado en obra.

La secuencia constructiva visualizada en el modelo BIM 4D.

Esta comparación permite identificar desviaciones temporales, actividades fuera de secuencia y retrasos acumulativos que, de no detectarse oportunamente, afectan el cumplimiento global del proyecto.

#### **4.13.3 Porcentaje de avance en la fase de control del cronograma**

El porcentaje de avance se expresa como avance físico acumulado, calculado a partir de actividades concluidas respecto al total planificado. En viviendas unifamiliares, este avance se vincula directamente a hitos claros, por ejemplo:

Cierre de obra gris.

Finalización de instalaciones.

Inicio y término de acabados.

Este enfoque permite una lectura clara del estado del proyecto, evitando estimaciones subjetivas y facilitando la comunicación entre los actores involucrados.

#### **4.13.4 Alertas generadas en el control del cronograma**

Las alertas en esta fase se orientan a la gestión del tiempo y los recursos, e incluyen:

Retrasos críticos en actividades del camino crítico.

Desfase entre avance físico y cronograma planificado.

Actividades iniciadas sin cierre formal de fases previas.

Riesgos de incumplimiento de plazos contractuales.

Estas alertas permiten intervenir de manera temprana, ajustando la planificación antes de que los retrasos se vuelvan irreversibles.

#### **4.13.5 Reportes generados**

Los reportes generados en esta fase incluyen:

Reportes periódicos de avance físico.

Informes de desviaciones del cronograma.

Recomendaciones de reprogramación.

Actas de seguimiento temporal.

Estos documentos alimentan el sistema de control global y sirven como insumo directo para la toma de decisiones estratégicas.

#### **4.13.6 Resultados observados y justificación de factibilidad**

El análisis evidencia que la integración de gestión documental, referencia BIM y apoyo de IA mejora significativamente la anticipación de problemas y la coherencia del control temporal. En viviendas unifamiliares, este enfoque resulta altamente factible, ya que no requiere automatización avanzada ni infraestructura compleja, sino disciplina metodológica y herramientas accesibles.

Desde el diagrama de flujo general, esta fase funciona como el nodo de control temporal, conectando el avance físico con decisiones correctivas que impactan directamente en las fases siguientes.

#### **4.14 Fase de control de calidad y verificación técnica**

Herramientas más adecuadas

Smartvid.io

ChatGPT / Asistente GPT personalizado

BIM tradicional

Visión computacional + BIM

##### **4.14.1 Análisis técnico de la aplicabilidad de las herramienta**

La fase de control de calidad y verificación técnica tiene como objetivo garantizar que los elementos ejecutados cumplan estrictamente con las especificaciones técnicas, tolerancias constructivas y criterios normativos definidos en el proyecto. En viviendas unifamiliares, esta fase resulta crítica, ya que muchas deficiencias de calidad no comprometen la estabilidad estructural, pero sí afectan la durabilidad, seguridad y percepción final del usuario.

El modelo BIM tradicional actúa como referencia técnica principal, permitiendo contrastar lo construido con lo especificado a nivel geométrico, material y funcional. Cada elemento del modelo se convierte en un patrón de verificación objetiva, reduciendo interpretaciones subjetivas propias de la supervisión tradicional.

La visión computacional, aplicada de forma básica a registros fotográficos sistematizados, permite identificar inconsistencias visibles tales como ausencia de elementos, errores de ubicación, discontinuidades en acabados o ejecuciones deficientes. Al vincular estas imágenes con elementos específicos del modelo BIM, se genera una trazabilidad directa entre la evidencia visual y el objeto digital.

Smartvid.io complementa este proceso mediante el análisis automatizado de imágenes y videos, detectando condiciones inseguras recurrentes o fallas visibles asociadas a la ejecución. Este análisis asistido estandariza la detección de no conformidades y reduce la dependencia exclusiva del criterio humano.

ChatGPT actúa como soporte técnico-documental, facilitando la revisión de especificaciones, la redacción de actas de no conformidad y la estructuración de informes técnicos, siempre bajo validación profesional.

#### **4.14.2 Comparación planificado vs ejecutado**

La comparación en esta fase se centra en verificar que cada elemento ejecutado cumpla con:

Especificaciones técnicas del proyecto.

Ubicación y configuración definidas en el modelo BIM.

Criterios %normativos y de calidad establecidos.

Esta comparación permite determinar objetivamente si un elemento puede considerarse conforme, observado o rechazado.

#### **4.14.3 Porcentaje de avance en la fase de control de calidad**

El avance se expresa como porcentaje de partidas verificadas y aceptadas, no solo ejecutadas. Un elemento no se considera completado hasta que ha superado la verificación técnica correspondiente.

Este enfoque refuerza la calidad como criterio de cierre de fases, evitando avances ficticios basados únicamente en ejecución física.

#### **4.14.4 Alertas generadas en la verificación técnica**

Las alertas se activan ante:

No conformidades técnicas recurrentes.

Ejecuciones fuera de tolerancia.

Condiciones inseguras persistentes.

Incumplimientos normativos detectados.

Estas alertas permiten priorizar correcciones y evitar que defectos se trasladen a la fase de entrega final.

#### **4.14.5 Reportes generados**

Los reportes incluyen:

Informes de control de calidad por elemento.

Actas de no conformidad.

Registro de correcciones realizadas.

Reporte de aceptación técnica parcial o total.

Estos documentos constituyen el respaldo técnico del estado real de la obra.

#### **4.14.6 Resultados observados y justificación de factibilidad**

Los resultados evidencian que la combinación de BIM como referencia, análisis visual asistido y soporte documental con IA mejora la precisión del control de calidad y reduce omisiones críticas. En viviendas unifamiliares ecuatorianas, esta metodología es altamente factible, ya que se apoya en registros visuales y procesos estructurados más que en equipamiento costoso.

En el diagrama de flujo general, esta fase funciona como el último filtro técnico antes del cierre, asegurando que solo los elementos conformes avancen hacia la entrega final.

### **4.15. Fase de cierre y entrega final**

#### **Herramientas más adecuadas**

BIM tradicional (modelo as-built)

Procore

ChatGPT / Asistente GPT personalizado

OpenSpace

#### **4.15.1 Justificación técnica y resultados obtenidos**

La fase de cierre y entrega final constituye el último nodo del sistema de seguimiento automatizado, en el cual la prioridad técnica se centra en la consolidación, validación y transferencia ordenada de la información generada durante todo el proceso constructivo. A

diferencia de la supervisión tradicional, donde el cierre suele limitarse a la entrega de planos y actas dispersas, este enfoque plantea un cierre digital integral que refleja fielmente el estado real de la vivienda unifamiliar.

El modelo BIM as-built cumple un rol central al integrar todas las modificaciones realizadas durante la ejecución de la obra, convirtiéndose en un registro digital confiable del producto construido. Este modelo consolida información geométrica, técnica y documental, y actúa como representación final del proyecto ejecutado, reduciendo la pérdida de información frecuente entre la etapa de construcción y la etapa de uso. Su valor no se limita a la entrega, sino que se proyecta hacia el mantenimiento, futuras ampliaciones y eventuales intervenciones técnicas.

OpenSpace aporta una capa complementaria de evidencia visual final, mediante recorridos fotográficos sistematizados que documentan el estado definitivo de cada espacio y elemento constructivo. Estas capturas, organizadas cronológicamente y vinculadas a la información técnica del proyecto, refuerzan la trazabilidad del proceso y proporcionan respaldo objetivo ante posibles reclamos, procesos de garantía o auditorías posteriores. En el contexto de viviendas unifamiliares, este registro visual final sustituye eficazmente prácticas informales de documentación.

Procore actúa como plataforma de centralización y cierre documental, integrando actas de recepción, certificados de cumplimiento, planos finales, reportes técnicos, contratos y registros de control en un único entorno digital. Esta consolidación facilita la validación cruzada de la información, evita omisiones en la entrega y permite una transferencia ordenada del proyecto hacia el propietario o administrador, elevando el estándar profesional del cierre incluso en proyectos de pequeña escala.

ChatGPT cumple un rol de apoyo técnico–comunicacional, asistiendo en la elaboración de manuales de uso y mantenimiento, informes de cierre técnico y resúmenes ejecutivos del proyecto. Su aporte radica en la capacidad de adaptar el lenguaje técnico a distintos perfiles de usuario, asegurando que la información entregada sea comprensible, útil y operativa para el propietario final, sin perder rigor profesional.

#### **4.15.2 Comparación planificado vs ejecutado en el cierre**

En esta fase, la comparación planificado vs ejecutado se concreta mediante la validación final entre:

El modelo BIM base del proyecto y el modelo BIM as-built.

La planificación inicial y los hitos efectivamente cumplidos.

La documentación proyectada y la documentación realmente generada.

Esta verificación final permite confirmar que todas las variaciones han sido registradas y que la información entregada corresponde al estado real de la vivienda.

#### **4.15.3 Porcentaje de avance en la fase de cierre**

El porcentaje de avance alcanza el 100 % únicamente cuando:

El modelo BIM as-built está completo y validado.

La documentación final se encuentra centralizada en la plataforma.

Los manuales, actas y reportes de cierre han sido elaborados y aprobados.

Este enfoque refuerza la idea de que el proyecto no se considera concluido hasta que la información esté completamente consolidada y entregada.

#### **4.15.4 Alertas y control final**

Las alertas en esta fase se asocian principalmente a:

Inconsistencias entre el modelo as-built y la obra ejecutada.

Documentación incompleta o no validada.

Falta de registros visuales finales.

Ausencia de manuales o actas de cierre.

Estas alertas actúan como un mecanismo de control final que evita cierres incompletos o deficientes.

#### **4.15.5 Resultados observados y justificación de factibilidad**

Los resultados del análisis evidencian que la implementación de un cierre digital basado en BIM, evidencia visual, centralización documental y apoyo de IA mejora significativamente la transparencia, la trazabilidad y la calidad de la entrega final. En el contexto ecuatoriano, y específicamente en viviendas unifamiliares, esta fase resulta altamente factible, ya que no incrementa de forma significativa los tiempos ni los costos de obra, pero sí eleva sustancialmente el estándar técnico y profesional del proyecto.

Dentro del diagrama de flujo general del sistema de seguimiento automatizado, esta fase representa el punto de cierre definitivo, donde convergen todos los registros, comparaciones, alertas y reportes generados a lo largo del proceso constructivo.

#### **4.16 Evaluación de la factibilidad de aplicación de tecnologías de seguimiento automatizado en viviendas unifamiliares en Ecuador**

A partir del análisis documental, la revisión de literatura especializada y el estudio comparativo de experiencias internacionales, se evaluó la factibilidad de aplicar tecnologías de seguimiento automatizado de obra —basadas en BIM e inteligencia artificial— en el contexto específico de las viviendas unifamiliares en Ecuador. Esta evaluación se realizó considerando variables clave como la escala del proyecto, los tiempos de ejecución, la complejidad técnica, los costos asociados y las condiciones operativas reales del sector constructivo local.

Los resultados evidencian que la viabilidad de estas tecnologías no depende únicamente de su nivel de sofisticación, sino de su adecuada correspondencia con la escala y duración de las obras. En el caso de la vivienda unifamiliar, caracterizada por plazos relativamente cortos, equipos reducidos y presupuestos ajustados, la implementación de sistemas altamente robotizados o de escaneo avanzado permanente resulta, en la mayoría de los casos, técnicamente innecesaria y económicamente inviable. No obstante, esto no implica que el seguimiento automatizado sea inaplicable, sino que debe adaptarse y simplificarse.

El análisis demuestra que las herramientas de bajo y mediano nivel de complejidad, como plataformas BIM tradicionales, captura visual sistemática (fotografías, cámaras 360°), plataformas colaborativas en la nube y asistentes de IA basados en modelos de lenguaje, presentan una alta factibilidad de aplicación en viviendas unifamiliares. Estas tecnologías permiten mejorar significativamente la trazabilidad del avance, la calidad de la documentación y la detección temprana de desviaciones, sin alterar de forma sustancial los tiempos normales de obra.

En relación con los tiempos de ejecución, se identificó que la automatización parcial del seguimiento no genera retrasos, sino que, por el contrario, puede contribuir a una reducción del tiempo dedicado a tareas de supervisión manual y elaboración de reportes, especialmente cuando se emplean herramientas como OpenSpace, Procore o asistentes GPT para la sistematización de información. En proyectos de vivienda unifamiliar, donde el seguimiento suele realizarse de manera informal o poco documentada, estas herramientas permiten optimizar los procesos sin introducir cargas operativas excesivas.

Desde el punto de vista de la escala del proyecto, la factibilidad aumenta cuando las tecnologías se aplican de manera selectiva por fases, concentrándose en momentos críticos como el control de obra gris, instalaciones técnicas y cierre de obra. En estas etapas, la relación costo–beneficio del seguimiento automatizado es más favorable, ya que los errores o retrabajos tienen un impacto directo en la calidad final y en los costos del proyecto.

Asimismo, el contexto ecuatoriano presenta limitaciones estructurales —como conectividad irregular en obra, escasa capacitación tecnológica y resistencia cultural al cambio— que influyen directamente en la factibilidad de implementación. Sin embargo, el estudio identifica

que estas barreras pueden ser mitigadas mediante estrategias graduales, priorizando herramientas accesibles, capacitación básica y flujos de trabajo simplificados, en lugar de soluciones tecnológicas complejas importadas de contextos industriales.

En síntesis, la evaluación realizada permite concluir que la aplicación de tecnologías de seguimiento automatizado en viviendas unifamiliares en Ecuador es factible, siempre que se realice bajo un enfoque adaptado a la escala del proyecto y a los tiempos reales de ejecución. La factibilidad no reside en replicar modelos internacionales de alta automatización, sino en integrar de forma inteligente BIM e IA como herramientas de apoyo al profesional, fortaleciendo el control de obra, la trazabilidad y la toma de decisiones sin desnaturalizar el proceso constructivo local.

Este resultado refuerza la pertinencia de la investigación y justifica la necesidad de proponer lineamientos metodológicos adaptados al contexto ecuatoriano, orientados a una adopción progresiva, realista y sostenible del seguimiento automatizado de obra en vivienda unifamiliar. La Figura 34 muestra el flujo de toda la información recopilada.

#### 4.17 Diagrama de flujo

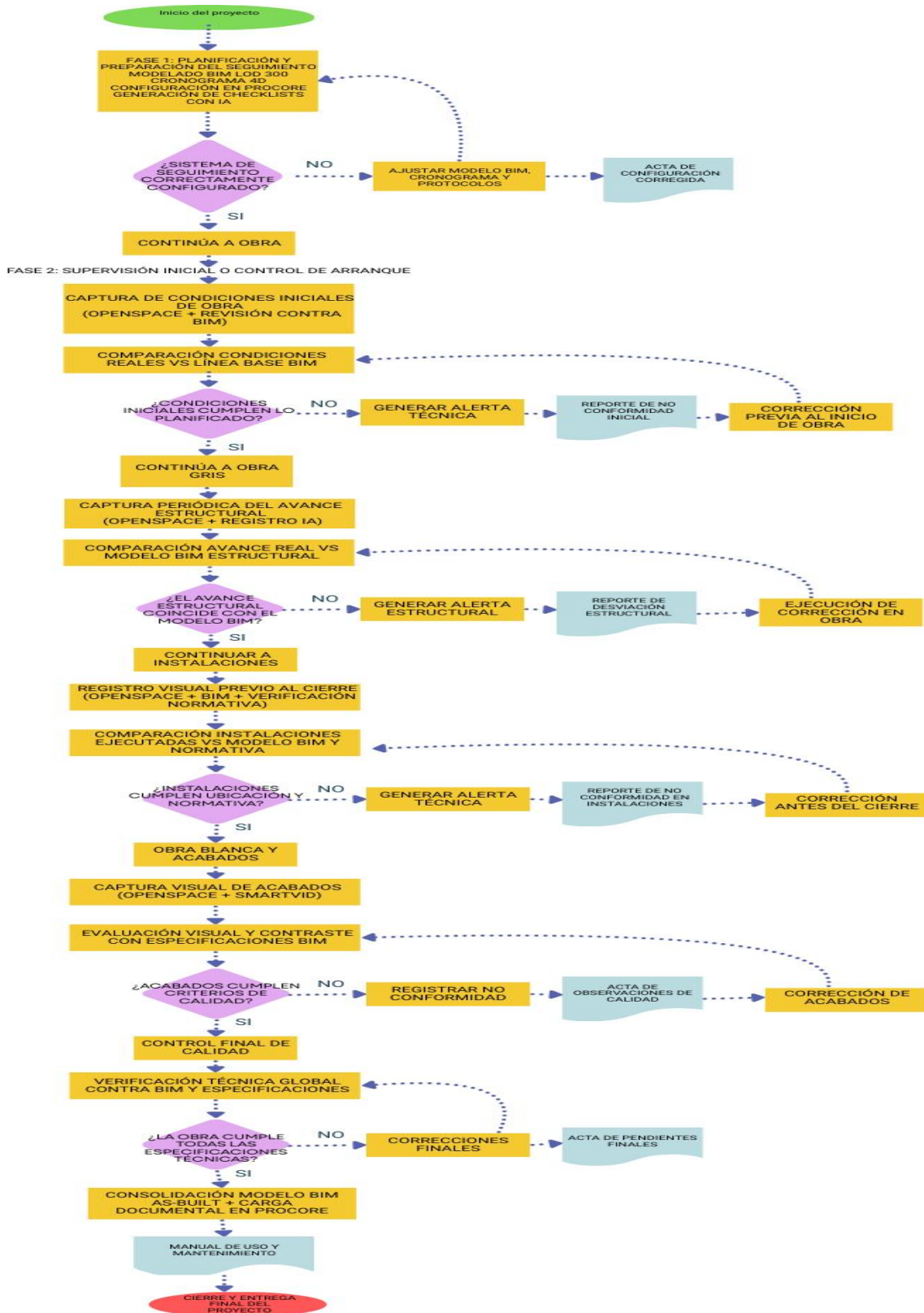


Figura 34: Diagrama de flujo

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

La presente investigación permitió analizar, desde un enfoque exploratorio y documental, la viabilidad técnica y contextual de integrar herramientas de Inteligencia Artificial (IA) y *Building Information Modeling* (BIM) en el seguimiento automatizado de obras de vivienda unifamiliar en Ecuador. A partir del estudio de literatura especializada, experiencias internacionales y el análisis crítico del contexto local, se obtuvieron conclusiones relevantes que aportan a la comprensión del estado actual y las posibilidades futuras de estas tecnologías en el sector de la construcción.

En primer lugar, se concluye que la integración BIM–IA es técnicamente viable, incluso en proyectos de pequeña y mediana escala como la vivienda unifamiliar. Las experiencias internacionales demuestran que la combinación de modelos digitales, captura visual sistemática y algoritmos de análisis permite mejorar significativamente la trazabilidad del avance, la detección temprana de errores y la calidad del control de obra. Si bien los sistemas completamente robotizados aún no son replicables en Ecuador, los principios metodológicos que los sustentan sí pueden adaptarse mediante soluciones semiautomatizadas y de menor costo.

Asimismo, el análisis evidenció que la principal limitación en el contexto ecuatoriano no es tecnológica, sino estructural y formativa. Aunque existen herramientas disponibles —como software BIM, cámaras 360°, drones y plataformas de gestión— su uso se concentra mayoritariamente en la fase de diseño, sin una continuidad efectiva hacia la etapa constructiva. Esta desconexión reduce el potencial real del BIM y limita la adopción de flujos de trabajo basados en datos.

Otra conclusión relevante es que la vivienda unifamiliar constituye un escenario óptimo para iniciar procesos de digitalización progresiva del seguimiento de obra. Su escala controlable, menor complejidad técnica y tiempos de ejecución relativamente cortos permiten implementar metodologías de captura visual, control 4D y asistencia con IA sin requerir inversiones elevadas. Esto refuerza la factibilidad de aplicar estas tecnologías como herramientas de apoyo al profesional, en lugar de soluciones altamente industrializadas.

Por otro lado, se confirma que la IA aplicada al seguimiento de obra no reemplaza el criterio técnico del arquitecto o ingeniero, sino que transforma su rol hacia un perfil más estratégico y analítico. El profesional pasa de ser un observador reactivo a un gestor digital del proceso constructivo, capaz de interpretar información, validar decisiones y anticipar problemas con apoyo de sistemas inteligentes.

Finalmente, la investigación permite concluir que una implementación gradual, ética y contextualizada de BIM e IA puede contribuir a mejorar la productividad, reducir reprocesos y elevar la calidad técnica de la construcción en Ecuador, siempre que vaya acompañada de capacitación, estandarización de procesos y un cambio cultural en la gestión de obra.

## **5.2 Recomendaciones**

A partir de los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas, se plantean las siguientes recomendaciones orientadas a distintos niveles de actuación:

En el ámbito profesional, se recomienda que arquitectos, constructores e ingenieros incorporen progresivamente herramientas de seguimiento digital, priorizando soluciones de bajo costo y alto impacto, como modelos BIM bien estructurados, registro fotográfico sistemático, plataformas colaborativas y asistentes de IA para apoyo documental y técnico. La clave no radica en la sofisticación de la tecnología, sino en la constancia, la trazabilidad y la correcta interpretación de la información generada.

Desde el punto de vista académico, se sugiere fortalecer la formación en BIM, IA, automatización y análisis de datos dentro de las carreras de arquitectura e ingeniería, promoviendo una visión integral del ciclo de vida del proyecto. Asimismo, se recomienda impulsar trabajos de titulación, proyectos piloto y laboratorios de experimentación que permitan adaptar modelos internacionales a la realidad local, especialmente en el ámbito de la vivienda.

En términos institucionales, resulta pertinente que entidades públicas, colegios profesionales y universidades promuevan lineamientos básicos para la digitalización del seguimiento de obra, incentivando el uso de metodologías BIM más allá de la fase de diseño. La generación de guías, estándares y casos de referencia locales contribuiría a reducir la resistencia al cambio y a mejorar la confianza en estas tecnologías.

Para futuras investigaciones, se recomienda avanzar hacia estudios aplicados o experimentales, que permitan validar en campo los modelos conceptuales propuestos, medir indicadores de desempeño (tiempo, costo, calidad) y evaluar con mayor precisión el impacto real de la IA en obras de pequeña escala. Asimismo, sería relevante explorar el entrenamiento de modelos de visión computacional con datos locales, ajustados a materiales, técnicas constructivas y normativas ecuatorianas.

Finalmente, se recomienda que cualquier proceso de adopción tecnológica considere principios éticos, de seguridad y de privacidad de la información, garantizando que la IA sea utilizada como una herramienta de apoyo responsable, transparente y alineada con el interés social y profesional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez Quezada, S. A. (2024). *Herramientas de Inteligencia Artificial en los Procesos Proyectuales Arquitectónicos, caso de estudio: Residencia Universitaria en el cantón Ambato.*

Cimadomo, G., Shahdadpuri Aswani, V., & Yeregui-Tejedor, J. (2024). *Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en arquitectura. Clasificación y análisis de obra en la era digital.*

Durand-Labán, J. L. (2019). *Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la Arquitectura: Caso de estudio: Predicción de tipos de espacio usando Grasshopper y Rhinoceros.* Paideia XXI, 9(2), 331–344.

Jaimes-Quintanilla, M. A., & Zabala-Vargas, S. (2024). *Inteligencia artificial en la gestión de proyectos: caso construcción y obra civil.* European Public & Social Innovation Review, 9, 1–21.

Jiménez, R., & Martín, R. (2024). *Inteligencia Artificial y el futuro de la disciplina de la arquitectura.*

Mendoza, J. G., Quispe, M. B., & Muñoz, S. P. (2022). *Una revisión sobre el rol de la inteligencia artificial en la industria de la construcción.* Ingeniería y competitividad, 24(2).

Prieto-del Río, D. R. (2024). *Gestión de datos de la construcción utilizando modelos BIM.* Revista Cubana de Transformación Digital, 5(2), 4.

Aguilar, G. M., & Hernández, T. C. (2007). Seguimiento de la productividad en obra: técnicas de medición de rendimientos de mano de obra. *Revista UIS ingenierías*, 6(2), 45-59.

Medina, G. J. (2021). Principales Problemas que Experimenta la Industria de la Construcción. Lean Construction México.

<https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/principales-problemas-queexperimenta-la-industria-de-la-construcci%C3%B3n>

Garay, J. (2023). Michel Rojkind: la IA generativa para recuperar la capacidad de imaginar. Wired. <https://es.wired.com/articulos/inteligencia-artificialgenerativa-para-recuperar-la-capacidad-de-imaginar>

Carvajal, E. (2021). Modelo de gestión para empresas constructoras e inmobiliarias del Distrito Metropolitano de Quito con un enfoque en el Project Management Institute (PMI). (Tesis masterado). Área de Gestión. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar.

<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8189/1/T3574-MAECarvajal-Modelo.pdf>

Carpó, M. (2023). La arquitectura digital inteligente tiene poco que ver con los computadores (y menos aún con su inteligencia). *ARQ (Santiago)*, (113), 18-31. Doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962023000100018>

Moran, S. Cheng, D. (2023). Revolutionizing Architecture: Exploring A.I. Design with Tim Fu from Zaha Hadid Architects. Home Journal.

<https://www.homejournal.com/en/people/Revolutionizing-Architecture:-Exploring-A.I.-Design-with-Tim-Fu-from-Zaha-Hadid-Architects/5936/>

- García, J., Vásquez, G. (2010). Estrategias operativas en el proyecto arquitectónico. Procesos, herramientas y protocolos. (Tesis doctoral). Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.  
<https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.76695>
- Añez, R. (14, julio, 2023). La Revolución de la Arquitectura: El Impacto de la Inteligencia Artificial. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/larevoluci%C3%B3n-de-arquitectura-el-impacto-inteligencia-ricardo%C3%B1ez>
- Fernández, R. (2013). Inteligencia proyectual: Un manual de investigación en arquitectura. Editorial Teseo. Argentina: Editorial Teseo
- López Salas, J. A. (2021). Un buen arquitecto: (1 ed.). Editorial Nobuko. Recuperado <https://elibronet.uta.lookproxy.com/es/ereader/uta/217373?pag>
- Beck, J., & Genovese, C. (2024). Aportes de la inteligencia artificial hacia una construcción sostenible. *Centro de Estudios de Administración*, 8(1), 8-20.
- Zurdo Castaño, J. P. (2024). Inteligencia artificial. Un futuro en construcción. *Cercha: revista de la Arquitectura Técnica*, (162), 12-17.
- Jurado Terceño, P. (2023). El impacto de la inteligencia artificial y BIM en la Arquitectura Técnica. *Aparejadores*, (92), 27-33.
- Rojas, M. (2023). *Metodología de la investigación científica: fundamentos, enfoques y niveles de estudio*. Editorial Académica Española.
- Corchuelo Canizales, O. M., Camargo Reyes, J. A., & Bermúdez Capera, A. F. (2022). Fase de diseño arquitectónico y construcción de obra gris y blanca de un apartamento VIS en el sector de Madelena de la ciudad de Bogotá.
- De Solminihac, H., & Thenoux, G. (2018). Procesos y técnicas de construcción. Alpha Editorial.
- Castillo Mosquera, Y. (2025). Guía técnica y administrativa para el control de seguimiento y documentación de obras de construcción. Semestre de Industria.
- Osorio, P. A. M., & Tuirán, A. C. (2023). Inteligencia artificial en arquitectura, urbanismo y Diseño: Abriendo Nuevas Fronteras Creativas. *Procesos Urbanos*, 10(1), e617-e617.
- Pampliega, C. J. (2019). Inteligencia artificial en el sector de la construcción= Artificial intelligence in construction sector. *Building & Management*, 3(2), 1-5.

## **ANEXOS**

### **Entrevista a Arq. Felipe Vázquez**

**Fecha: 17/02/2026**

**Modalidad: Virtual**

#### **Entrevistador**

¿cómo, cómo realiza actualmente el control de avance de obra en proyectos de vivienda unifamiliar?

#### **Arq. Felipe Vázquez**

actualmente, lo que se hace es, en base del cronograma que se tiene establecido, es decir, tú, realizas el cronograma una vez que hayas conocido primeramente el terreno, porque se dan las ocasiones de que en la zona que tú trabajas depende mucho la calidad del suelo. Entonces, ha

habido algunos casos que tienes que sacar, primero un estudio de suelo, cuando ves el terreno muy, con mucho, con mucho riesgo. Pero, eh, en lugares en los que tú ya tienes experiencia, has construido, entonces es fácil, porque tu ya conoces que, eh, de pronto, es un terreno de buenas condiciones, que tiene buena sosten-sostenibilidad, y con eso tú partes de allí, ¿no? Entonces,

todo eso digo, depende de cómo esté la calidad del suelo. Si la calidad del suelo es buena, entonces, tú tienes un programa de avance de obra. Eh, por lo general, las casas unifamiliares que se han construido, depende mucho, a veces, si es de una planta o si es de dos plantas, o a veces también es de una planta y queda un futuro para la segunda planta, o a veces es una sola planta definitiva.

Cuando es una planta definitiva, entonces, ese, el trabajo es un poco más sencillo y más rápido, porque ya trabajas solo con materiales prefabricados, en el sentido de que tú compras ya lo que son las varillas, compras, digamos, todo lo que son... Ya para las columnas, caderas, todo ya compras, dependiendo, ya viene prearmado todo, entonces, se adelanta rápido la, la mano de obra, también no

va a muchas excavaciones ni todo eso. Entonces, se adelanta el trabajo, ¿no? Y a veces también cuando tú, vas, viendo cómo, cómo avanza la obra, es porque, lo, la experiencia te va dando que hasta cierta semana tú haces la parte de cimentación, hasta tal semana tú haces la fundición

de piso y... Tú también haces lo que es el tema ya de levantamiento de paredes y todo eso. Entonces, ya te pones un, un, un margen de tiempo que más o menos, lo realices Y cuando son de dos... Ya, cuando son de dos plantas, en cambio, la diferencia es que tú, eh, trabajas con la fundición de una losa, entonces ya también ves el, ves los tiempos y de-- y determinas eso también en base de, de los, , tiempos y de los acabados, principalmente. Va a depender mucho

del acabado que, que quiera el cliente, por lo general. cuando son acabados de, digamos, término medio, entonces tienes un tiempo, pero cuando ya el, el cliente te solicita un acabado de buena calidad, entonces prácticamente se demora mucho porque el, el acabado es, es alto, ¿no? Entonces, tienes que darle una buena imagen y, sobre todo, el, ese tipo de cosas, el rendimiento baja, baja mucho el rendimiento de las, de las personas por el tema de acabados

### **Entrevistador**

Otra pregunta: ¿cuáles son las principales dificultades que enfrenta en el seguimiento técnico y de cronograma?

### **Arq. Felipe Vázquez**

A veces el, el principal problema es cuando... si es que tú... la parte económica, porque cuando tú, tienes, o depende, estás subcontratado y a veces el cliente o la persona que, para la cual le debes el trabajo, no tiene todo el dinero y a veces tienes que retrasar la obra. Pero, se aporta de la parte económica, digamos, si es que a veces el cliente el cliente también tiene recursos y entonces el cliente no es el limitante. El limitante más que tienes tú es el momento de, de realizar la excavación y te encuentras a veces con, con sorpresas en el suelo. Te das cuenta que el suelo es, de pronto arcilloso o de, o te encuentras que el suelo a veces es fango o como, o a veces te encuentras que cavas y te encuentras que ha sido un relleno reciente. Entonces, eso te dificulta y te obliga a que tú cambies el suelo y ahí es son costos ine y que no se tenía previsto.

Entonces, te obliga, en cierto modo, a cambiar inclusive el tema de la cimentación. A veces tienes un suelo que es demasiado flojo, entonces, tienes que hacer zapata corrida o tienes que hacer, , cambiar la forma de resistencia del suelo, tienes que, eh, hundirte más, encontrar suelo firme y todo eso es lo que te demoras, hasta salir de la... Digamos, lo que decimos nosotros, el nivel más dieciocho, que es el nivel que, que ya tienes, hasta fundir el piso. El primer piso, digamos, es el, lo dificultoso. De ahí el resto es, es rápido el trabajoY ahorita también, existen ya los nuevos materiales, que poco a poco se va introduciendo en el

mercado, la gente se va acostumbrando. Anteriormente, se trabajaba, por decir, las cubiertas con madera y la gente tenía resistencia a hacer las, las cubiertas metálicas, pero poco a poco la gente se fue dando cuenta y fue cambiando. Ahora también teníamos nosotros también el tema de los, de las losas, o sea, losas, pesadas, ¿no? Ahora vienen las losas alivianadas, que prácticamente armas todo de estructura metálica y rapidísimo.

La obra se completa en mucho tiempo. Inclusive, también ya la gente está empezando a, a que se construya todo lo que son columnas y vigas en, en estructura metálica. Entonces, ese es el futuro de la construcción, por lo menos en nuestra zona. Es nuevo, todavía la gente no construye mucho, tienen

temor a, a que el hierro se oxide por, por el clima que tenemos, pero esa es una de las dificultades principales que se tienen, ¿no? Ahora en, en obra.

### **Entrevistador**

¿Ha tenido problemas por falta de com-- de documentación visual o registros técnicos durante la ejecución?

### **Arq. Felipe Vázquez**

en cierto modo, sí. Cuando te... no, no, no tienes mucha experiencia en obra y a veces los planos que te dan, , son, planos que vienen mal elaborados. a veces tienes el problema que tú tienes que resolver en obra especialmente lo que es el diseño de gradas, las escaleras, a veces no solucionan bien el problema y también a veces la falta de experiencia del técnico que, que ha hecho la obra, el diseño también no te especifica bien los materiales que especialmente en lo que es el tema de aguas, en el tema eléctrico, en el tema de lo que son agua, agua potable, aguas servidas, que no, no, no tienen mucha experiencia, no te hacen muy específicos los, los detalles constructivos y eso

te complica al momento de la obra. Eso es especialmente lo que tienes, inconvenientes. Y también cuando no se pone qué materiales vas a ocupar claramente, específicamente, entonces, ahí tienes inconvenientes.

### **Entrevistador**

¿Utiliza metodología BIM en sus proyectos? En caso afirmativo, ¿la emplea únicamente para diseño o también para control de obra?

### **Arq. Felipe Vázquez**

No, actualmente yo no utilizo tecnología BIM. Sin embargo, eh, eh, la gente que trabaja conmigo, eh, está utilizando poco, poco, eh, BIM. Sobre todo, se les dio curso, pero tenemos un... Si bien saben el curso, pero la dificultad que tenemos nosotros es, ah, en la compra del programa, que es demasíadamente costoso y no, no te permite acceder tan fácilmente a un programa de esos. Y ahorita,

como es, esos programas son, eh, con las licencias, es un poco difícil. Esa es la, el inconveniente que se tiene. Pero la tecnología BIM se viene y eso todavía, todavía no estamos... Tenemos que estar preparados para eso. ¿Ya?

### **Entrevistador**

¿considera que el me-- que el modelo BIM podría utilizarse como herramienta para comparar avance planificado versus ejecutado?

### **Arq. Felipe Vázquez**

Claro, porque el avance en la tecnología BIM, eh, se tiene que relacionar siempre, ¿no? Y además, nosotros también, eh, si bien utilizamos eso, pero la tecnología BIM te permite ir, eh, hacer, eh,

cuantía, eh, de obra y también te permite elaborar un, un programa también adecuado. Entonces, sí, sí es bueno, es bueno para ese, para, para eso, ¿no? Y si tú también, eh, manejas también, eh, al mismo tiempo un buen programa de, de manejo de cantidades de obra y todo eso, te, te va a ir bien.

**Entrevistador**

¿Qué opinión...? Ya . La siguiente pregunta: ¿qué opinión tiene sobre el uso de, de tecnologías como captura tres sesenta, análisis automatizado de imágenes o asistente, o asistentes digitales de obra

**Arq. Felipe Vázquez**

Eh, esa es la tecnología nueva, ¿no? Que te, te ap-- que aplicas y prácticamente te beneficia mucho, sobre todo para lo que es, eh, el avance de, de obra y, y, y sobre todo para vender, vender tus productos. Para ven-- para mucha gente lo que le interesa es, eh, visualmente ver cómo queda, la obra y todo eso. Entonces, es bueno, es, sí, es bien.

**Entrevistador**

¿Cree viable integrar herramientas de inteligencia artificial para detectar desviaciones técnicas en viviendas unifamiliares?

**Arq. Felipe Vázquez**

Claro, porque te ayuda mucho, te ayuda mucho en el tema de sobre todo de avance de obra, ¿no? Y, y sobre todo para ver si es que de lo, de lo planificado, lo has ejecutado, eh, queda, queda todo bien. Entonces, es bueno.

**Entrevistador**

¿Qué barreras considera que existen para implementar estas tecnologías en viviendas unifamiliares en Ecuador?

**Arq. Felipe Vázquez**

Eh, el acceso, el acceso de la gente a capacitaciones y obtención de los productos, eh, de comprar los productos, porque son demasiado caros las licencias y, sobre todo, no hay la capacitación, no hay capacitación mucho del, del tema.

**Entrevistador**

si se propusiera un modelo que combine BIM, más captura visual, más generación automática de alertas y reportes, ¿lo consideraría aplicable en su práctica profesional?

**Arq. Felipe Vázquez**

Sí, inclusive nosotros hemos utilizado eso. Eh, tengo la posibilidad de hacer las consultorías, de, de administrar las consultorías. Y, por ejemplo, el teatro dieciséis de agosto, aquí en Gualakiza, que está hecho todo en tecnología BIM, y nos ha permitido, eh, que al mismo tiempo están trabajando tres o cuatro profesionales en el mismo proyecto. Entonces, eh, resultó excelente porque la final también se

presentó en 3D, inclusive se presentó con un visor que se puso a las autoridades, ese visor, entraron, entraron al edificio. Vieron cómo quedó todo, cómo quedaba el edificio terminado, hasta de ahí en el sitio. Entonces, por el tema de restauración, eh, funcionó superbién y, y nos resultó entonces, la tecnología vino, no vino, porque al mismo tiempo que el arquitecto consultor, eh, tenía un control sobre el resto de gente, entonces, él, por ejemplo, les pagaba la base según las horas que trabajaban cada uno. Y de, de lo que trabajaban cada uno, eh, se, eh, entraban al mismo tiempo en el mismo modelo, iban, iban, eh, poniendo en el mismo modelo que tenían entre ellos. Y también al tiempo que trabajaba el ingeniero eléctrico, también trabajaba el estructuralista y también trabajaba el tema de detalles y todo eso. Entonces, fue, fue buena esa herramienta, funcionó muy bien eso.

#### **Entrevista a Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA CHILLOGALLI**

**Fecha: 17/02/2026**

**Modalidad: Virtual**

**Entrevistador**

Listo. ¿Cuál es su experiencia en de, en el desarrollo y supervisión de viviendas unifamiliares?

**Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

Ya, a ver, he estado trabajando al inicio de mi carreraaa, cuando tenía cinco años de arquitectura, con el grupo Ortiz. Ahí supervisé como residente de obra unas dos viviendas unifamiliares, más o menos un... la una era de treinta departamentos y el otro de cincuenta.

**Entrevistador**

Segunda pregunta: ¿cómo realiza actualmente el control de avance de obra en proyectos de vivienda unifamiliar?

**Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

A ver, [carraspeo] para lo que es cuestión de presupuestos, reporte de planillas, todo, utilizo el Interpro tres punto cero como herramienta digital. Y para lo demás, la supervisión se hace, al

menos la hago yo, de manera tradicional, es decir, llevando el libro de obra, fotografía, informes, en ese estilo.

**Entrevistador**

Mmm, ya. Eh, ¿cuáles son las principales dificultades que enfrenta en el seguimiento técnico y de cronograma?

**Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

A ver, eh... Más-- a ver, en el seguimiento de obra un poco más, porque eso a veces es muy complicado, eh, tratar de, eh, ¿cómo diría? Eh, justificar los volúmenes de obra que se tienen en dentro de un contrato, eh, con los que realmente se utilizan en obra. Hay bastantes diferencias.

Ejemplo, se calculan, por ejemplo, unos seiscientos a setecientos metros cuadrados de mampostería, y en la realidad resulta que solamente salen cuatrocientos cincuenta. Entonces, hay una demasiada diferencia. Esto porque los cálculos de volumen de obra se han hecho de manera, eh, manual. En realidad, ahí no, no se ha utilizado tecnología BIM a través de, de Revit, que es el que yo manejo. Entonces, en eso, ahí tenemos un poco de dificultad.

**Entrevistador**

¿ha tenido problemas por falta de documentación visual o registros técnicos durante la ejecución?

**Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

Eh, ¿documentación visual en qué sentido? ¿Planos, die-- eh, diagramas, detalles constructivos o renders

**Entrevistador**

Exacto.

**Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

En ese sentido?

**Entrevistador**

sí.

**Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

No. Realmente, en los planos sí se pone bastante énfasis en los detalles constructivos, sobre todo cuando se trata de, de cubiertas o cimentaciones o armados de hierros. En ese sentido, no,, sí, igual en render no, no ha habido problemas. Se tiene cómo va a quedar el producto y al menos en

las construcciones que yo he hecho, creo que hemos llegado a un parecido de un ochenta, noventa por ciento de la construcción con la, con el render que se ha presentado al cliente.

**Entrevistador**

Okey. Eh, ¿utiliza metodología BIM en sus proyectos? En caso afirmativo, ¿la emplea únicamente para diseño o también para control de obra?

**Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

Ya, a ver, sí, manejo solamente el Revit para hacer solamente el plano, los render, el 3D y un, y una ambientación. En realidad, no te mentiría si te diría que lo utilizo para control de obra. No he llegado a manejar el Revit a ese nivel, solamente a nivel intermedio para lo que es diseño y renders.

**Entrevistador**

Ya, listo. ¿Considera que el modelo BIM podría utilizarse como herramienta para comparar avance planificado versus ejecutado?

**Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

[ruido] Sí, yo creo que la tecnología BIM realmente va a ayudar a eliminar bastante sesgo en la cuestión de volúmenes de obra, detalles constructivos y seguimiento, porque yo creo que eso va a ayudar a que realmente la construcción se haga realmente en base al diseño y esto evite que haya demasiadas demoras, mayor control de obra y, por tanto, reducción de costos.

**Entrevistador**

¿qué opinión tiene sobre el uso de tecnologías como captura tres sesenta, análisis automatizado de imágenes o asistentes digita-digitales en obra?

**Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

A ver, ahí te mentiría. No, no, no tengo experiencia en eso. A lo mucho, estoy utilizando un poco de lo que es inteligencia artificial para poder mejorar diseños en 3D y renders. De los que me acabas de, de decir, en realidad, hoy estoy un poco obsoleto.

**Entrevistador**

Bueno, lo que es asistentes digitales es, es básicamente lo, lo que usted está haciendo ahorita, eso de ChatGPT y tipo de cosas para mejorar. Ajá.

**Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

Ah, entonces sí, con eso entonces sí, sí, estoy utilizando bastante ese para tratar de ver, por ejemplo, lo que te digo. Por ejemplo, hacer en, en Revit, eh, si bien ya dibujas en 2D y

automáticamente sale en 3D, a veces da-- es complicado tratar de manejar cubiertas, curvas, otro o otro tipo. Tú sabes que eso

es más paramétrico y hay que diseñar. En cambio, el ChatGPT o el, el... Más que todo, a ver, he manejado yo el Da Vinci. Ya Con eso, por ejemplo, pongo una, una foto de Photoshop que le he hecho ahí y le pido que me mande unas cuatro propuestas de fachadas diferentes. Entonces, me da en segundos, mientras que con lo otro me demoraría un día. Entonces, sí, sí es bastante, eh, efectivo esa

ayuda.

#### **Entrevistador**

Okey, sí, sí, tienes razón en ese sentido. [risas] Eh, ¿cree viable integrar herramientas de inteligencia artificial para detectar desviaciones técnicas en viviendas unifamiliares?

#### **Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

Sí, sí creo que es factible, y eso, un poco yéndome más lejos, creo que va a ayudar al arquitecto más bien..... deberíamos quitarnos ese sesgo de que, que la inteligencia artificial nos va a quitar trabajo. Al contrario, siempre detrás de, de un diseño, sobre todo de un seguimiento de obra, necesitamos la mano de, de un profesional que ayude justamente a manejar bien estos software y todo, porque recuerda que los datos los damos nosotros. Si ingresamos malos datos, por más

inteligencia artificial que haya, nos va a dar los resultados que nosotros le hayamos ingresado. Entonces, necesitamos ahí todavía profesionales con experiencia en este tipo de manejo de herramientas.

#### **Entrevistador**

Claro, sí. Eh, ¿qué barreras considera que existen para implementar esas tecnologías en viviendas unifamiliares en Ecuador?

#### **Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

Primeramente, desde la academia. Yo creo que los profesores que están e imparten esas clases todavía no están preparados. A lo mucho, también, eh, les diseñan solamente o les enseñan el Revit, el Archicad, pero también lo básico. No creo que estén todavía familiarizados, eh, darles las herramientas BIM completas, con seguimiento y evaluación. Más bien, yo creo, no sé si todavía estará

dado. En el caso de mi hija, te hablo Ella se graduó hace unos cinco años. El Revit le daban por un lado y el seguimiento, control de obra y presupuesto, le daban por otro lado, no era el mismo profesor.

#### **Entrevistador**

Sí.

**Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

Cuando el propio Revit tiene todo para hacer el seguimiento, entonces no han explotado toda esa herramienta del Revit, del Archicad, que tiene toda esa tecnología BIM en el análisis y seguimiento. Entonces, ahí creo que hay una debilidad desde la academia en sí.

**Entrevistador**

Sí, eso sí es verdad. Eh, última pregunta, Arqui. Si, si se propusiera un modelo que combine BIM, más captura visual, más generación automática de alertas y reportes, ¿lo consideraría aplicable en su práctica profesional? ¿Por qué?

**Arq. Luis ALEJANDRO ZACIQUECELA**

Obvio, eso es facilitar el trabajo. A ver, primero por el tiempo. Ahorita el tiempo es dinero y en construcción eso significa reducción de costos. Si es que con eso en tiempo real y a través de seguimiento de obra, estoy construyendo y veo que hay algún detalle que en el diseño no me salió bien, aplico la inteligencia artificial del programa, actualizo eso inmediatamente en cuestión de segundos y lo aplico en obra, me ayuda a ahorrar días de trabajo y, por tanto, eso es mano de obra,

suelo y materiales que me voy a ahorrar. Entonces, esa es una ventaja, es creo que prioritario ya empezar a implementar eso. Como te digo, eso es necesario, ya en el Ecuador hay otros que están adelantados, pero si es que desde la academia no formamos a ese tipo de profesionales, que ya desde la academia salgan con esos conocimientos, vamos a ir trabajando a... al buen moco del maestro principal

**Entrevista al ARQ. Juan Carlos Nieto Brito**

**Fecha: 17/02/2026**

**Modalidad: Virtual**

**Entrevistador**

Listo. Eh, en experiencia profesional, ¿cuál es su experiencia en el desarrollo y supervisión de viviendas unifamiliares?

**ARQ. JUAN CARLOS NIETO**

Eh, ¿cuál es mi experiencia?

**Entrevistador**

Sí, en el desarrollo y supervisión de viviendas unifamiliares.

## **ARQ. JUAN CARLOS NIETO**

A ver, mi experiencia en sí, bueno, eh, m-mi vida se ha basado más en el campo público, pero, pero cuando estuve unos años en el campo privado, sí tuve experiencia alrededor de unos tres, cuatro años en el campo de las viviendas unifamiliares, tanto en la, [chasquido] en lo que es la fiscalización o revisión, o mediante inspecciones técnicas y también la construcción de las, de las viviendas

unifamiliares. He estado a cargo alrededor de unas cinco o seis viviendas en sí, en mi vida profesional, privadamente.

### **Entrevistador**

Ya. Eh, siguiente pregunta: ¿cómo realiza actualmente el control de avance de obra en proyectos de vivienda unifamiliar?

## **Arq. aRQ. JUAN CARLOS NIETO**

¿Cómo realizo el control?

### **Entrevistador**

Sí.

## **ARQ. JUAN CARLOS NIETO**

Bueno, cuando se hace un proyecto, eh, se genera un presupuesto, un presupuesto el cual hay muchas herramientas, digamos, para tener ese presupuesto, pero más, eh, la herramienta fundamental para dar un seguimiento y viendo si se respetan los plazos, es un cronograma valorado que se hace. Un cronograma valorado, que también se utiliza en la parte pública muchísimo para lo que son los contratos públicos, pero también funciona en la parte privada. Entonces, mediante ese cronograma uno va, eh, valorando, como dice la palabra, valorando cómo está el cumplimiento de plazos y cómo se va también en, en lo que es cumplimiento de plazos y presupuesto. Eso es netamente lo que se utiliza para, para ver los avances de obra.

### **Entrevistador**

¿Cuáles son las principales dificultades que enfrenta en el seguimiento de... técnico y de cronograma?

## **ARQ. Juan Carlos Nieto**

Eh, a ver, en sí son... en el seguimiento técnico. A ver, a veces, literalmente, son cuestiones ya internas de la construcción. Como por ejemplo, eh, se tiene planificado que un, una actividad la realice una cuadrilla o unas personas, y resulta que esa semana o esos días faltó la, la persona o

alguna cuestión pasó en la obra, o tal vez no llegó el material. Son inconvenientes que van surgiendo y

eso es lo que a la vez, eh, medio dificulta un poco el, el cumplir a cabalidad, por ejemplo, al cronograma valorado, dificulta un poco el, el que, eh, se demore un poco más porque no ha llegado el material, porque no ha llegado el maestro, incluso no ha llegado la máquina o se retrasó por alguna cuestión. Entonces, para mí eso es, eh, netamente los mayores problemas que-- o el mayor problema que surge para cuando uno está en la construcción o está construyendo.

#### **Entrevistador**

¿Ha tenido problemas por falta de, de documentación visual o registros técnicos durante la ejecución?

#### **ARQ. Juan Carlos Nieto**

Sí hay, sí hay problemas a veces. Eh, por ejemplo, cuando me pasó en una, una vivienda en Cuenca, cuando se hizo el proyecto de, de regeneración, era una vivienda, bueno, en el centro de Cuenca, pero no era patrimonial, eh, y era una vivienda que se debía, eh, restaurar prácticamente. Todo el edificio, incluido una... sí, sumarle una buhardilla. Y lo que me pasó ahí es que cuando yo realicé el presupuesto, eh, como era una cons-- una vivienda ya construida, entonces uno asumía

cosas, asumía cosas que, que cómo era la cubierta, que cómo era la pared, que cuánto de ancho tenía, que cómo voy a hacer esta cuestión de acá. Entonces, cuando uno presenta el proyecto al municipio, igual lo aprueban, lo aprueban en el municipio, pero cuando uno ya empieza la ejecución de la obra es donde va encontrando esos, esas pequeñas, eh, o esos pequeños inconvenientes, que a la larga, si sumamos todos, se vuelven en uno grande. Y es, es [ruido] en sí, la mala experiencia que yo tuve de no haber prevenido eso bien desde un inicio, con la documentación como, como detalles, haber tal vez sacado un poco lo que son los cielos rasos para ver cómo estaba la infraestructura. Entonces, a la larga, lo que me pasó ahí fue es que no haber previsto todo esto con anterioridad, eh, resultó que cuando estaba haciendo la intervención, eh, rompía una cosa y se dañaban, eh, tres. Arreglaba una cosa y se dañaban dos, entonces era un, un dolor de cabeza toda la construcción. Entonces sí, sí me ha pasado de que por no tener toda la información pertinente desde un inicio, incluso influyó a la larga en el presupuesto.

#### **Entrevistador**

Eh, ¿utiliza metodología BIM en sus proyectos? En caso afirmativo la emplea únicamente para diseño o también para control de obra?

#### **ARQ. Juan Carlos Nieto**

A ver, eh, yo antes, antes de... ¿qué, qué podría decir? En el 2000, desde el 2024, más o menos... no utilizaba en lo absoluto tecnología BIM, en lo absoluto. O sea, más era lo típico de los

programas que hacía el, el AutoCAD, el es-- el SketchUp, el Lumion, para presentar los proyectos, eh, por ahí el Interpro para presupuestos y cosas así, pero no me metí en el mundo del BIM. Luego, eh, me llegué a

enterar que [carraspeo] el BIM es algo que, que ya funciona en el resto del, del mundo, es algo prácticamente básico para lo que es, eh, el diseño, eh, la construcción y todo lo referente a esa, a ese giro de negocio, hablemos así, que es, eh, el giro de, de la construcción. Entonces, desde el 2025, yo me, me creé una empresa, en el cual, dentro de esa empresa, tengo personas que, que manejo o manejan el, el mundo BIM, digamos, muy bien. Entonces, nosotros ya, eh, los proyectos que creamos dentro de esa empresa, lo hacemos todo con tecnología BIM y, eh, posteriormente, también, eh, de

ser el caso, si el cliente quiere, eh, con esa tecnología BIM, también lo podemos hacer el seguimiento

de la obra. Entonces, desde el 2025 a la presente fecha, eh, no yo personalmente, sino mi empresa, está manejando el tema del BIM.

#### **Entrevistador**

Mmm, ¿qué programas más suelen usar ustedes?

#### **ARQ. Juan Carlos Nieto**

Por ejemplo, eh, en el tema del BIM, por ejemplo, utiliza-- o sea, todo lo que tenga que ver, por ejemplo, ya desde un inicio, es que no es tanto BIM, pero, eh, por ejemplo, utilizamos en lo que es el diseño, el tema de, del Revit, por ejemplo, no utilizamos el, eh, la, la Archicad, sino el Revit, que en sí el BIM no es tanto el programa, sino cómo le estructuro yo el programa. O sea, cómo le hago los, los,

los módulos, cómo le, le jerarquizo, digamos, toda la-- el dibujo, para que a la final, eh, poder hacer, eh, en un solo, eh, programa o como que-- no me acuerdo exactamente el nombre técnico ahora, pero, eh, manejan un solo modelo, eh, en la nube, hablemos así el caso. En el tema arquitectónico, de ingenierías, y entonces, cuando un tema arquitectónico se va modificando, en ese modelo se va modi-- se va actualizando, y los ingenieros y todos los que están dentro de este proyecto, también van viendo estas actualizaciones y pueden ir trabajando

en el mismo modelo, por ejemplo. Entonces, eh, en sí, el, el BIM no es tanto como que, eh, muchos programas, o sea, o, o un programa que diga BIM, porque eso, eso no existe, sino es una metodología. Es como que, eh, eh, la, la formaorganizada en la que se, en la que se trabaja desde un inicio. Entonces, es más ese, ese tema, de ahí los programas, tanto de ingenieros como el netamente el estricto de arquitecto, ese se va articulando, digamos, dentro de esa metodología BIM.

#### **Entrevistador**

¿considera que el modelo BIM podría utilizarse como herramienta para comparar avance planificado versus ejecutado?

**aRQ. Juan Carlos Nieto**

Claro, claro, claro que resultaría, porque, eh, es precisamente, eh, ahí, cuando se trabaja en modelos BIM, donde no existen luego, eh, en un futuro, sorpresas, sorpresas que interfieran directamente con el presupuesto, porque obviamente, si me toma más tiempo, eh, significa dinero. Entonces, obviamente, ahí yo puedo controlar lo eje-- lo avanzado, lo, lo realmente ejecutado, y a la larga, pues,

ya sea en la parte, eh, bueno, en la parte pública, sé que recién están medio queriendo empezar esta situación del tema BIM, porque conozco que en otros países eso ya está implementado en la parte pública.

Entonces, por el momento, eh, aquí en el Ecuador, lo que estamos manejando es en la va, en la, eh, cuestión privada. Entonces, sí, se está, eh, digamos, que-- o, o yo a lo menos estoy tratando de que ya los diseños que salen de diversos clientes, a lo menos, cuando sé que quieren construir o alguna situación, ya sale con esta información, eh, BIM, o esta información, digamos, eh, clave para luego, en lo posterior, eh, como va conexo o articulado con el presupuesto, en lo posterior, ir controlando, como dices tú, lo ejecutado con lo realmente-- perdón, lo, lo planificado con lo realmente ejecutado.

Entonces, con eso también a la vez se controla plazos, se controla tiempos. Entonces, eh, yo pienso, yo pienso eso, o sea, de que a lo menos el BIM, el BIM, sí, sí, bueno, el BIM ya es, ya, ya es ahora, ya es ahora. Se está viniendo ahora realmente lo que es la inteligencia artificial, y si nosotros, como profesionales arquitectos, no queremos quedarnos, eh, relegados al pasado y quedarnos sin trabajo, siempre debemos irnos, eh, digamos, actualizando. Y se nos viene la inteligencia artificial y de alguna forma ya estoy viendo que se están, eh, digamos, articulando o ya se están haciendo conexiones con el mundo BIM.

**Entrevistador**

¿qué opinión tiene sobre el uso de tecnologías como captura tres sesenta, análisis t-- automatizado de imágenes o asistentes digitales en obra? Eso ya es básicamente inteligencia artificial, como asistentes GPT, por ejemplo.

**. ARQ. Juan Carlos Nieto**

Ya, a ver, ¿de qué programas me dijiste?

**Entrevistador**

Eh, tecnologías como captura tres sesenta. Hay, por ejemplo eh Como que tienen el-- todo el proyecto BIM, como que en la obra y en la ubicación, y tú puedes ver, por ejemplo, instalaciones, puedes ver todo lo que es lo computacional ya en la obra.

**. ARQ. Juan Carlos Nieto**

O sea, o sea, a ver, yo, eh, eso al momento, por el momento, no he tenido la oportunidad de, de una construcción como que presentar o como que hacer el levantamiento de la cimentación o in-- o ingeniería. Sí, como yo he visto en Internet, que colo-coloco una tablet y le van viendo la georreferencia y van viendo por dónde van las tuberías, dónde van los cimientos, dónde van columnas y toda la cuestión. Eh, para mí eso es el futuro. O sea, casi que en el futuro ya sería el presente, prácticamente. Eh, he visto que ya en, en constructoras grandes manejan ese tipo de tecnología ya para, como quien dice, no estás inventando nada. Entonces es algo ya de... computacional, hablemos así, ya en obra, y yo-- para mí eso es fundamental y de mi experiencia, eh, no yo, no yo, porque, eh, yo estoy, digamos, ahora mismo, en otro tipo de, de habilidades para mi empresa, sino ya las personas que me ayudan dentro de eso, es las que manejan estrictamente esos temas y esperemos muy pronto tengamos esa, esa... digamos, oportunidad de ya construir el, el primer edificio con este tipo de tecno-tecnología, porque nosotros ya lo estamos implementando. O sea, nosotros queremos construir de esa forma, incluso para que al cliente, en su momento, le dé más confianza sobre, eh, lo actualizado y la, y los profesionales que, que tienen a cargo de su construcción. Entonces, yo a lo menos, sí estoy, eh, muy de acuerdo en, en utilizar ese tipo de tecnologías, eh, que ya están y, y muchos que ya se vienen. Es más, o sea, como digo, la inteligencia artificial es, a ver, como en su momento hacíamos sumas, restas, multiplicaciones, divisiones a mano y llegaron las calculadoras, yo siento para, como para arreglarnos la vida. Con, con eso no quiere decir que, que, que se perdieron algunas cosas, simplemente ganamos tiempo. Ahora, lo mismo yo pienso de la inteligencia artificial, eh, son herramientas fundamentales para ganar tiempo y nuevamente, el tiempo es dinero.

**Entrevistador**

¿cree viable integrar herramientas de inteligencia artificial para detectar desviaciones técnicas en viviendas unifamiliares?

**ARQ. Juan Carlos Nieto**

Por supuesto, por supuesto, lo mismo que antes, o sea La inteligencia artificial me va a hacer, eh, o sea, va a hacer que... o, o los programas que me tengan adaptado a inteligencia artificial, va a hacer que las construcciones sean más eficientes, más rápidas, con mejores presupuestos. ¿Por qué? Porque evidentemente, una inteligencia artificial, , mira todos los contextos, todos los panoramas posibles para, para poder salir con los mejores resultados. Entonces, para mí sí, para mí si, va a ser supersiemblo o supers bueno de que, eh, vengan nuevas tecnologías a la construcción.

## **Entrevistador**

¿qué barreras considera que existen para implementar esas tecnologías en Ecuador?

## **ARQ. Juan Carlos Nieto**

A ver, yo, yo ahora mismo estoy haciendo una maestría en Desarrollo Inmobiliario.

Tengo un profesor, em, de, de España y realmente ahora, ahora mismo en el Ecuador, estamos en cero en lo que es este tipo de tecnologías. Países como Perú, como Colombia, están mucho más adelantados que, que nosotros. Entonces, yo pienso, y no se diga países de primer mundo, como Estados Unidos, como España, , China, todos estos países, que ya ellos están trabajando ya hace muchísimos años atrás en esto de la tecnología BIM. Incluso Estados Unidos está ya desde los años inicios de 2000 trabajando, incluso antes, desde 1990 y pico. Entonces, nos llevan décadas, incluso de, digamos, de trabajo, ellos. En Ecuador recién se está empezando esto, pero yo estoy seguro que, que poco a poco, ya estoy viendo como que más, las mallas curriculares del, de, de universidad ya están como que más tendiendo también ese tipo de tecnologías. Entonces, esto va a ser paulatino, como que universidades, ya en empresas, luego tal vez ya venga lo público, entonces eso ya va a ser una metodología, que lo vamos a llevar en muy poco tiempo, yo pienso en Ecuador. Yo creo que en máximo de unos diez años, ya estaremos prácticamente todos los, los, los parámetros, tanto públicos como privados, manejando este tipo de tecnologías.

## **Entrevistador**

Mhm. Última pregunta, Arqui. [se ríe]... Si se propusiera un modelo que combine BIM, más captura visual, más generación automática de alertas y reportes, ¿lo consideraría aplicable en su práctica profesional?

## **ARQ. Juan Carlos Nieto**

Claro, bueno, en sí, no sé, no sé, realmente esa captura tres sesenta, no he manejado ese programa, pero todo lo que aporte y me baje, me baje lo que es en tiempos a la, a la obra O sea, siempre va a ser lo mejor. Evidentemente, vamos a necesitar... nosotros, los técnicos, somos humanos, vamos a necesitar ayudas y, es más, ahora mismo los planos necesitamos de la ayuda de una computadora. Estoy bien hasta, hasta ahí, digamos, en, en programas que medio asesoren o que medio ayuden al, a los profesionales, tanto arquitectos e ingenieros, todos los que se dedican a la construcción. Ahora, donde yo estoy un poco medio en, no tan, de acuerdo, en donde se, se meta, digamos, el tema de, de estas tecnologías, es ya en el tema de, de diseños, por ejemplo. En el tema de diseños, que yo sé que ya tecnologías, o inteligencias artificiales ya están medio empezando a diseñar cualquier cosa.

Entonces, yo siento que ahí no está tan, tan bien todavía lo que es el tema de inteligencia artificial, porque si vamos a asumir, la arquitectura es un arte, entonces, el arte es abstracto, como saben decir, cada, cada arquitecto tiene su forma de diseñar, su forma de pensar los espacios. A

algunos tal vez les sale muy bien, a algunos no tan bien, pero, yo creo que debería también haber un límite y estas inteligencias no deberían meterse en el tema de, de, de lo que es ya el diseño de un espacio, sino solo llegar hasta eso, hasta ser como que, programas como que de apoyo, pero muy buenos, que al, a las personas, a los humanos en sí, arquitectos e ingenieros, nos sume o nos ayude a bajar el tiempos en obras, o sea, hacerlas más rápidas y bien hechos. Entonces, el que se conoce como el famoso método de fast track. Entonces, eso yo pienso en el tema de, de, de inteligencias artificiales, programas de apoyo, todo eso, pero a la larga va a ser muy bueno para, para la construcción, el que ya Ecuador vaya medio ya actualizándose también respecto al mundo en el tema constructivo.

## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Rubén Darío Vázquez Brito portador de la cédula de ciudadanía N.º 1401216153. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “EXPLORACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y TECNOLOGÍA BIM PARA EL SEGUIMIENTO AUTOMATIZADO DEL AVANCE DE OBRA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de marzo de 2026



F: .....

Rubén Darío Vázquez Brito

1401216153