Revista de Estudios Generales (REG).
ISSN: 3073-1259Vol.5 (N°.4). Octubre - Diciembre 2026
DOI: 10.70577/reg.v5i4.1194

Implementación de la metodología BIM: caso de estudio "IPC Refinería de Sal" en Santa Elena

Implementation of the BIM methodology: case study "IPC Salt Refinery" in Santa Elena

Kerly Pamela Navas Solórzano
Universidad Bolivariana del Ecuador
kpnavass@ube.edu.ec
https://orcid.org/0009-0009-6494-1444
Santa Elena – Ecuador

Bryan Patricio Robles Tipan
Universidad Bolivariana del Ecuador
bproblest@ube.edu.ec
https://orcid.org/0009-0009-6224-0927
Quito – Ecuador

Edmundo Javier Murillo Viteri
Universidad Bolivariana del Ecuador /Universidad Laica Vicente Rocafuerte
ejmurillov@ube.edu.ec / emurillovi@ulvr.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-0474-590X
Guayas - Ecuador

Wellington Isaac Maliza Cruz
Universidad Bolivariana del Ecuador
wimalizac@ube.edu.ec
https://orcid.org/0009-0005-1426-583X
Guayas – Ecuador

Formato de citación APA
Navas, K. Robles, B. Murillo, E. & Maliza, W. (2026). Implementación de la metodología BIM: caso de estudio "IPC refinería de sal" en Santa Elena. Revista REG, Vol. 5 (N°. 4), p. 2981 – 3009.

NEXO CIENTIFICO
Vol. 5 (N°. 4). Octubre – diciembre 2026.
ISSN: 3073-1259
Fecha de recepción: 25 -10-2026
Fecha de aceptación :01-11-2026
Fecha de publicación:31-12-2026

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

RESUMEN

La metodología Building Information Modeling (BIM) ofrece herramientas para mejorar la coordinación interdisciplinaria y la gestión de información en proyectos industriales; sin embargo, su incorporación durante la ejecución puede presentar desafíos de adaptación y seguimiento. El objetivo de esta investigación fue analizar la implementación de BIM en el proyecto IPC Refinería de Sal, en Santa Elena, Ecuador, considerando la percepción del personal, los retrabajos reportados y la gestión de interferencias. Se desarrolló un estudio aplicado, cuantitativo, no experimental, transversal y descriptivo. La información se obtuvo mediante una encuesta estructurada de nueve preguntas aplicada a 25 profesionales y técnicos, además de la revisión documental de 30 reportes de incidencias en formato BCF 2.0, registrados entre enero y abril de 2026, cuando la obra alcanzaba aproximadamente el 80 % de avance. Se examinaron seis casos seleccionados por su recurrencia y relevancia, verificando en campo las correcciones técnicas con participación de fiscalización. El 64 % de los encuestados consideró moderada la contribución de BIM a la reducción de errores y retrabajos, mientras que el 36 % la calificó como alta. La reubicación de tuberías fue la situación más señalada en la encuesta (36 %), seguida de la corrección por planos desactualizados (24 %). Además, el 60 % calificó el aprendizaje como fácil o muy fácil y el 28 % consideró insuficiente la capacitación recibida. Los 30 reportes BCF constaron como cerrados y la inspección física constató las correcciones asociadas a las soluciones registradas. Se concluye que BIM y BCF apoyaron la documentación, coordinación y trazabilidad de incidencias; no obstante, al no cuantificarse costos, horas de trabajo ni retrabajos evitados, no es posible atribuir ahorros económicos ni establecer causalidad. Se recomienda incorporar BIM desde etapas tempranas y fortalecer la capacitación continua.

PALABRAS CLAVE: metodología BIM, coordinación interdisciplinaria, reportes BCF, interferencias, proyectos industriales, gestión de información.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) methodology provides tools to improve interdisciplinary coordination and information management in industrial projects; however, its adoption during execution can introduce operational adaptation and monitoring challenges. The objective of this research was to analyze BIM implementation in the IPC Salt Refinery project in Santa Elena, Ecuador, examining technical staff perception, reported rework, and spatial interference management. An applied, quantitative, non-experimental, cross-sectional, and descriptive study was conducted. Information was gathered through a structured nine-question survey administered to 25 professionals and technicians, complemented by a documentary review of 30 incident reports in BCF 2.0 format registered between January and April 2026, when the facility was at approximately 80% physical completion. Six cases were selected and examined based on their recurrence and relevance, verifying technical corrections on site with the participation of construction supervision. Overall, 64% of respondents rated BIM's contribution to reducing errors and rework as moderate, whereas 36% rated it as high. Piping relocation was the most frequent rework issue identified in the survey (36%), followed by rectifications resulting from outdated 2D drawings (24%). Furthermore, 60% rated the learning curve as easy or very easy, while 28% considered the training received insufficient. All 30 BCF reports were marked as closed, and physical inspection confirmed the execution of the recorded corrective actions. The study concludes that BIM and BCF supported technical documentation, coordination, and incident traceability; nevertheless, since direct costs, labor hours, and avoided rework were not quantitatively measured, economic savings or direct causality cannot be established. Early BIM integration during design stages and continuous professional training are recommended.

KEYWORDS: Building Information Modeling (BIM), interdisciplinary coordination, BCF reports, clashes, industrial projects, information management.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción a nivel global desempeña un papel determinante en el desarrollo económico y la infraestructura de las naciones, pero históricamente se caracteriza por presentar bajos niveles de productividad, alta fragmentación interdisciplinaria y una constante propensión a experimentar desviaciones en plazos y presupuestos (Sacks & Eastman, 2018). Los enfoques tradicionales de planificación y gestión de proyectos, fuertemente dependientes de flujos de información bidimensionales en formato impreso o CAD discontinuo, han demostrado ser insuficientes para responder a la creciente complejidad técnica de las obras contemporáneas (Al-Ashmori & Othman, 2020).

En infraestructuras industriales de elevada complejidad como plantas de procesamiento químico, refinerías y complejos de transformación, conviven especialidades diversas que abarcan ingeniería civil, estructuras de acero, tuberías de proceso y redes electromecánicas. Esta convergencia espacial eleva considerablemente la probabilidad de que surjan interferencias físicas e incompatibilidades durante el montaje en campo. Cuando la dirección de obra se apoya en documentación bidimensional plana (2D) o en archivos CAD desarticulados, se limita la apreciación volumétrica del conjunto, se facilita la transmisión de planos obsoletos y se posterga la atención de las fallas hasta el momento mismo del ensamblaje.

En este escenario, la transición hacia la digitalización ha impulsado la adopción de la metodología Building Information Modeling (BIM), concebida no solo como un software de modelado tridimensional, sino como un paradigma socio-técnico de trabajo colaborativo que integra geometría, parámetros técnicos y datos del ciclo de vida en un entorno virtual centralizado (Sriyolja & Harwin, 2021; Gómez-Valdés & Acevedo, 2023). Este enfoque promueve una visión holística de la gestión de activos construidos, facilitando la toma de decisiones informadas desde las fases tempranas de concepción hasta la operación y mantenimiento de la infraestructura (Ang Yang & Mingzhe Han, 2021).

La literatura científica reciente ha documentado que la aplicación sistemática de BIM contribuye significativamente a la optimización de los flujos de trabajo, la reducción de reprocesos y la detección temprana de interferencias entre especialidades (Rodríguez & Zambrano, 2025; Muñoz & Llamo, 2023; Ping Wu & Ruoyu Jin, 2021). En particular, investigaciones aplicadas a la infraestructura industrial y civil demuestran que la integración de modelos tridimensionales con niveles de desarrollo elevados (LOD 300 y LOD 400) permite validar la constructabilidad del diseño antes de su montaje en sitio (Luzuriaga & Perugachi, 2025; Doumbouya & Guan, 2017) y Niveles de Información (LOI) posibilita enriquecer los modelos paramétricos con especificaciones de fabricación y detalles de montaje físico,

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

elevando la certidumbre constructiva en obra y minimizando las solicitudes de información (RFI) extemporáneas (Alshibani & Aldossary, 2024; Ma & Chan, 2020). Asimismo, la estructuración de un Entorno Común de Datos (CDE) bajo repositorios en la nube permite canalizar la información técnica a través de estados de desarrollo claramente definidos, garantizando una única fuente de verdad y reduciendo drásticamente la asimetría informativa entre proyectistas, fiscalizadores y constructores (Olivares, 2025).

En el contexto latinoamericano, diversos gobiernos y organismos de desarrollo han impulsado hojas de ruta y estrategias para incorporar BIM en las contrataciones de infraestructura con el fin de transparentar la gestión, optimizar la inversión pública y reducir sobrecostos operacionales (Carreño & Llempén, 2023). Sin embargo, en el escenario nacional de Ecuador, el proceso de adopción de la metodología BIM avanza de forma heterogénea y enfrenta importantes barreras institucionales, regulatorias y tecnológicas. La limitada inversión pública en innovación digital, la ausencia de un mandato estatal unificado y la escasez de programas formales de capacitación continua han ralentizado la madurez tecnológica de las empresas locales (Moyón & Samaniego, 2023). Como consecuencia de este panorama, es habitual que las organizaciones del sector privado y los contratistas adopten herramientas de modelado tridimensional de forma extemporánea o tardía, es decir, cuando la fase de ejecución física en sitio ya ha dado inicio (Sánchez-Macias & Caballero, 2025; Carreño & Llempén, 2023).

Esta incorporación tardía de la metodología BIM durante la etapa constructiva genera dinámicas operativas complejas, caracterizadas por la coexistencia de la urgencia de los cronogramas de campo con la curva de aprendizaje del equipo técnico y la actualización progresiva de los modelos digitales (Bustamante & Ochoa, 2022). En el ámbito de la ingeniería industrial, donde los proyectos comprenden edificaciones de gran luz, cimentaciones especiales y una elevada densidad de instalaciones electromecánicas, la falta de coordinación tridimensional previa se traduce en un alto volumen de interferencias espaciales e incompatibilidades de diseño entre especialidades (Doumbouya & Guan, 2017; Rodríguez & Zambrano, 2025).

Con los esquemas de trabajo tradicionales, los desacoples del diseño suelen descubrirse durante el armado físico en el frente de obra, desencadenando reprocesos no programados como el reencauzamiento de líneas de tubería, la adaptación de soportes metálicos, la modificación de trayectorias eléctricas y el ajuste de piezas prefabricadas. Estas correcciones improvisadas comprometen el rendimiento operativo y distorsionan la planificación general del proyecto. Bajo esta

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

problemática contextual se analiza el caso práctico del proyecto industrial IPC Refinería de Sal, localizado en la provincia de Santa Elena, Ecuador.

Durante la ejecución de esta obra, la adopción de la metodología BIM se produjo de manera tardía y reactiva, es decir, cuando los trabajos de construcción física en sitio ya se encontraban en plena marcha. Esta incorporación extemporánea generó una severa fricción operativa entre los requerimientos del modelado virtual y las presiones cronológicas del montaje en campo, exponiendo a la comunidad técnica a una acelerada curva de aprendizaje y a la necesidad de conciliar modelos paramétricos en desarrollo con estructuras civiles y electromecánicas ya construidas (Luzuriaga & Perugachi, 2025). Con base en la problemática descrita, la investigación plantea la siguiente interrogante central: ¿De qué manera la implementación de la metodología BIM durante la fase de ejecución constructiva, gestionada a través de un Entorno Común de Datos y la resolución de fichas BCF, influyó en la coordinación interdisciplinaria, la reducción de errores y retrabajos en el proyecto IPC Refinería de Sal, en Santa Elena, Ecuador? El estudio se justifica teóricamente al aportar evidencia empírica cuantitativa sobre los efectos de la adopción tardía de BIM en proyectos de infraestructura industrial en América Latina, enriqueciendo la literatura especializada (Sacks & Eastman, 2018; Carreño & Llempén, 2023).

En consecuencia con lo expuesto, la presente investigación establece como objetivo general evaluar empíricamente el proceso de implementación de la metodología BIM durante la fase de ejecución constructiva en el proyecto industrial IPC Refinería de Sal, ubicado en Santa Elena, Ecuador, analizando la percepción del equipo profesional técnico y operativo, la tipología de retrabajos en campo y la contribución del modelado colaborativo a la mitigación de errores operativos (Al-Ashmori & Othman, 2020).

Para dar cumplimiento a este propósito central, se definen tres objetivos específicos: en primer lugar, caracterizar la percepción del personal profesional y técnico respecto al nivel de capacitación recibido, las barreras de adaptación y el valor atribuido a la metodología BIM; en segundo lugar, identificar y cuantificar la frecuencia y tipología de las principales actividades de retrabajo surgidas durante la construcción física de la planta industrial; y, en tercer lugar, determinar el impacto del Entorno Común de Datos (CDE) y del control de incidencias en la optimización de la información técnica y la reducción de fallas operativas en sitio. Desde la perspectiva práctica, los hallazgos proporcionan a las empresas constructoras y gerencias de proyectos un diagnóstico real sobre los cuellos de botella operativos y las necesidades de capacitación en obras de ingeniería de procesos (Moyón & Samaniego, 2023; Rodríguez & Zambrano, 2025). Metodológicamente, la investigación

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

ofrece un esquema replicable de triangulación entre datos perceptuales obtenidos mediante encuestas censales y la auditoría técnica de fichas BCF en entornos de coordinación virtual (Ma & Chan, 2020; Doumbouya & Guan, 2017).

MÉTODOS MATERIALES

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y con un diseño no experimental, de corte transversal y alcance descriptivo. El enfoque fue cuantitativo al fundamentarse en la recolección, tabulación, medición objetiva y procesamiento estadístico descriptivo de datos empíricos provenientes del control técnico de obra y de la percepción técnica del personal profesional y operativo involucrado (Sacks & Eastman, 2018; Gómez-Valdés & Acevedo, 2023). Se clasificó como una investigación aplicada debido a que estuvo orientada a resolver problemas operativos reales de coordinación interdisciplinaria, retrabajos físicos y gestión de información técnica en un entorno industrial en plena ejecución.

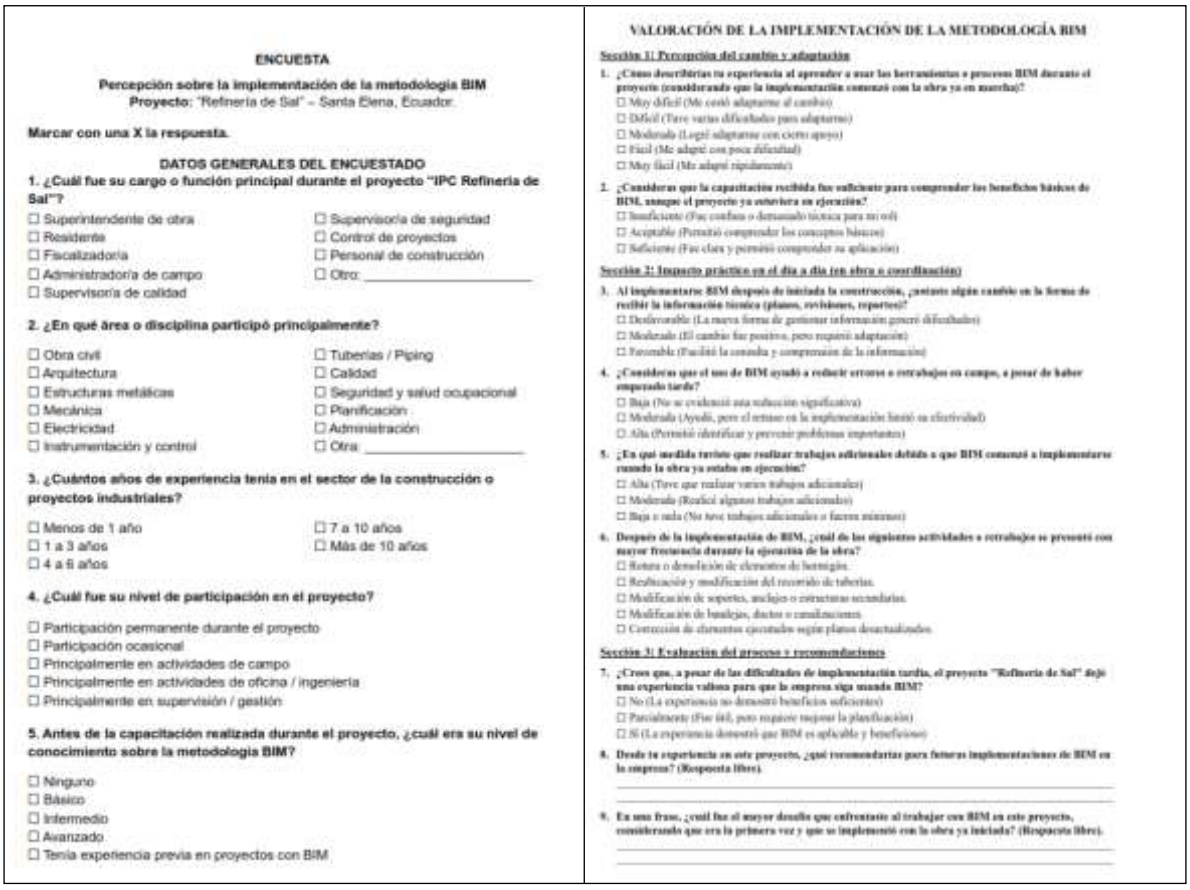
El diseño fue no experimental y de corte transversal puesto que las variables operativas y el desempeño del equipo técnico se observaron en su entorno natural de trabajo durante la fase de ejecución constructiva de la obra, sin manipulación deliberada de las variables ni intervención en las condiciones contractuales por parte de los investigadores. El alcance descriptivo permitió caracterizar la frecuencia y tipología de las incidencias físicas en sitio, así como analizar las relaciones de causa-efecto entre el inicio extemporáneo de la metodología BIM, la suficiencia de la capacitación impartida y la eficiencia en la mitigación de errores en campo (Ang Yang & Mingzhe Han, 2021; Rodríguez & Zambrano Quiroz, 2025). La investigación se delimitó geográficamente y técnicamente en el proyecto de infraestructura industrial denominado “IPC Refinería de Sal”, localizado en la Provincia de Santa Elena, Ecuador. La obra, ejecutada bajo la modalidad contractual de Ingeniería, Procura y Construcción (IPC), comprendió áreas de procesamiento industrial, almacenamiento, molienda e instalaciones electromecánicas de alta densidad. El estudio se llevó a cabo durante la fase de ejecución física de la obra, período en el cual se integró la metodología BIM para coordinar de manera continua los modelos de arquitectura, obras civiles, estructuras metálicas, racks con el trazado de tuberías de proceso y montaje de equipos mecánicos. La unidad de análisis estuvo constituida por las actividades de coordinación técnica interdisciplinaria, la gestión documental en el entorno digital y las incidencias de retrabajo registradas durante la construcción (Al-Ashmori & Othman, 2020; Doumbouya & Guan, 2017). Para la captación de datos primarios se aplicó un cuestionario a 25 profesionales y técnicos vinculados directamente con la gestión, supervisión y ejecución del proyecto IPC Refinería de Sal. Los participantes desempeñaban funciones relacionadas con la coordinación técnica, la revisión de planos

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

y modelos, el control de calidad, la supervisión o la ejecución de las distintas especialidades. El número de participantes que respondió el instrumento fue de (N = 25).

Esta muestra incluyó a gerentes de proyecto, superintendentes de obra, residentes de construcción, fiscalizadores, administradores de campo, supervisores de calidad, supervisores de seguridad y salud industrial, responsables de control de proyectos y jefes de área de las especialidades de obras civiles, estructuras metálicas, arquitectura, montaje electromecánico y tuberías de proceso. Los criterios de inclusión abarcaron: (a) estar asignado activamente a la ejecución o supervisión técnica del proyecto “IPC Refinería de Sal”; (b) poseer responsabilidad directa en la revisión, aprobación o ejecución de planos y modelos digitales; y (c) haber participado en el flujo de trabajo colaborativo o en el seguimiento de interferencias durante la implementación de la metodología. Se aplicaron como criterios de exclusión al personal de soporte administrativo externo o no vinculado directamente a las operaciones de ingeniería y construcción del proyecto (Carreño & Llempén, 2023; Paredes & Castro, 2026).

Figura 1 *Modelo de Encuesta*



ENCUESTA

Percepción sobre la implementación de la metodología BIM
Proyecto: "Refinería de Sal" – Santa Elena, Ecuador.

Marcar con una X la respuesta.

DATOS GENERALES DEL ENCUESTADO

1. ¿Cuál fue su cargo o función principal durante el proyecto "IPC Refinería de Sal"?
☐ Superintendente de obra ☐ Supervisor/a de seguridad
☐ Residente ☐ Control de proyectos
☐ Fiscalizador/a ☐ Personal de construcción
☐ Administrador/a de campo ☐ Otro: _____
☐ Supervisor/a de calidad

2. ¿En qué área o disciplina participó principalmente?
☐ Obra civil ☐ Tuberías / Piping
☐ Arquitectura ☐ Calidad
☐ Estructuras metálicas ☐ Seguridad y salud ocupacional
☐ Mecánica ☐ Planificación
☐ Electricidad ☐ Administración
☐ Instrumentación y control ☐ Otra: _____

3. ¿Cuántos años de experiencia tenía en el sector de la construcción o proyectos industriales?
☐ Menos de 1 año ☐ 7 a 10 años
☐ 1 a 3 años ☐ Más de 10 años
☐ 4 a 6 años

4. ¿Cuál fue su nivel de participación en el proyecto?
☐ Participación permanente durante el proyecto
☐ Participación ocasional
☐ Principalmente en actividades de campo
☐ Principalmente en actividades de oficina / ingeniería
☐ Principalmente en supervisión / gestión

5. Antes de la capacitación realizada durante el proyecto, ¿cuál era su nivel de conocimiento sobre la metodología BIM?
☐ Ninguno
☐ Básico
☐ Intermedio
☐ Avanzado
☐ Tenía experiencia previa en proyectos con BIM

VALORACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM

Sección 1: Percepción del cambio y adaptación

1. ¿Cómo describirías tu experiencia al aprender a usar las herramientas o procesos BIM durante el proyecto (considerando que la implementación comenzó con la obra ya en marcha)?
☐ Muy difícil (Me costó adaptarme al cambio)
☐ Difícil (Tuve varias dificultades para adaptarme)
☐ Moderada (Logré adaptarme con cierto apoyo)
☐ Fácil (Me adapté con poca dificultad)
☐ Muy fácil (Me adapté rápidamente)

2. ¿Consideras que la capacitación recibida fue suficiente para comprender los beneficios básicos de BIM, aunque el proyecto ya estuviera en ejecución?
☐ Insuficiente (Fue confusa o demasiado técnica para mi rol)
☐ Aceptable (Permitió comprender los conceptos básicos)
☐ Suficiente (Fue clara y permitió comprender su aplicación)

Sección 2: Impacto práctico en el día a día (en obra o coordinación)

3. Al implementarse BIM después de iniciada la construcción, ¿notaste algún cambio en la forma de recibir la información técnica (planos, revisiones, reportes)?
☐ Desfavorable (La nueva forma de gestionar información generó dificultades)
☐ Moderado (El cambio fue positivo, pero requirió adaptación)
☐ Favorable (Facilitó la consulta y comprensión de la información)

4. ¿Consideras que el uso de BIM ayudó a reducir errores o retrabajos en campo, a pesar de haber empezado tarde?
☐ Baja (No se evidenció una reducción significativa)
☐ Moderada (Ayudó, pero el retraso en la implementación limitó su efectividad)
☐ Alta (Permitió identificar y prevenir problemas importantes)

5. ¿En qué medida tuviste que realizar trabajos adicionales debido a que BIM comenzó a implementarse cuando la obra ya estaba en ejecución?
☐ Alta (Tuve que realizar varios trabajos adicionales)
☐ Moderada (Realicé algunos trabajos adicionales)
☐ Baja o nula (No tuve trabajos adicionales o fueron mínimos)

6. Después de la implementación de BIM, ¿cuál de las siguientes actividades o retrabajos se presentó con mayor frecuencia durante la ejecución de la obra?
☐ Rotura o demolición de elementos de hormigón
☐ Realización y modificación del recorrido de tuberías
☐ Modificación de soportes, anclajes o estructuras secundarias
☐ Modificación de bandejas, ductos o canalizaciones
☐ Corrección de elementos ejecutados según planos desactualizados

Sección 3: Evaluación del proceso y recomendaciones

7. ¿Crees que, a pesar de las dificultades de implementación tardía, el proyecto "Refinería de Sal" dejó una experiencia valiosa para que la empresa siga usando BIM?
☐ No (La experiencia no demostró beneficios suficientes)
☐ Parcialmente (Fue útil, pero requiere mejorar la planificación)
☐ Sí (La experiencia demostró que BIM es aplicable y beneficioso)

8. Desde tu experiencia en este proyecto, ¿qué recomendarías para futuras implementaciones de BIM en la empresa? (Respuesta libre).
_____
_____

9. En una frase, ¿cuál fue el mayor desafío que enfrentaste al trabajar con BIM en este proyecto, considerando que era la primera vez y que se implementó con la obra ya iniciada? (Respuesta libre).
_____
_____

Fuente: Autores (2026)

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

El instrumento de recolección de datos consistió en un cuestionario estructurado de nueve preguntas: siete cerradas, con opciones categóricas y de selección múltiple, y dos abiertas. El cuestionario se administró de forma presencial e individual a los 25 participantes al finalizar la fase constructiva. Se procuró preservar el anonimato de los encuestados y la confidencialidad de la información. Las respuestas cerradas se procesaron mediante frecuencias absolutas y porcentajes. Las respuestas a las preguntas abiertas se revisaron de forma descriptiva para identificar observaciones y recomendaciones recurrentes de los participantes; no se aplicó un procedimiento de análisis cualitativo formal.

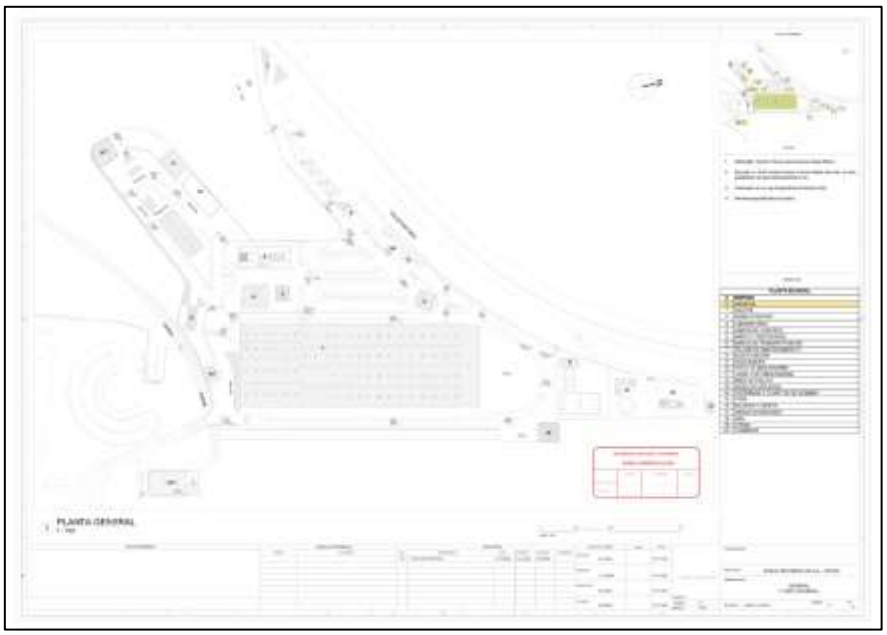
Las variables de la investigación se estructuraron operacionalmente en dos núcleos analíticos fundamentales: el proceso de adopción de la metodología BIM y el desempeño técnico-operativo en la reducción de incidencias en campo. La primera variable comprendió dimensiones como: (a) la curva de aprendizaje y el nivel de dificultad percibida en la adaptación a las herramientas digitales en una obra en marcha; y (b) la suficiencia y efectividad de la capacitación técnica impartida al personal. La segunda variable incluyó dimensiones operativas centradas en: (a) el impacto en la recepción y flujo de información técnica; (b) la efectividad de los modelos digitales en la prevención de errores en sitio; y (c) la frecuencia y tipología de retrabajos físicos recurrentes registrados durante la construcción (Rashidi & Maalim, 2022; Muñoz & Llamo, 2023).

En la obra industrial IPC Refinería de Sal, la estructuración y maduración de los modelos paramétricos no se desarrolló de manera completa con carácter previo al despliegue de los trabajos en terreno, sino que se ejecutó de forma progresiva y en simultáneo con el avance de la construcción física. Para este proceso se incrementó el personal técnico con la incorporación de coordinadores y modeladores, especializados en las diferentes áreas que involucra el proyecto. Esta dinámica de modelado diferido estuvo condicionada por el ritmo constructivo de los frentes de trabajo y por la entrega gradual de la información técnica correspondiente a las distintas especialidades de ingeniería.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Revista de Estudios Generales (REG).
ISSN: 3073-1259Vol.5 (N°.4). Octubre - Diciembre 2026
DOI: 10.70577/reg.v5i4.1194

Figura 2 *Plano 2D de proyecto Refinería de Sal*



Fuente: Autores (2026)

De este modo, se incorporaron paulatinamente los componentes de obras civiles, arquitectura, estructuras metálicas, trazados de tuberías de proceso y redes electromecánicas, con el propósito de representar sus propiedades geométricas y auditar la compatibilidad espacial de los elementos proyectados (Sacks & Eastman, 2018; Bustamante & Ochoa, 2022). Como resultado de este proceso continuo de asimilación, la maqueta digital se fue consolidando conforme se disponía de nueva documentación técnica y surgían necesidades operativas de coordinación en sitio, estableciendo un vínculo directo entre el diseño tridimensional y las condiciones reales de la obra (Luzuriaga & Perugachi, 2025; Sánchez-Macias & Caballero, 2025).

La articulación de las diferentes disciplinas de diseño se gestionó mediante la integración progresiva de los modelos específicos en una plataforma digital colaborativa compartida. Para viabilizar este intercambio dinámico de datos, los archivos paramétricos de cada área se exportaron bajo el estándar interoperable IFC y se auditaron mediante las aplicaciones Trimble Connect y Revizto, orientando la revisión a la detección de interferencias físicas y restricciones funcionales entre los componentes proyectados (Doumbouya & Guan, 2017; Olivares, 2025). Las discrepancias e incompatibilidades identificadas se sistematizaron en reportes de formato BCF (BIM Collaboration Format), en los cuales se registró de manera estructurada la descripción del conflicto, las propuestas de solución y el seguimiento de los acuerdos técnicos asumidos (Rodríguez & Zambrano Quiroz, 2025).

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Revista de Estudios Generales (REG).
ISSN: 3073-1259Vol.5 (N°.4). Octubre - Diciembre 2026
DOI: 10.70577/reg.v5i4.1194

Figura 3 *Modelado de proyecto visualizado en Trimble Connect*



Fuente: Propia a partir del modelado ejecutado por el Equipo BIM (2026)

Este procedimiento hizo posible reajustar las alternativas de ingeniería en consonancia con la evolución del montaje en sitio, facilitando además la verificación presencial de las soluciones adoptadas con la participación activa del equipo de fiscalización. De esta forma, el modelado BIM funcionó como un proceso iterativo de actualización y concertación técnica a lo largo de la etapa constructiva, trascendiendo el concepto tradicional de una actividad restringida a la fase previa de montaje (Sriyolja & Harwin, 2021; Al-Ashmori & Othman, 2020).

Figura 4 *Proyecto IPC Refinería de Sal – Edificio Administrativo*



Fuente: Autores (2026)

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

La administración documental, la transferencia de modelos paramétricos y la revisión colaborativa se canalizaron mediante herramientas informáticas como Autodesk Docs, Trimble Connect y Revizto, seleccionadas conforme a los requerimientos de cada fase operativa. Dichos entornos digitales no actuaron de forma idéntica ni paralela, sino que se distribuyeron según sus prestaciones específicas para el modelado, la custodia de datos, la inspección tridimensional y el control de discrepancias. Con esta estructura se procuró resguardar el historial de versiones, los cambios técnicos y los acuerdos adoptados durante el avance de los trabajos (Sacks & Eastman, 2018; Bustamante & Ochoa, 2022).

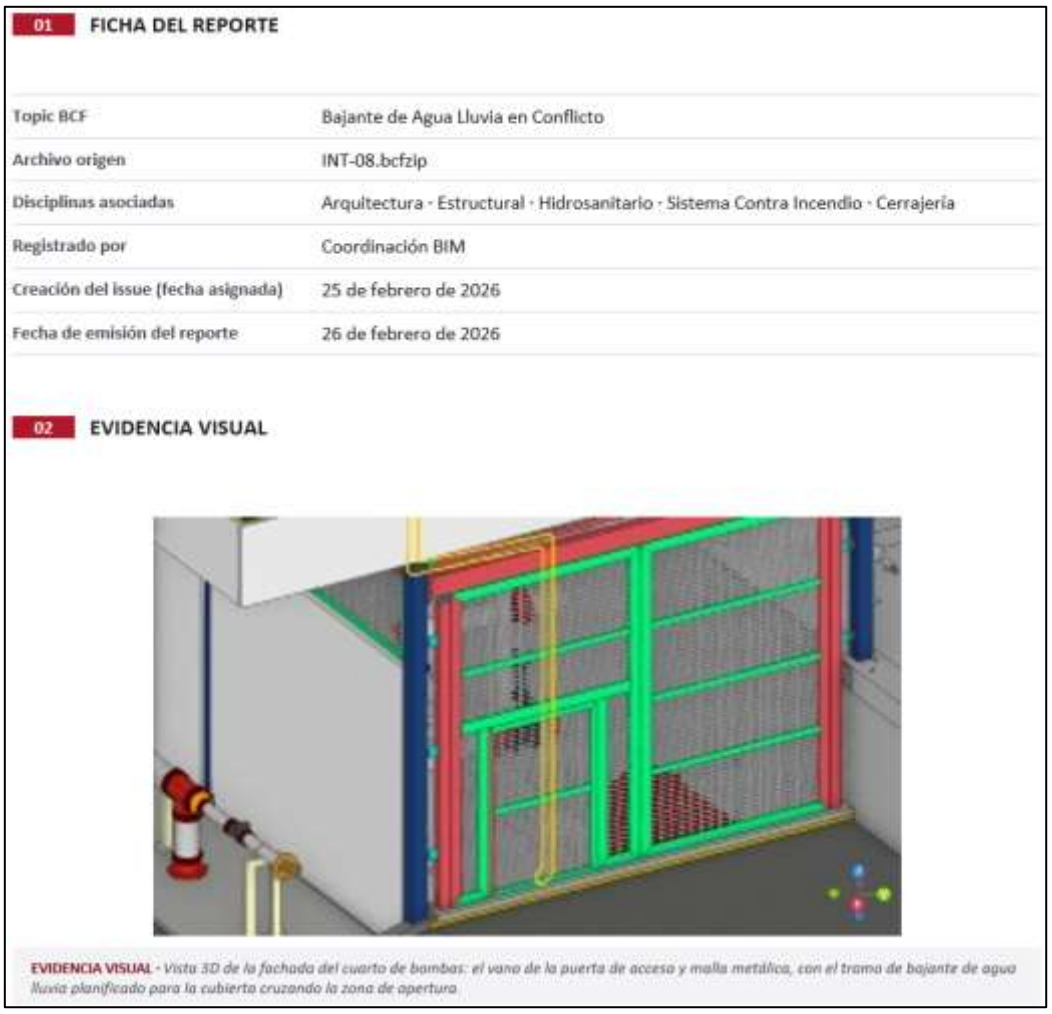
A fin de viabilizar la integración entre especialidades, las maquetas digitales de cada disciplina se convirtieron al estándar neutro IFC y se consolidaron en un modelo federado mediante Trimble Connect y Revizto. Durante las reuniones periódicas de Ingeniería Concurrente (ICE), los especialistas efectuaron inspecciones visuales e itinerarios automáticos de detección de colisiones geométricas. Las colisiones halladas se catalogaron por su grado de severidad (alta, media o baja) y dieron origen a un reporte individualizado en formato BCF (BIM Collaboration Format), donde se consignaron encargados, medidas de solución, fechas límite y el seguimiento de su estado hasta la aprobación e incorporación final en el modelo unificado (Doumbouya & Guan, 2017; Rodríguez & Zambrano, 2025).

Como parte de la revisión documental se examinó un conjunto de 30 reportes de incidencias en formato BCF 2.0, generados entre el 3 de enero y el 28 de abril de 2026, durante un período en el que la obra presentaba aproximadamente un 80 % de avance físico. De este conjunto se seleccionaron seis casos (INT-08, INT-15, INT-21, INT-23, INT-28 e INT-30) por corresponder a problemáticas predominantes y recurrentes identificadas a lo largo del proyecto. La selección buscó mostrar situaciones que involucraban distintas especialidades y tipos de incompatibilidad. Estos casos se analizaron con mayor detalle de forma descriptiva y no se consideran una muestra estadísticamente representativa de las 30 incidencias.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Revista de Estudios Generales (REG).
ISSN: 3073-1259Vol.5 (N°.4). Octubre - Diciembre 2026
DOI: 10.70577/reg.v5i4.1194

Figura 5 *Reporte de interferencia INT-08*



01 FICHA DEL REPORTE

Topic BCF	Bajante de Agua Lluvia en Conflicto
Archivo origen	INT-08.bcfzip
Disciplinas asociadas	Arquitectura · Estructural · Hidrosanitario · Sistema Contra Incendio · Cerrajería
Registrado por	Coordinación BIM
Creación del issue (fecha asignada)	25 de febrero de 2026
Fecha de emisión del reporte	26 de febrero de 2026

02 EVIDENCIA VISUAL

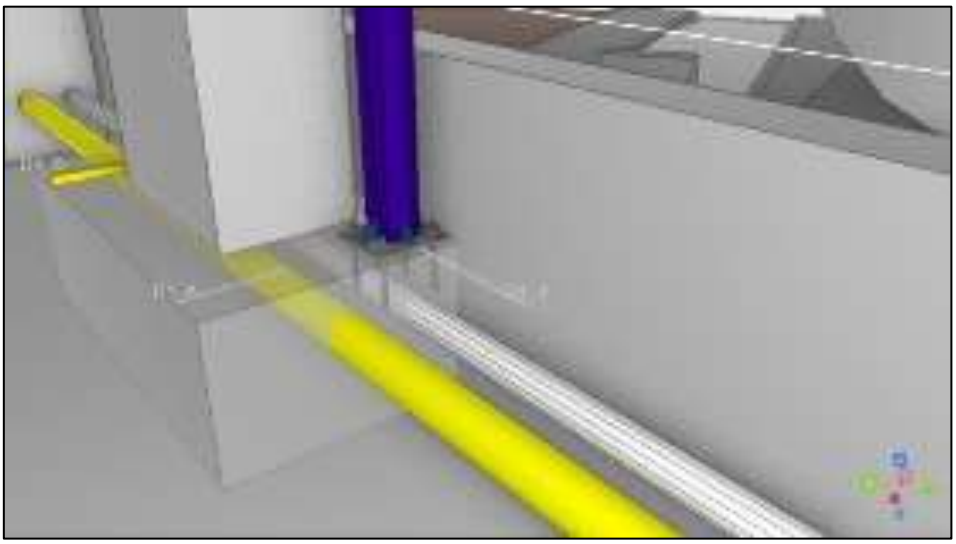
Fuente: *Propia a partir de los reportes de interferencias BCF (2026)*

Los reportes documentales examinados como ejemplos de incidencias interdisciplinarias más representativas incluyeron: INT-08, correspondiente al conflicto entre una bajante de agua lluvia y el vano requerido para una puerta de apertura completa en el cuarto de bombas; INT-15, relacionado con la verificación topográfica de la cota de una fosa API y la propuesta de unificar su descarga mediante una caja de paso existente; INT-21, relativo a la ubicación de bajantes de agua lluvia, la suficiencia del área tributaria y su integración arquitectónica; INT-23, referido a la incompatibilidad entre la trayectoria horizontal de tuberías de refrigerante HVAC y la cota del cielo falso; INT-28, que reunió la necesidad de proteger un transformador y dos tableros eléctricos y de liberar el área de maniobra de montacargas mediante la revisión de una mampostería; e INT-30, en el que los pernos de anclaje de una cubierta interferían con la tubería de rebose de diésel hacia el cubeto de contención.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Estos casos permitieron considerar interferencias de naturaleza arquitectónica, hidrosanitaria, civil, HVAC, eléctrica, estructural y de procesos, sin asumir que todas respondían al mismo mecanismo de conflicto.

Figura 6 *Vista 3D del anclaje de la cubierta del dispensador de diésel, del reporte INT-30*



Fuente: *Propia a partir de los reportes de interferencias BCF (2026)*

Las respuestas cerradas del cuestionario se tabularon mediante estadística descriptiva univariada, calculando frecuencias absolutas (n) y porcentajes (%) para cada pregunta. De forma independiente, se revisaron los 30 reportes BCF para identificar la descripción de la interferencia, las disciplinas involucradas y la solución propuesta. Posteriormente, las incidencias se verificaron físicamente con participación del equipo de fiscalización y se contrastó lo observado en campo con las soluciones planteadas en los informes, a fin de comprobar la corrección de las interferencias documentadas. La revisión documental y la verificación en campo se utilizaron como fuentes complementarias a las percepciones recogidas en la encuesta.

La investigación respetó los principios de confidencialidad y propiedad intelectual de la información técnica del proyecto, garantizando que el uso de los datos del Plan de Ejecución BIM, matrices de riesgos y cronogramas se limitara estrictamente a fines científicos y académicos.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Revista de Estudios Generales (REG).
ISSN: 3073-1259Vol.5 (N°.4). Octubre - Diciembre 2026
DOI: 10.70577/reg.v5i4.1194

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El procesamiento estadístico de los datos tabulados provenientes de la encuesta aplicada al personal técnico y profesional (N = 25) del proyecto IPC Refinería de Sal proporciona una visión cuantitativa y cualitativa integral sobre los efectos, barreras y logros de la implementación de la metodología BIM en plena fase de ejecución constructiva.

Facilidad de Aprendizaje y Evaluación de la Capacitación Técnica

Uno de los aspectos críticos evaluados fue la adaptación del equipo técnico a las herramientas de modelado y coordinación digital en un contexto donde las actividades de campo ya se encontraban en marcha. Como se observa en la Tabla 1, el 60.0% (n = 15) de los encuestados calificó el proceso de aprendizaje como accesible, distribuyéndose entre un 32.0% (n = 8) que lo consideró fácil y un 28.0% (n = 7) como muy fácil. Por el contrario, un 32.0% (n = 8) reportó barreras de aprendizaje significativas, categorizándolo como difícil (20.0%, n = 5) o muy difícil (12.0%, n = 3), mientras que un 8.0% (n = 2) lo percibió de nivel moderado. Esta distribución en la curva de aprendizaje se encuentra directamente vinculada con la valoración del programa de capacitación impartido. Únicamente el 20.0% (n = 5) de los profesionales consideró que la formación técnica brindada fue suficiente para cubrir las exigencias del proyecto. El 52.0% (n = 13) la valoró como aceptable, evidenciando que sirvió como un paliativo operativo, pero con vacíos técnicos y un 28.0% (n = 7) la calificó directamente como insuficiente. Estos datos demuestran de manera contundente que la capacitación improvisada o impartida sobre la marcha de la obra genera tensiones en una tercera parte del personal, entorpeciendo el aprovechamiento óptimo de las plataformas digitales.

Tabla 1. Evaluación de la curva de aprendizaje y suficiencia de la capacitación técnica (N = 25)

Dimensión Evaluada	Categoría de Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Facilidad de aprendizaje con obra en marcha	Fácil	8	32.0%
	Muy fácil	7	28.0%
	Difícil	5	20.0%
	Muy difícil	3	12.0%
	Moderado	2	08.0%
Suficiencia de la capacitación recibida	Aceptable	13	52.0%
	Insuficiente	7	28.0%
	Suficiente	5	20.0%

Fuente: Elaboración propia basada en Datos Tabulados del Proyecto (2026).

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Desafíos Principales en la Implementación de BIM

Al indagar sobre el principal obstáculo individual experimentado durante la transición metodológica (Tabla 2), los resultados confirmaron que las barreras culturales y de proceso superan holgadamente a las dificultades estrictamente tecnológicas. El 64.0% (n = 16) de los participantes identificó a la adaptación a la metodología BIM como el mayor desafío personal y profesional. En contraste, la coordinación de la información del modelo representó el reto principal para el 24.0% (n = 6), y únicamente el 12.0% (n = 3) señaló al manejo del software como su barrera dominante.

Este hallazgo demuestra que el equipo técnico no encuentra una limitante insuperable en la operación del software (Revit, Tekla o Trimble Connect), sino en la necesidad de modificar sus hábitos de trabajo tradicionales. La transición desde un esquema individualista e informal basado en planos 2D hacia un flujo colaborativo centralizado exige una rigurosidad procedimental que genera fricción cuando no se ha consolidado una gestión del cambio previa en la organización.

Tabla 2. Principales desafíos identificados en la implementación de BIM (N = 25)

Categoría de Desafío	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Impacto Operativo Principal
Adaptación a la metodología BIM	16	64.0%	Resistencia al cambio y ajuste de flujos de trabajo
Coordinación de la información del modelo	6	24.0%	Sincronización interdisciplinaria e interferencias
Otros: Manejo de herramientas / software	3	12.0%	Curva de comando técnico en plataformas paramétricas

Fuente: *Elaboración propia basada en Datos Tabulados del Proyecto (2026).*

Percepción del Impacto Operativo y Mitigación de Errores

A pesar de los retos de aprendizaje y adaptación, el impacto operativo derivado de la centralización de la información en el Entorno Común de Datos (CDE) y del modelado tridimensional fue altamente positivo (Tabla 3). En lo relativo a la recepción de información técnica (planos, detalles constructivos, reportes), el 56.0% (n = 14) percibió un cambio favorable y el 40.0% (n = 10) un cambio moderado, sumando un 96.0% de aprobación sobre la claridad y accesibilidad de la documentación digital frente a los métodos convencionales. Solo un 4.0% (n = 1) reportó una experiencia desfavorable.

En términos de la efectividad para mitigar fallas en la obra, la totalidad de los profesionales encuestados (100%) afirmó que el modelo BIM contribuyó a reducir errores en campo. Específicamente, el 64.0% (n = 16) valoró esta contribución como moderada y el 36.0% (n = 9) como alta, sin registrarse ninguna mención en las categorías nula o baja. Respecto a la sobrecarga de trabajo inducida por el inicio tardío de BIM, el 48.0% (n = 12) la consideró de nivel moderado, el 44.0% (n = 11)

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

de nivel bajo y solo un 8.0% (n = 2) reportó una afectación alta. Esto comprueba que la carga extra de modelar con la obra en marcha fue absorbida operativamente sin desbordar la capacidad de la empresa.

Tabla 3. Percepción del impacto operativo y mitigación de errores en campo (N = 25)

Variable Operativa	Nivel de Impacto / Percepción	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Cambio en recepción de información técnica	Favorable	14	56.0%
	Moderado	10	40.0%
	Sin cambio / Impreciso	1	04.0%
Contribución a reducción de errores y retrabajos	Moderada	16	64.0%
	Alta	9	36.0%
Sobrecarga por trabajos adicionales (tardío)	Moderada	12	48.0%
	Baja	11	44.0%
	Alta	2	08.0%

Fuente: *Elaboración propia basada en Datos Tabulados del Proyecto (2026).*

Análisis documental de las interferencias registradas mediante BCF

De manera complementaria a los resultados obtenidos mediante la encuesta aplicada al personal técnico y profesional, se realizó el análisis documental de los registros de coordinación BIM generados durante la ejecución del proyecto IPC Refinería de Sal. El conjunto documental estuvo constituido por 30 incidencias, registradas entre el 3 de enero y el 28 de abril de 2026. Este conjunto corresponde a los registros disponibles de una etapa en la que el proyecto presentaba aproximadamente un 80.0% de avance físico, por lo que sus resultados describen las incidencias documentadas en ese conjunto y no la totalidad de los conflictos que pudieron presentarse durante la ejecución de la obra. De acuerdo con el Informe Ejecutivo de Interferencias BIM, el lote alcanzó un estado final de cierre de 30 de 30 reportes, lo que representa el 100 % de las incidencias documentadas en dicho conjunto. La inspección de los archivos consolidados reflejó la intervención sistemática de las áreas de ingeniería civil, hidráulica, arquitectura, electricidad, estructuras y climatización en las discrepancias detectadas. Los registros abarcaron cruces entre tuberías y piezas de hormigón, invasiones a zonas de paso y mantenimiento, modificaciones en pendientes de drenaje, reajustes arquitectónicos y sobreposiciones entre pernos de fijación e instalaciones de proceso. Con el fin de ejemplificar la variedad de casos registrados, se examinaron seis eventos sintomáticos (INT-08, INT-15,

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

INT-21, INT-23, INT-28 e INT-30), constatando que los inconvenientes superaron el choque físico de elementos para abordar requerimientos de uso, seguridad y funcionalidad de la planta.

En la incidencia INT-08 se documentó el conflicto entre una bajante de agua lluvia y el vano previsto para una puerta de apertura completa en el cuarto de bombas. El requerimiento funcional de acceso para el eventual retiro de equipos condicionó la reubicación de la bajante, cuya trayectoria interfería con el área de apertura. Por su parte, la incidencia INT-15 se relacionó con la reubicación de una fosa API y la necesidad de verificar topográficamente su cota antes de definir la descarga. Como alternativa de coordinación, se planteó conectar la fosa a una caja de paso existente para disponer de una única línea de descarga hacia el cuerpo de agua, previa validación de su viabilidad técnica.

Se adaptó la geometría y el trazado oculto de las conducciones en la incidencia INT-21 sin alterar las líneas arquitectónicas de la edificación. Asimismo, la ficha INT-23 evidenció una incompatibilidad entre el tendido horizontal de líneas de refrigerante de climatización y la altura fijada para el cielo falso. Ambos eventos ponen de manifiesto que la conciliación entre disciplinas demanda analizar al mismo tiempo el desempeño de las redes, la distribución espacial y las restricciones constructivas de las obras civiles. En el reporte INT-28 se advirtió la interposición espacial provocada por la inclusión fuera de programa de un transformador y dos tableros de control de riego, los cuales obstruían la franja de circulación de los montacargas en el depósito de pallets. Frente a ello, se modificó el trazado del muro de mampostería para resguardar las instalaciones eléctricas y conservar el espacio de viraje operativo. En cuanto al evento INT-30, calificado como crítico, los pernos de fijación de las placas base de la cubierta cruzaban la conducción de rebose de diésel dirigida al foso de contención. El desplazamiento de dichos apoyos en el entorno digital previno la ruptura del ducto de hidrocarburo y neutralizó un potencial riesgo de fuga y conflagración.

Tabla 4. Caracterización de incidencias destacadas de coordinación BIM mediante reportes BCF

Código BCF	Tipo de conflicto identificado	Aspecto técnico relevante
INT-08	Bajante pluvial y puerta del cuarto de bombas	Compatibilidad entre drenaje y acceso operativo.
INT-15	Fosa API y sistema de descarga	Verificación topográfica y optimización del trazado.
INT-21	Bajantes pluviales en edificio administrativo	Área tributaria, geometría y criterios arquitectónicos.
INT-23	Tuberías HVAC y cielo falso	Compatibilidad de niveles y requerimientos funcionales.
INT-28	Equipos eléctricos y área de pallets	Protección de equipos y condiciones de maniobra.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

INT-30	Anclajes de cubierta y tubería de diésel	Prevención de daños al sistema de conducción y contención.

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes de coordinación BIM (2026).

Categorización y Tipología de Retrabajos Evitados en Obra

En las respuestas de la encuesta (Tabla 5), la categoría más frecuente de retrabajo reportado fue la reubicación de tuberías de proceso (36.0%, n = 9), seguida de la corrección por uso de planos 2D desactualizados (24.0%, n = 6), demoliciones de hormigón por pases omitidos (16.0%, n = 4), modificaciones de soportes metálicos (16.0%, n = 4) y reajustes de canalizaciones eléctricas (8.0%, n = 2). Los testimonios recogidos confirman que las alteraciones en las rutas de tuberías y los desajustes entre la documentación plana y las condiciones reales de campo constituyeron los inconvenientes más frecuentes de la construcción. Entre las respuestas adicionales figuraron las aperturas o perforaciones de elementos de hormigón por pases omitidos (16.0 %, n = 4), la reconfiguración de estructuras de soporte y anclajes (16.0 %, n = 4) y la adecuación de escalerillas eléctricas (8.0 %, n = 2). Si bien el examen de los expedientes BCF y la inspección en obra junto a la fiscalización corroboraron la subsanación física de las fallas, la investigación no contempló una cuantificación de horas, mano de obra, insumos o desembolsos para precisar el costo del reproceso o el margen económico ahorrado.

Tabla 5. Distribución de incidencias y retrabajos más frecuentes en obra (N = 25)

Tipología de Incidencia / Retrabajo en Campo	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Especialidad Afectada
Reubicación y modificación de trazado de tuberías	9	36.0%	Mecánica / Tuberías de proceso
Corrección por uso de planos 2D desactualizados	6	24.0%	Oficina Técnica / Control Documental
Rotura o demolición de hormigón (omisión de pases)	4	16.0%	Obras Civiles / Estructuras
Modificación de soportes metálicos y anclajes	4	16.0%	Estructuras Metálicas / Soportería
Reajuste de bandejas eléctricas y canalizaciones	2	08.0%	Eléctrica y Control

Fuente: Elaboración propia basada en Datos Tabulados del Proyecto (2026).

Valoración Global del Proyecto y Recomendaciones Estratégicas

Al evaluar el balance general de la experiencia corporativa, el 64.0% (n = 16) de los encuestados afirmó categóricamente que la implementación de BIM demostró ser aplicable y altamente beneficiosa para la empresa constructora, mientras que el 36.0% (n = 9) la consideró parcialmente valiosa pero

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

condicionada a una adecuada planificación previa. Cabe destacar que el 0% de la muestra consideró el proceso como sin valor.

Entre las recomendaciones formuladas para futuras obras, el 60.0% (n = 15) exigió priorizar la capacitación técnica formal antes de arrancar los trabajos en sitio. Un 24.0% (n = 6) recomendó garantizar que la ingeniería de detalle esté completamente culminada y validada en el modelo BIM antes de movilizar recursos a campo, y un 16.0% (n = 4) sugirió implementar mejoras organizativas en la estandarización de protocolos CDE.

Tabla 6. Valoración global del proyecto y recomendaciones estratégicas futuras (N = 25)

Dimensión Evaluada	Respuesta / Recomendación	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Valoración global del proyecto con BIM.	El proyecto demostró que BIM es aplicable y beneficioso	16	64.0%
	Fue parcialmente valioso, sujeto a mejor planificación	9	36.0%
	Sin valor / No aplicable	0	00.0%
Recomendación principal para futuras obras.	Impartir mayor capacitación técnica al personal	15	60.0%
	Culminar ingeniería de detalle antes de la construcción	6	24.0%
	Otras mejoras organizativas y de estandarización CDE	4	16.0%

Fuente: *Elaboración propia basada en Datos Tabulados del Proyecto (2026).*

DISCUSIÓN

Los resultados del caso IPC Refinería de Sal permiten analizar el desempeño de la coordinación BIM cuando la metodología se incorpora de forma extemporánea durante la construcción física. La encuesta reflejó una valoración favorable sobre la reducción de errores (64.0% moderada y 36.0% alta), la cual coexistió con dificultades de aprendizaje (32.0% difícil o muy difícil) y limitaciones en la formación técnica (28.0% insuficiente y 52.0% aceptable). Esto evidencia que el reconocimiento operativo de la herramienta no suplanta la necesidad de estructurar planes capacitivos formales adaptados a cada rol técnico.

Dichos hallazgos concuerdan con la literatura sobre la asimilación de BIM en el entorno latinoamericano, donde se destacan barreras asociadas al perfil profesional disponible, la reestructuración de procedimientos y la cultura organizacional en el sector de la construcción (Moyón & Samaniego, 2023; Carreño & Llempén, 2023). Dado que en la Refinería de Sal la metódica digital se introdujo con la construcción en pleno despliegue, el adiestramiento del personal y la detección de interferencias debieron ejecutarse simultáneamente con los trabajos físicos de campo. Esta

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

particularidad contextual explica el grado de dificultad percibido en la adaptación y la capacitación, de modo que sus conclusiones responden a la realidad específica analizada.

Los resultados también permiten examinar la importancia de las competencias del personal durante la incorporación de BIM en proyectos industriales. En la encuesta, el 60.0% de los participantes calificó el aprendizaje como fácil o muy fácil, mientras que el 32.0% lo consideró difícil o muy difícil. En cuanto a la capacitación recibida, el 52.0% la valoró como aceptable, el 28.0% como insuficiente y el 20.0% como suficiente. Esta distribución evidencia que la percepción favorable sobre la facilidad de aprendizaje no elimina la necesidad de fortalecer la formación técnica. La adopción de BIM implica ajustar procedimientos de trabajo, responsabilidades y mecanismos de intercambio de información, además del aprendizaje de las herramientas digitales. Esta interpretación guarda relación con las barreras organizativas y de capacidades identificadas en estudios sobre la implementación de BIM en proyectos industrializados y empresas constructoras (Ping Wu & Ruoyu Jin, 2021; Silva & Coelho, 2015; Sriyolja & Harwin, 2021). Por ello, en futuras implementaciones resulta pertinente planificar la capacitación antes del inicio de la obra y adaptarla a las funciones que desempeñan los distintos integrantes del equipo.

La bibliografía citada destaca la importancia de integrar BIM desde etapas tempranas del proyecto para apoyar la coordinación y la toma de decisiones (Sacks & Eastman, 2018; Ma & Chan, 2020). La experiencia analizada muestra que la coordinación también se utilizó durante la construcción para registrar incompatibilidades y revisar alternativas de solución. Sin embargo, por tratarse de un estudio de caso sin grupo de comparación ni medición antes-después de costos o tiempos, los datos no permiten determinar el retorno de inversión ni atribuir a BIM, de manera aislada, todos los cambios observados.

En lo relativo al esfuerzo adicional generado por el inicio extemporáneo del modelado, el 48.0% del personal estimó la sobrecarga laboral como moderada y un 8.0% como elevada. Estas cifras revelan que armonizar la información técnica mientras se edificaba demandó un trabajo intensivo de revisión para resolver los desacoples del proyecto. En tal sentido, la evidencia respalda la recomendación de programar la implantación de BIM y la preparación del equipo con anterioridad a las tareas de montaje, entendiendo que esta valoración cualitativa no representa un cómputo estricto de horas extraordinarias o desembolsos operativos.

De esta forma, la evidencia trasciende el finiquito documental de los archivos BCF, al haber constatado en el frente de trabajo la ejecución material de los ajustes acordados. Sin embargo, dicha inspección presencial no determina de forma numérica la economía de tiempo o recursos financieros

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

ni faculta para predecir la totalidad de las fallas que hubieren acaecido, de haberse prescindido del entorno digital. De manera paralela, la auditoría documental de las fichas BCF dejó constancia de colisiones entre redes e infraestructura civil, impedimentos de paso, modificaciones de drenaje y cruces entre fijaciones de cubierta y conductos de proceso.

El detalle de las fichas INT-08, INT-15, INT-21, INT-23, INT-28 e INT-30 demuestra que las inconsistencias desbordaron la simple superposición tridimensional, abordando exigencias de habitabilidad, evacuación de aguas, alturas útiles, posicionamiento de maquinaria y maniobrabilidad industrial. La verificación efectuada junto a la fiscalización posibilitó corroborar que los acuerdos tomados en la pantalla se plasmaron fielmente en la estructura física. Este procedimiento resulta valioso para la dirección de obras al vincular el historial virtual con la realidad del campo, aclarándose que la investigación no midió volúmenes de insumos, jornadas laborales ni reducciones presupuestarias específicas (Yun & Kim, 2025).

En el plano operativo, el examen de las incidencias subraya la valía de preservar la trazabilidad desde que se detecta un desacople hasta que se comprueba su resolución en el terreno. En el presente caso, tras revisar los 30 expedientes BCF y profundizar en seis situaciones altamente representativas, se validó en sitio en conjunto con la fiscalización la correcta ejecución de los arreglos previstos en la plataforma. Este procedimiento confirma la utilidad práctica del control digital al entrelazar las anotaciones virtuales con intervenciones reales en la obra, concordando con lo planteado en la literatura sobre la coordinación interdisciplinaria mediante modelos 3D (Sacks & Eastman, 2018; Doumbouya & Guan, 2017). No obstante, al haber surgido dichas fichas cuando el proyecto registraba un avance cercano al 80.0%, los datos ilustran un esquema de subsanación de fallas en etapa avanzada y no un proceso preventivo iniciado desde las primeras fases de diseño.

Respecto al flujo informativo, el 56.0% del equipo valoró como favorable la recepción de antecedentes técnicos y un 40.0% la catalogó como moderadamente superior frente al método convencional. Estos porcentajes reflejan que la consolidación documental en el Entorno Común de Datos facilitó el trabajo de los profesionales, en sintonía con las investigaciones sobre la relevancia del CDE para mitigar la dispersión de datos en obras complejas (Olivares, 2025; Rashidi & Maalim, 2022; Sriyolja & Harwin, 2021). De allí que se recomiende mantener un control estricto de revisiones y registrar formalmente las decisiones aprobadas a fin de prevenir desajustes entre la documentación de oficina y las maniobras de campo.

La adaptación a BIM también depende de las prácticas organizativas y de la disposición del equipo a modificar rutinas de coordinación. En esta investigación, el 64.0% identificó la adaptación a

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

la metodología como su principal desafío, mientras que el 24.0% señaló la coordinación de la información y el 12.0% el manejo de herramientas. Esta distribución respalda la necesidad de combinar la capacitación en software con instrucciones claras sobre responsabilidades, revisiones, comunicación y seguimiento de incidencias; no sería suficiente abordar la implementación como una cuestión exclusivamente tecnológica. Esta interpretación es consistente con estudios que identifican barreras organizativas y de implementación en proyectos industrializados (Silva & Coelho, 2015; Saad Alotaibi & Waqar, 2024).

La valoración global del proyecto fue favorable: el 64.0% de los encuestados consideró que BIM fue aplicable y beneficioso, y el 36.0% lo valoró de forma parcial, condicionándolo a una mejor planificación. Además, el 60.0% recomendó priorizar la capacitación antes de iniciar los trabajos. Estos resultados pueden compararse con estudios que examinan barreras de adopción y requisitos organizativos en empresas del sector AEC (Ayanna De Assis & Lordsleem, 2023; Sánchez-Macias & Caballero, 2025).

El importe del presente estudio radica en sistematizar la vivencia técnica de una obra industrial concreta, sin pretender extrapolar de forma automática sus porcentajes a proyectos de distinta naturaleza. Desde un enfoque operativo, la experiencia sugiere cuatro acciones prioritarias: arrancar la coordinación virtual antes de iniciar los trabajos físicos, adiestrar al personal en consonancia con sus responsabilidades de campo, resguardar la vigencia documental en el CDE y finiquitar las fichas de interferencia únicamente tras verificar su solución en el terreno.

En contratos tipo IPC, estas pautas mejoran la articulación entre ingeniería, compras y montaje, si bien su repercusión financiera y cronológica debe medirse mediante indicadores cuantitativos en posteriores investigaciones. Asimismo, la lectura de los resultados debe realizarse considerando las acotaciones del diseño metodológico, circunscrito a una sola instalación industrial, con una muestra de 25 profesionales y el análisis de 30 fichas BCF (seis de ellas profundizadas). Dado que la encuesta recoge opiniones del personal y no se calcularon costos ni horas de reproceso, no resulta pertinente universalizar las cifras ni calcular un rendimiento económico de la inversión. Futuros trabajos podrían estructurar mediciones longitudinales, evaluar métricas de desempeño financiero y explorar dimensiones avanzadas de BIM en entornos industriales afines.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

CONCLUSIONES

La investigación permitió analizar la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) durante la fase de ejecución del proyecto industrial IPC Refinería de Sal, ubicado en la provincia de Santa Elena, Ecuador. A partir de la información recopilada mediante una encuesta aplicada a 25 profesionales y técnicos, la revisión de 30 reportes de incidencias en formato BCF 2.0 y la verificación física realizada con participación de fiscalización, se identificó que BIM constituyó un recurso para apoyar la coordinación interdisciplinaria, documentar incompatibilidades y realizar el seguimiento de las soluciones implementadas en obra.

La experiencia analizada pone de manifiesto que la efectividad de la tecnología BIM sobrepasa la sola visualización tridimensional de la obra, estando estrechamente ligada a la estructuración de los canales de comunicación, el compromiso de las distintas áreas de ingeniería y la fundamentación documental de cada modificación. Sin embargo, en virtud del carácter descriptivo y no experimental de la investigación, los hallazgos retratan el desempeño de una obra en particular y no facultan para sostener una causalidad directa entre el empleo del modelo digital y la eliminación integral de errores, reprocesos o gastos en el proyecto.

En lo concerniente al criterio de los profesionales de campo, las encuestas evidenciaron una apreciación favorable sobre el aporte de los modelos digitales en la prevención de fallas operativas, siendo estimada como moderada por el 64.0% de la muestra y como alta por el 36.0%. Esta tendencia demuestra que los ingenieros y supervisores percibieron un beneficio palpable al apoyarse en el modelo virtual para dirigir las maniobras de construcción. Pese a ello, esta medición corresponde a impresiones cualitativas de los profesionales y no a un inventario cuantitativo de errores prevenidos. Por consiguiente, si bien se constata una valoración positiva de la metodología en la planta, los datos no permiten precisar el volumen de reprocesos que hubiese ocurrido sin BIM ni determinar el beneficio económico de su aplicación.

Respecto al proceso de aprendizaje y capacitación, se identificó que el 60.0% de los encuestados consideró fácil o muy fácil el aprendizaje de BIM, mientras que el 32.0% lo calificó como difícil o muy difícil y el 8.0% lo valoró como moderado. En cuanto a la capacitación recibida, el 52.0% la calificó como aceptable, el 28.0% como insuficiente y el 20.0% como suficiente. Las respuestas obtenidas indican que la adopción de programas digitales en el transcurso de la obra trajo consigo ritmos disímiles de asimilación entre los técnicos. De ahí que se concluya que el adiestramiento debe programarse previamente a la etapa de campo y graduarse según las atribuciones específicas de los ingenieros, supervisores y coordinadores de especialidad.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

En cuanto al análisis documental, la revisión de los 30 reportes BCF permitió examinar las incidencias registradas durante el período comprendido entre el 3 de enero y el 28 de abril de 2026. La profundización en los seis casos seleccionados (INT-08, INT-15, INT-21, INT-23, INT-28 e INT-30) ilustró la presencia de conflictos heterogéneos vinculados a conducciones, estructuras civiles, pasos peatonales, elevaciones, maquinaria y acople entre áreas. La utilización de formatos normalizados garantizó un registro ordenado de las observaciones y facilitó el monitoreo de los arreglos acordados. Si bien estos seis eventos permitieron comprender la naturaleza de las interferencias clave, no constituyen una muestra probabilística de la totalidad de choques acaecidos en la obra.

Un hallazgo relevante corresponde a la inspección presencial de las correcciones efectuada conjuntamente con la fiscalización de obra. Durante dicho recorrido se comprobó que los inconvenientes identificados en las fichas contaban con soluciones aplicadas en el terreno de conformidad con los criterios aprobados en los expedientes. Esta verificación entrelazó la información almacenada en el entorno digital con la realidad física construida, consolidando a los reportes BCF como herramientas operativas de control técnico y no como formalidades de archivo. El proceso destaca la relevancia de asegurar un flujo trazable desde la detección inicial del conflicto hasta su constatación en sitio. No obstante, al haberse emitido dichos reportes en una etapa en que la obra registraba cerca del 80.0% de avance físico, los datos corresponden al manejo de incidencias en fases avanzadas del montaje y no a una labor preventiva desarrollada con anterioridad a la edificación.

En relación con los retrabajos, las respuestas de los participantes identificaron como situaciones recurrentes la reubicación o modificación de trazados de tuberías, con el 36.0%, y la corrección de elementos ejecutados con planos desactualizados, con el 24.0%. También se mencionaron roturas o demoliciones de hormigón por pases no previstos, con el 16.0%; modificaciones de soportes y anclajes metálicos, con el 16.0%; y reajustes de bandejas y canalizaciones eléctricas, con el 8.0%. Esta distribución permite reconocer áreas en las que la coordinación entre especialidades y la disponibilidad de información técnica actualizada resultan especialmente relevantes. No obstante, estos porcentajes corresponden a las respuestas de la encuesta y no representan el número de incidencias registradas en los 30 reportes BCF. Esta clara delimitación resguarda la consistencia del análisis metodológico, impidiendo confundir los datos documentales del sistema BCF con las impresiones subjetivas de los encuestados.

El diagnóstico general pone de relieve que la adopción de BIM demanda una reestructuración organizativa previa para potenciar sus beneficios en la etapa constructiva. Un 64.0% de los profesionales calificó la metodología como viable y provechosa, en tanto que un 36.0% la consideró

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

de valor moderado supeditado a una programación más rigurosa. En coherencia con ello, el 60.0% del personal sugirió poner énfasis en la instrucción técnica formal antes de movilizar los frentes de trabajo.

Finalmente, el alcance conceptual y empírico de los hallazgos se encuentra circunscrito a la escala de un caso de estudio único, sustentado en la evaluación de una muestra censal de 25 profesionales del equipo técnico y la auditoría de 30 reportes BCF, de los cuales se examinaron seis eventos con mayor nivel de profundidad. El diseño metodológico no contempló un contraste cuantitativo sistemático entre las etapas previas y posteriores al despliegue de la metodología, como tampoco la medición estricta de variables de costo directo, horas de retrabajo, volumen de insumos adicionales o el cálculo exacto del retorno económico atribuible a la coordinación digital.

Asimismo, resulta de especial interés promover estudios comparativos entre diversos proyectos de infraestructura industrial con condiciones operativas afines, así como evaluar la incorporación temprana de BIM desde las fases iniciales de ingeniería de detalle. Esta adopción prematura debe articularse con la planificación temporal (BIM 4D) y el control financiero (BIM 5D) para determinar con evidencia objetiva y cuantificable en qué medida la metodología contribuye a optimizar los resultados globales de la construcción. En síntesis, la experiencia del proyecto IPC Refinería de Sal suministra evidencia aplicada sobre la efectividad de la metodología BIM y el formato BCF como herramientas para coordinar, documentar y verificar soluciones técnicas en el frente de obra. Este diagnóstico sitúa a la capacitación continuada del personal, la planificación estratégica anticipada y la trazabilidad rigurosa de las incidencias como pilares prioritarios para fortalecer futuras implementaciones en el sector industrial.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Ashmori, Y. Y., & Othman, I. (2020). BIM benefits and its influence on the BIM implementation in Malaysia. Ain Shams Engineering Journal, 11(4), 1013-1019. https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.02.002

Alshibani, A., & Aldossary, M. S. (2024). Investigation of the driving power of the barriers affecting BIM adoption in construction management through ISM. Results in Engineering, 24, 102987. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102987

Ang Yang & Mingzhe Han. (2021). Adopting Building Information Modeling (BIM) for the Development of Smart Buildings: A Review of Enabling Applications and Challenges. Advances in Civil Engineering, 2021(1), 8811476. https://doi.org/10.1155/2021/8811476

Ayanna De Assis, & Lordsleem, A. (2023). Requirements for BIM implementation in AEC companies: A Brazilian case study. Revista de La Construcción, 22(2). https://doi.org/10.7764/RDLC.22.2.455

Bustamante, G., & Ochoa, J. (2022). Propuesta de implementación de la metodología BIM 5D para obras de cimentaciones industriales en la Planta de Oxígeno de Arauco. Obras y Proyectos, (30), 74-90. https://doi.org/10.4067/S0718-28132021000200074

Carreño, Ú., & Llempén, Z. (2023). El impulso del sector público en la implementación de Building Information Modelling en países de América Latina. Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0004711

Doumbouya, L., & Guan, C. S. (2017, mayo 24). Application of BIM technology in design and construction: A case study of pharmaceutical industrial base of amino acid building project. 16th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. https://doi.org/10.22616/ERDev2017.16.N338

Gómez-Valdés, M., & Acevedo, S. (2023). Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. Revista Tecnología en Marcha. https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6860

Luzuriaga, C. M., & Perugachi, V. M. P. (2025). Uso de modelos BIM en la planificación de obras civiles: Un análisis textual discursivo de artículos de investigación. Revista Ingenio global, 4(1), 175-189. https://doi.org/10.62943/rig.v4n1.2025.209

Ma, X., & Chan, A. P. C. (2020). Critical Strategies for Enhancing BIM Implementation in AEC Projects: Perspectives from Chinese Practitioners. Journal of Construction Engineering and Management, 146(2), 05019019. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001748

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Moyón, N., & Samaniego, J. (2023). Factores que dificultan al gobierno ecuatoriano el impulso de la Metodología Building Information Modeling (BIM). http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10594

Muñoz, S. P., & Llamo, J. R. (2023). Revisión sistemática de la implementación BIM basada en modelos de diseño para la construcción de obras viales. Cuaderno activa, 14(1). https://doi.org/10.53995/20278101.1053

Olivares, R. (2025). Productividad y transformación digital: El rol del BIM en la industria de la construcción chilena. Obras y Proyectos, (38), 47-59. https://doi.org/10.21703/0718-2813.2025.38.3631

Paredes, E., & Castro, D. (2026). Propuesta de lineamientos para la adopción de la metodología BIM como herramienta de control de costos en proyectos de obra pública del GADM Montufar.

Ping Wu & Ruoyu Jin. (2021). THE ANALYSIS OF BARRIERS TO BIM IMPLEMENTATION FOR INDUSTRIALIZED BUILDING CONSTRUCTION: A CHINA STUDY. JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT, 27(1), 1-13. https://doi.org/10.3846/jcem.2021.14105

Rashidi, A., & Maalim, A. M. (2022). Evaluating the Effectiveness of BIM-based Virtual Reality for Coordinating the Design Disciplines in a Building Renovation Project. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1101(3), 032019. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/3/032019

Rodríguez, & Zambrano Quiroz, F. N. (2025). Implementation of BIM Modeling in the Construction Process of a Water Treatment Plant. Universidad Ciencia y Tecnología, 29(129), 31-39. https://doi.org/10.47460/uct.v29i129.999

Saad Alotaibi, B., & Waqar, A. (2024). Building information modeling (BIM) adoption for enhanced legal and contractual management in construction projects. Ain Shams Engineering Journal, 15(7), 102822. https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102822

Sacks, R., & Eastman, C. (2018). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors (Third edition). John Wiley & Sons, Inc.

Sánchez-Macias, J., & Caballero, M. (2025). IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIVIL EN ECUADOR. REVISTA TSE´DE, 8(1). https://doi.org/https://doi.org/10.60100/tsede.v8i1.243

Silva, T. F., & Coelho, K. M. (2015). PROJETOS INDUSTRIAIS – BARREIRAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO. Anais do VII Encontro de Tecnologia de

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Informação e Comunicação na Construção - Edificações, Infra-estrutura e Cidade: Do BIM ao CIM, 27-37. https://doi.org/10.5151/engpro-tic2015-003

Sriyolja, Z., & Harwin, N. (2021). Barriers to Implement Building Information Modeling (BIM) in Construction Industry: A Critical Review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 738(1), 012021. https://doi.org/10.1088/1755-1315/738/1/012021

Yun, J.-K., & Kim, S.-H. (2025). BIM Model Autocorrection Algorithm Based on Work Breakdown Structure for a Petrochemical Plant. Advances in Civil Engineering, 2025(1), 3356047. https://doi.org/10.1155/adce/3356047

CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles

FINANCIAMIENTO

No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.

NOTA:

El articulo no es producto de una publicación anterior.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial