

<https://doi.org/10.69639/arandu.v13i3.2419>

Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) para la gestión y mantenimiento de infraestructuras civiles en la industria del petróleo y gas: una revisión sistemática de la literatura

Application of Building Information Modeling (BIM) Methodology for the Management and Maintenance of Civil Infrastructure in the Oil and Gas Industry: A Systematic Literature Review

Lesly Mishell González Boada

<https://orcid.org/0009-0004-1782-9867>

Universidad Estatal Península De Santa Elena
Facultad De Ciencias De La Ingeniería Instituto De Postgrado

Artículo recibido: 10 junio 2026- Aceptado para publicación: 16 julio 2026
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

La metodología Building Information Modeling (BIM) ha ampliado su aplicación desde las etapas de diseño y construcción hacia la gestión, operación y mantenimiento de infraestructuras. El estudio tuvo como objetivo analizar la aplicación de BIM para la gestión y mantenimiento de infraestructuras civiles vinculadas con la industria del petróleo y gas mediante una revisión sistemática de la literatura científica. Se aplicó un enfoque cualitativo, alcance descriptivo-documental y diseño no experimental, siguiendo las directrices PRISMA 2020 para organizar las fases de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión. La búsqueda consideró publicaciones científicas comprendidas entre 2021 y 2026, de las cuales se seleccionaron 13 artículos según criterios de pertinencia temática y metodológica. Los hallazgos identificaron aplicaciones relacionadas con gestión de información y activos, operación y mantenimiento, facility management, interoperabilidad e integración con tecnologías digitales. BIM permitió centralizar información técnica, facilitar la consulta de datos de los componentes y apoyar la planificación de actividades durante el ciclo de vida de las infraestructuras. La integración con sistemas de gestión del mantenimiento, estándares de intercambio de información y gemelos digitales constituyó una de las principales tendencias identificadas. Entre las limitaciones destacaron la incompatibilidad entre plataformas, actualización de los modelos, calidad de los datos, requerimientos tecnológicos y capacitación del personal. La revisión evidenció una limitada cantidad de estudios centrados directamente en infraestructuras petroleras y gasíferas, lo que plantea oportunidades para desarrollar investigaciones orientadas a la implementación de BIM durante la operación y mantenimiento de los activos del sector.

Palabras clave: building information modeling, gestión de activos, mantenimiento, infraestructura civil, petróleo y gas

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) methodology has expanded its application from the design and construction stages to infrastructure management, operation, and maintenance. This study aimed to analyze the application of BIM for the management and maintenance of civil infrastructure associated with the oil and gas industry through a systematic review of the scientific literature. A qualitative approach, descriptive-documentary scope, and non-experimental design were applied, following the PRISMA 2020 guidelines to organize the identification, screening, eligibility, and inclusion phases. The search covered scientific publications from 2021 to 2026, from which 13 articles were selected according to thematic and methodological relevance criteria. The findings identified applications related to information and asset management, operation and maintenance, facility management, interoperability, and integration with digital technologies. BIM enabled the centralization of technical information, facilitated access to component data, and supported activity planning throughout the infrastructure life cycle. Integration with maintenance management systems, information exchange standards, and digital twins emerged as one of the main trends identified. The primary limitations included platform incompatibility, model updating, data quality, technological requirements, and staff training. The review revealed a limited number of studies focused directly on oil and gas infrastructure, highlighting opportunities for further research on BIM implementation during the operation and maintenance of assets in this sector.

Keywords: building information modeling, asset management, maintenance, civil infrastructure, oil and gas

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

La gestión y el mantenimiento de infraestructuras civiles vinculadas con la industria del petróleo y gas requieren mecanismos capaces de organizar grandes volúmenes de información técnica durante periodos prolongados de operación. Refinerías, terminales, instalaciones de almacenamiento, estaciones de procesamiento, plataformas, edificaciones industriales y sistemas asociados poseen componentes estructurales que necesitan inspecciones periódicas, actividades de mantenimiento y actualización constante de sus registros. La fragmentación de la información entre planos, informes técnicos, bases de datos y sistemas independientes puede dificultar la localización de antecedentes sobre los activos, especialmente cuando las instalaciones atraviesan modificaciones durante varias etapas de su ciclo de vida. En este escenario, la transformación digital ha impulsado la incorporación de herramientas orientadas hacia una administración integrada de la información técnica y operacional.

Building Information Modeling (BIM) constituye una metodología basada en la creación, administración e intercambio de representaciones digitales que concentran información geométrica, física, funcional y documental de los activos construidos. Esta metodología supera el uso exclusivo de modelos tridimensionales, debido a que permite asociar los elementos del modelo con datos relacionados con materiales, especificaciones, estado de conservación, intervenciones, costos, programación e información necesaria durante la operación. Abideen et al., (2022), mediante una revisión sistemática centrada en la integración de BIM en las fases de operación y mantenimiento, identificaron aplicaciones relacionadas con gestión de mantenimiento, administración de activos, monitoreo, gestión energética, seguridad y apoyo a la toma de decisiones. Los autores señalan que la incorporación de BIM en estas etapas continúa siendo menor respecto de las fases de diseño y construcción, situación que evidencia oportunidades de desarrollo para la gestión del ciclo de vida de las infraestructuras.

El uso de BIM durante la etapa operacional adquiere relevancia debido a la necesidad de conservar información actualizada sobre las condiciones de los componentes de una infraestructura. Belcher & Abraham, (2023) analizaron las aplicaciones de esta metodología durante el ciclo de vida de proyectos de infraestructura de transporte e identificaron posibilidades relacionadas con inspección, monitoreo de condiciones, planificación de mantenimiento y administración de activos. El modelo BIM puede funcionar como repositorio digital donde se vinculan los elementos físicos con información histórica y técnica, permitiendo identificar necesidades de intervención y establecer prioridades de mantenimiento. Aunque estas aplicaciones han sido estudiadas principalmente en carreteras, puentes y otras obras civiles, los principios resultan pertinentes para instalaciones industriales que requieren controlar numerosos activos distribuidos dentro de un mismo complejo.

Las tendencias recientes amplían estas capacidades mediante la integración de BIM con sensores, Internet de las Cosas, sistemas de información geográfica, inteligencia artificial y gemelos digitales. Mohamed et al., (2022) sostienen que la información estructurada mediante estándares BIM constituye una base para desarrollar gemelos digitales capaces de representar los activos durante su funcionamiento. Esta integración facilita la vinculación entre el modelo digital y datos procedentes del activo físico, aspecto relevante para realizar seguimiento de condiciones, gestionar información operacional y orientar acciones de mantenimiento. La incorporación de estas tecnologías permite avanzar desde estrategias basadas principalmente en reparaciones posteriores a una falla hacia esquemas preventivos y predictivos sustentados en información actualizada.

En el ámbito de las infraestructuras civiles, la adopción de BIM durante todo el ciclo de vida registra avances en diferentes regiones. (Nielsen & Miceli, 2024) investigadores vinculados con el Instituto Militar de Ingeniería de Brasil, estudiaron iniciativas internacionales relacionadas con la adopción de BIM en infraestructura vial e identificaron que diferentes instituciones han comenzado a establecer requisitos, estándares y procedimientos dirigidos a incorporar modelos digitales desde la planificación hasta la administración del activo. La investigación destaca que la gestión de infraestructura mediante BIM depende de factores relacionados con interoperabilidad, normalización de información, competencias profesionales y disponibilidad de procedimientos institucionales que permitan conservar los datos durante diferentes etapas del proyecto.

Dentro de la industria del petróleo y gas, la implementación de BIM presenta características particulares debido a la complejidad de las instalaciones, la diversidad de disciplinas involucradas y los elevados requisitos asociados con operación, mantenimiento y seguridad. (Ali & Ramegowda, 2024) pertenecientes a Teesside University, Reino Unido, analizaron la aplicación de BIM en proyectos de Basra Oil Company. El estudio encontró una valoración favorable de la metodología entre profesionales vinculados con diseño, construcción, gestión de proyectos, mantenimiento, seguridad y producción. Los autores determinaron que BIM puede contribuir a superar limitaciones relacionadas con el uso de sistemas tradicionales bidimensionales, facilitar la gestión de los proyectos y apoyar procesos posteriores de operación y administración de instalaciones. El trabajo advierte, además, que el respaldo de la dirección, las políticas organizacionales y la preparación institucional constituyen factores determinantes para una implementación efectiva.

Pese al avance observado, la aplicación de BIM específicamente orientada al mantenimiento de infraestructuras petroleras y gasíferas conserva vacíos de conocimiento. Una parte considerable de la producción científica aborda BIM desde las etapas de diseño, planificación, coordinación multidisciplinaria, construcción o seguridad, mientras existe menor cantidad de estudios dedicados a su empleo durante la operación y mantenimiento. Esta diferencia resulta relevante para el sector debido a que los activos permanecen en servicio durante periodos

prolongados y están expuestos a procesos de deterioro, modificaciones operacionales e intervenciones que deben quedar documentadas. Los estudios recientes sobre operación y mantenimiento indican, además, que persisten desafíos relacionados con calidad de datos, interoperabilidad, actualización de modelos, transferencia de información entre las fases del proyecto, definición de requerimientos y vinculación de BIM con plataformas de gestión de activos.

La necesidad de integrar información durante el ciclo de vida convierte a BIM en una alternativa de interés para mejorar la gestión de infraestructuras civiles pertenecientes al sector petrolero. La disponibilidad de modelos digitales actualizados puede favorecer la localización de componentes, consulta de documentación, planificación de inspecciones, registro de intervenciones, evaluación del estado de los activos y coordinación de actividades de mantenimiento. Su integración con sistemas de gestión de instalaciones y tecnologías de captura de datos amplía las posibilidades de utilizar la información obtenida durante la operación para apoyar decisiones técnicas. La evidencia disponible, sin embargo, permanece dispersa entre investigaciones sobre infraestructura, facility management, gestión de activos, transformación digital y aplicaciones específicas del sector petróleo y gas, lo cual dificulta establecer una visión integrada sobre metodologías, beneficios, tecnologías complementarias y limitaciones reportadas.

A partir de esta problemática, el objetivo del estudio es analizar la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) para la gestión y mantenimiento de infraestructuras civiles en la industria del petróleo y gas mediante una revisión sistemática de la literatura científica publicada desde 2021, identificando las principales aplicaciones, tecnologías integradas, beneficios, limitaciones y tendencias relacionadas con el uso de BIM durante las etapas de operación y mantenimiento. La revisión permitirá organizar la evidencia disponible y reconocer líneas de investigación orientadas hacia una gestión digital del ciclo de vida de los activos pertenecientes a este sector.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló desde un enfoque cualitativo, orientado al análisis, interpretación y síntesis de la evidencia científica relacionada con la aplicación de Building Information Modeling (BIM) en la gestión y mantenimiento de infraestructuras civiles vinculadas con la industria del petróleo y gas. El estudio presentó un alcance descriptivo-documental, debido a que se examinaron publicaciones científicas para identificar aplicaciones, tecnologías complementarias, beneficios, limitaciones y tendencias asociadas con BIM. Se adoptó un diseño no experimental, puesto que no existió manipulación de variables y la información analizada procedió de investigaciones previamente publicadas.

El método correspondió a una revisión sistemática de la literatura, estructurada de acuerdo con las directrices PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-

Analyses), propuestas por Page et al. (2021). Este protocolo permitió organizar la selección de publicaciones mediante las fases de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión, favoreciendo un procedimiento ordenado y reproducible para determinar los estudios incorporados en la revisión.

La búsqueda bibliográfica se estableció en las bases de datos Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Google Scholar, considerando su cobertura de publicaciones relacionadas con ingeniería civil, mantenimiento, gestión de activos, infraestructura industrial y tecnologías digitales. El periodo de publicación se delimitó entre 2021 y 2026, con la finalidad de analizar evidencia científica reciente relacionada con la evolución de BIM hacia las etapas de operación, mantenimiento y gestión del ciclo de vida de los activos.

La estrategia de búsqueda contempló términos relacionados directamente con el objeto de estudio. Se emplearon los descriptores “*Building Information Modeling*”, “*BIM*”, “*oil and gas*”, “*petroleum industry*”, “*civil infrastructure*”, “*industrial infrastructure*”, “*facility management*”, “*asset management*”, “*operation and maintenance*”, “*infrastructure maintenance*” y “*digital twin*”. Los términos se combinaron mediante los operadores booleanos AND y OR, adaptando las ecuaciones de búsqueda a las características de las bases consultadas.

Una de las ecuaciones generales utilizadas fue:

("Building Information Modeling" OR "BIM") AND ("oil and gas" OR "petroleum industry" OR "industrial infrastructure") AND ("maintenance" OR "facility management" OR "asset management" OR "operation and maintenance")

Para la selección documental se establecieron criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. Se incluyeron artículos científicos publicados entre 2021 y 2026, investigaciones sometidas a revisión por pares, publicaciones en inglés o español y estudios relacionados con BIM aplicado a gestión, operación, mantenimiento, gestión de instalaciones o administración de activos. Se consideraron investigaciones sobre infraestructura civil e industrial cuando sus aplicaciones presentaron relación con las necesidades de gestión y mantenimiento existentes en instalaciones de la industria del petróleo y gas.

Se excluyeron publicaciones anteriores a 2021, registros duplicados, tesis, libros, capítulos de libro y documentos que no proporcionaran información suficiente para evaluar sus aportes. De igual forma, se descartaron investigaciones centradas exclusivamente en las etapas de diseño o construcción cuando no presentaron aplicaciones relacionadas con operación, mantenimiento, gestión de activos o ciclo de vida de la infraestructura.

Tabla 1*Criterios para la selección de los estudios*

Criterio	Inclusión	Exclusión
Periodo	2021–2026	Anteriores a 2021
Tipo de publicación	Artículos científicos	Tesis, libros y capítulos de libro
Idioma	Inglés y español	Publicaciones en otros idiomas
Calidad académica	Artículos revisados por pares	Documentos sin revisión académica verificable
Tema	BIM aplicado a gestión, operación, mantenimiento o gestión de activos	BIM sin relación con las etapas estudiadas
Infraestructura	Infraestructura civil e industrial relacionada con el objeto de estudio	Aplicaciones sin relación con la gestión de infraestructura
Disponibilidad	Información suficiente para realizar el análisis	Información insuficiente para evaluar el estudio

Nota. Los criterios permitieron delimitar las publicaciones consideradas durante el proceso de revisión sistemática.

El procedimiento de selección documental siguió las fases establecidas por PRISMA 2020. En la etapa de identificación se recopilaban los registros obtenidos mediante las estrategias de búsqueda aplicadas en las bases de datos. Los documentos duplicados fueron eliminados antes de iniciar la revisión temática. Durante el cribado se examinaron títulos y resúmenes para determinar la relación de las publicaciones con BIM, gestión de infraestructura y mantenimiento. La fase de elegibilidad comprendió la revisión del texto completo y la aplicación de los criterios establecidos. La etapa de inclusión estuvo conformada por los artículos que cumplieron los requerimientos temáticos y metodológicos definidos.

La técnica empleada para recopilar la información correspondió al análisis documental. Se utilizó una matriz de extracción de datos como instrumento para organizar de forma homogénea la información obtenida de los artículos seleccionados. Las variables consideradas fueron autor y año de publicación, contexto del estudio, objetivo, tipo de infraestructura, aplicación de BIM, tecnología complementaria, etapa del ciclo de vida, metodología, principales resultados, beneficios y limitaciones.

Tabla 2*Matriz para la extracción de información de los estudios*

Variable	Información analizada
Autor y año	Identificación del artículo
Contexto	Ámbito donde se desarrolló el estudio
Objetivo	Propósito de la investigación
Infraestructura	Tipo de activo analizado
Aplicación BIM	Función asignada a la metodología
Tecnología complementaria	IoT, GIS, inteligencia artificial, gemelo digital u otras
Etapas del ciclo de vida	Operación, mantenimiento o gestión
Metodología	Método empleado en el estudio

Variable	Información analizada
Resultados	Principales hallazgos
Beneficios	Aportes identificados
Limitaciones	Barreras o dificultades reportadas

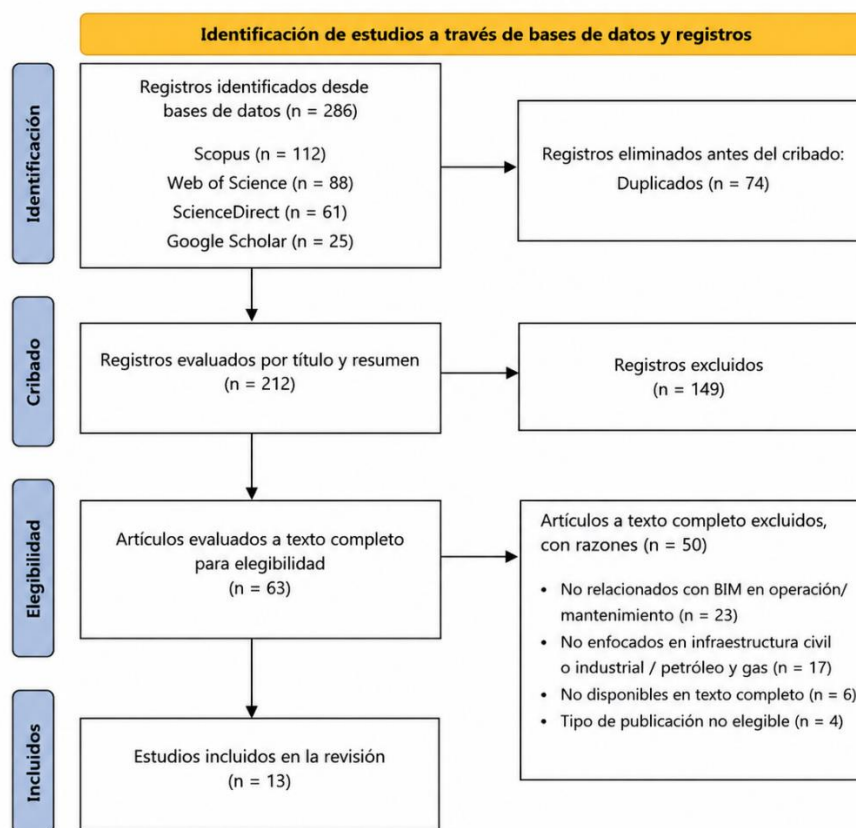
Nota. La matriz permitió organizar las variables empleadas para la comparación y síntesis de las publicaciones seleccionadas.

El procesamiento de la información se efectuó mediante análisis de contenido y síntesis cualitativa. Los hallazgos fueron organizados en categorías relacionadas con gestión de información y activos, planificación del mantenimiento, inspección y monitoreo, integración BIM-FM, interoperabilidad, gemelos digitales, Internet de las Cosas, inteligencia artificial, beneficios de implementación y barreras de adopción. Esta clasificación permitió comparar los estudios e identificar las principales tendencias relacionadas con el uso de BIM durante las etapas de gestión y mantenimiento.

Debido al carácter documental de la investigación, no se trabajó con participantes humanos ni se aplicaron encuestas, entrevistas o procedimientos experimentales. La unidad de análisis estuvo constituida por los artículos científicos que cumplieron los criterios establecidos. El registro de las estrategias de búsqueda, criterios de selección y motivos de exclusión permitió conservar la trazabilidad del procedimiento seguido durante la revisión sistemática.

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA 2020 para la selección de estudios incluidos en la revisión sistemática



Nota. Elaboración propia con base en las directrices PRISMA 2020 de Page et al. (2021).

La figura 1 presenta el proceso seguido para la identificación, selección y depuración de los estudios incluidos en la revisión sistemática. La búsqueda inicial permitió recuperar 286 registros procedentes de Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Google Scholar, de los cuales se eliminaron 74 documentos duplicados. Posteriormente, 212 registros fueron evaluados mediante la revisión de títulos y resúmenes, descartándose 149 por no cumplir con los criterios establecidos. En la fase de elegibilidad se analizaron 63 artículos a texto completo, de los cuales 50 fueron excluidos por falta de relación con BIM aplicado a operación y mantenimiento, ausencia de correspondencia con infraestructuras civiles o industriales, indisponibilidad del texto completo o tipo de publicación no elegible. El proceso permitió seleccionar 13 estudios que conformaron la base documental de la revisión sistemática.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión sistemática permitió identificar 13 artículos científicos relacionados con la aplicación de Building Information Modeling (BIM) en la gestión, operación y mantenimiento de infraestructuras. Los estudios seleccionados corresponden al periodo comprendido entre 2021 y 2024 y presentan aplicaciones vinculadas con facility management, gestión de activos, mantenimiento, interoperabilidad, administración del ciclo de vida y tecnologías digitales complementarias. La evidencia examinada permitió reconocer diferentes alternativas para trasladar el uso de BIM desde las etapas tradicionales de diseño y construcción hacia la administración de los activos durante su funcionamiento.

Tabla 3

Caracterización de los artículos científicos incluidos en la revisión sistemática

N.º	Autor y año	Área de aplicación	Aplicación principal de BIM	Aporte al mantenimiento y gestión
1	(Asabere & Issa, 2021)	Facility management	Gestión integrada de información	Vinculación de información BIM con procesos de gestión de instalaciones
2	(Abideen, Kaltungo, & Manu, 2022)	Operación y mantenimiento	BIM-O&M	Administración de activos, mantenimiento y apoyo a decisiones
3	Cao et al. (2022)	Edificaciones	BIM para O&M	Mantenimiento, reparación, seguridad y gestión energética
4	(Cao, Kamaruzzaman, & Mardhiyah, 2022)	Infraestructura existente	BIM-FM	Digitalización de información para gestionar activos existentes
5	(Guo & Chen, 2021)	Infraestructura	Implementación BIM	Integración de información durante el ciclo de vida
6	(Nour & Pereira, 2022)	Activos construidos	BIM y gemelos digitales	Vinculación entre activos físicos y representaciones digitales

N.º	Autor y año	Área de aplicación	Aplicación principal de BIM	Aporte al mantenimiento y gestión
7	(Shin & Hyounseok, 2022)	Facility management	BIM-CMMS	Interoperabilidad para actividades de operación y mantenimiento
8	(Wijeratne, Gunarathna, & Yang, 2022)	Facility management	BIM-FM	Administración de información y activos
9	(Hagedorn, Liu, & König, 2022)	Infraestructura	BIM para gestión de activos	Organización e intercambio de información operacional
10	(Belcher & Abraham, 2023)	Infraestructura	BIM durante el ciclo de vida	Inspección, mantenimiento y administración de activos
11	Alsemari y Ramegowda (2024)	Petróleo y gas	Gestión de proyectos mediante BIM	Aplicación de BIM en proyectos de Basra Oil Company
12	(Laishram & Sood, 2024)	Infraestructura	BIM 7D	Operación, mantenimiento y gestión del activo
13	(Lovell, Davies, & Hunt, 2024)	Facility management	BIM-FM	Gestión de información de activos y conexión con tecnologías digitales

Nota. Elaboración propia a partir de los 13 artículos científicos incluidos en la revisión sistemática. BIM-FM: Building Information Modeling–Facility Management; O&M: operación y mantenimiento; CMMS: Computerized Maintenance Management System.

La tabla 3 evidencia que las aplicaciones identificadas presentan diferentes niveles de desarrollo. La gestión de información durante operación y mantenimiento constituye una de las líneas con mayor presencia, seguida por facility management y gestión de activos. Los estudios publicados desde 2022 muestran una ampliación de BIM hacia aplicaciones relacionadas con interoperabilidad, gemelos digitales y administración del ciclo de vida. En el ámbito específico del petróleo y gas, Alsemari y Ramegowda (2024) aportan evidencia sobre la implementación de BIM en proyectos de Basra Oil Company, lo que demuestra la posibilidad de adaptar estas herramientas a instalaciones industriales caracterizadas por una elevada complejidad técnica.

Aplicaciones de BIM en la gestión y mantenimiento

El análisis documental permitió establecer cinco categorías principales de aplicación: gestión de información y activos, operación y mantenimiento, facility management, interoperabilidad e integración tecnológica. Estas categorías muestran que BIM adquiere una función que supera la representación tridimensional de los componentes físicos, debido a que puede utilizarse como estructura para organizar información técnica asociada con el funcionamiento de una infraestructura.

Tabla 4*Principales aplicaciones de BIM identificadas en los estudios revisados*

Categoría	Aplicaciones identificadas	Estudios relacionados
Gestión de información y activos	Centralización de datos, historial del activo, documentación técnica y administración del ciclo de vida	Asare et al. (2021); Guo et al. (2022); Hagedorn et al. (2023); Laishram y Sood (2024)
Operación y mantenimiento	Programación de mantenimiento, reparación, inspección y consulta de información	Abideen et al. (2022); Cao et al. (2022); Belcher y Abraham (2023)
Facility management	Gestión de instalaciones, componentes y requerimientos operacionales	Soliman et al. (2022); Wijeratne et al. (2023); Lovell et al. (2024)
Interoperabilidad	Transferencia de información BIM hacia plataformas de mantenimiento y gestión	Condotta y Scanagatta (2023); Hagedorn et al. (2023)
Integración tecnológica	Gemelos digitales y conexión entre modelos digitales y activos físicos	Nour El-Din et al. (2022); Lovell et al. (2024)
Petróleo y gas	Gestión digital de proyectos e información de instalaciones petroleras	Alsemari y Ramegowda (2024)

Nota. Las categorías fueron establecidas mediante el análisis de contenido de los artículos seleccionados. Un estudio puede presentar aportes relacionados con más de una categoría.

Los hallazgos indican que la gestión de información y activos representa una función transversal de BIM. Asare et al. (2021) relacionan la metodología con facility management y la integración de información necesaria para administrar las instalaciones. Hagedorn et al. (2023) amplían esta aplicación mediante contenedores de información y tecnologías semánticas destinadas a la gestión de activos de infraestructura. La disponibilidad de información organizada sobre componentes, características técnicas e intervenciones constituye un elemento relevante para instalaciones industriales donde los activos permanecen operativos durante periodos prolongados.

La segunda línea identificada corresponde a la operación y mantenimiento. Abideen et al. (2022) señalan que BIM puede apoyar diferentes actividades desarrolladas después de la construcción, aunque su utilización en estas etapas presenta un nivel de implementación inferior respecto de diseño y construcción. Cao et al. (2022) identifican aplicaciones relacionadas con mantenimiento, reparación, seguridad y administración de instalaciones. Belcher y Abraham (2023) incorporan una perspectiva de ciclo de vida en la cual BIM puede utilizarse para apoyar inspecciones y actividades destinadas a conservar las condiciones funcionales de la infraestructura.

Interoperabilidad e integración con sistemas de mantenimiento

La interoperabilidad constituye otro hallazgo recurrente entre las publicaciones revisadas. La utilidad de un modelo BIM durante la operación depende de la posibilidad de intercambiar información con otras plataformas utilizadas por los responsables de los activos. Condotta y Scanagatta (2023) estudiaron la transferencia de información entre BIM y sistemas computarizados de gestión del mantenimiento mediante procedimientos apoyados en IFC. Esta relación permite utilizar datos contenidos en los modelos digitales para organizar actividades de mantenimiento sin depender exclusivamente de documentación separada.

Hagedorn et al. (2023) incorporan otra perspectiva mediante la utilización de contenedores de información y tecnologías de web semántica para mejorar la gestión de activos de infraestructura. La organización estandarizada de los datos favorece su consulta y reutilización durante diferentes etapas del ciclo de vida. Esta característica adquiere interés para las instalaciones petroleras y gasíferas, donde diferentes disciplinas técnicas requieren acceder a información sobre componentes civiles, estructurales, mecánicos y operacionales.

BIM, gemelos digitales y transformación de la gestión de activos

La integración entre BIM y gemelos digitales constituye una de las tendencias tecnológicas observadas en los artículos recientes. Nour El-Din et al. (2022) analizaron el empleo de especificaciones BIM como fundamento informacional para desarrollar gemelos digitales de activos construidos. Este planteamiento permite establecer una relación entre la representación digital y la infraestructura física, facilitando la incorporación de información procedente de diferentes etapas de funcionamiento.

Lovell et al. (2024) relacionan BIM-FM con una evolución de los sistemas destinados a gestionar instalaciones existentes. Esta tendencia plantea la posibilidad de combinar modelos BIM con información operacional y otras tecnologías digitales. La incorporación de datos actualizados puede ampliar el uso del modelo desde un repositorio documental hacia una herramienta capaz de apoyar el seguimiento del estado de los activos.

En instalaciones pertenecientes a la industria del petróleo y gas, esta integración presenta aplicaciones potenciales en la organización de inspecciones, registro de intervenciones, consulta de especificaciones técnicas, seguimiento del estado de componentes y planificación de actividades de conservación. El valor de BIM durante esta etapa depende de la calidad y actualización de la información incorporada al modelo, debido a que una representación digital desactualizada reduce su utilidad para las decisiones de mantenimiento.

Aplicación de BIM en la industria del petróleo y gas

Entre los estudios revisados, Alsemari y Ramegowda (2024) presentan una relación directa con el sector petrolero mediante el análisis de proyectos de Basra Oil Company. Los autores identifican oportunidades derivadas de la implementación de BIM para mejorar la gestión de información y superar limitaciones asociadas con procedimientos tradicionales apoyados en

documentación bidimensional. La investigación muestra que la adopción de BIM en este sector depende tanto de la disponibilidad tecnológica como de factores organizacionales, políticas institucionales y preparación de los profesionales involucrados.

La menor presencia de investigaciones directamente centradas en petróleo y gas, frente a las publicaciones sobre edificaciones e infraestructura convencional, representa uno de los hallazgos relevantes de la revisión. Esta diferencia evidencia un vacío científico relacionado con la evaluación de BIM durante la etapa de mantenimiento de instalaciones petroleras y gasíferas. Los conocimientos desarrollados en facility management, infraestructura civil y gestión de activos proporcionan fundamentos transferibles al sector, aunque las particularidades operacionales de las instalaciones petroleras requieren investigaciones específicas que evalúen su adaptación.

Beneficios y limitaciones identificados

La revisión permitió organizar los principales beneficios y limitaciones reportados por los estudios seleccionados.

Tabla 5

Beneficios y limitaciones de BIM para la gestión y mantenimiento de infraestructuras

Dimensión	Beneficios identificados	Limitaciones identificadas
Información	Centralización y disponibilidad de datos	Información incompleta o desactualizada
Mantenimiento	Apoyo a planificación, inspección y registro de intervenciones	Dificultades para actualizar los modelos
Gestión de activos	Seguimiento del ciclo de vida y consulta de información técnica	Falta de procedimientos estandarizados
Interoperabilidad	Intercambio de información entre BIM y sistemas externos	Incompatibilidad entre plataformas
Tecnología	Integración con gemelos digitales y sistemas de gestión	Requerimientos tecnológicos y económicos
Organización	Mejora de coordinación entre áreas	Resistencia al cambio y necesidad de capacitación

Nota. Síntesis elaborada a partir de los hallazgos reportados en los artículos incluidos en la revisión sistemática.

Los beneficios identificados se concentran en la capacidad de BIM para centralizar información y facilitar su disponibilidad durante el ciclo de vida. La planificación del mantenimiento puede apoyarse en modelos que permitan localizar componentes, consultar especificaciones, conocer intervenciones anteriores y relacionar información documental con objetos físicos. Esta capacidad reduce la fragmentación de datos entre diferentes archivos y plataformas.

Las limitaciones presentan un carácter tecnológico y organizacional. La interoperabilidad entre plataformas continúa siendo uno de los aspectos que condicionan el aprovechamiento de BIM durante operación y mantenimiento. La calidad de los datos constituye otra dificultad, puesto que el modelo requiere permanecer actualizado después de modificaciones, sustituciones o intervenciones realizadas en la infraestructura. La capacitación del personal y la definición de

responsabilidades para administrar la información aparecen como condiciones necesarias para conservar la utilidad del modelo durante periodos prolongados.

DISCUSIÓN

Los resultados muestran una transición progresiva desde un BIM concentrado en diseño y construcción hacia un BIM orientado al ciclo de vida del activo. Esta regularidad puede observarse en los trabajos de Abideen et al. (2022), Cao et al. (2022), Condotta y Scanagatta (2023), Belcher y Abraham (2023) y Laishram y Sood (2024), donde la información del modelo adquiere utilidad para mantenimiento, administración de instalaciones, inspección o gestión de activos. La coincidencia entre estos estudios permite establecer que el aprovechamiento de BIM durante la operación depende menos de la representación geométrica por sí sola y más de la capacidad para mantener información estructurada, interoperable y actualizada.

Otro aspecto corresponde a la convergencia entre BIM, facility management y gestión de activos. Los estudios de Asare et al. (2021), Soliman et al. (2022), Wijeratne et al. (2023) y Lovell et al. (2024) muestran que el valor operacional del modelo aumenta cuando la información generada durante las etapas iniciales puede ser utilizada por los responsables de administrar la infraestructura. Esta continuidad informacional disminuye la separación existente entre construcción y operación, aunque requiere definir desde etapas tempranas cuáles datos serán necesarios durante el mantenimiento.

La integración de BIM con gemelos digitales representa una perspectiva de desarrollo relevante. Nour El-Din et al. (2022) permiten observar una evolución hacia modelos relacionados con información procedente del activo físico. Esta línea amplía las posibilidades de BIM para apoyar estrategias de mantenimiento basadas en el conocimiento del estado de los componentes. La literatura revisada muestra que el gemelo digital no sustituye necesariamente al BIM; puede utilizar la estructura informacional proporcionada por este último para construir representaciones digitales con mayor nivel de actualización.

Desde la perspectiva del sector petróleo y gas, la revisión identifica una diferencia entre el potencial tecnológico disponible y la cantidad de aplicaciones documentadas científicamente. La evidencia directa encontrada en Alsemari y Ramegowda (2024) confirma que BIM puede incorporarse en proyectos petroleros, mientras los estudios procedentes de infraestructura y facility management muestran aplicaciones transferibles hacia instalaciones industriales. Esta situación constituye una oportunidad para desarrollar investigaciones enfocadas específicamente en mantenimiento de estructuras, terminales, refinerías, estaciones y demás activos civiles asociados con la industria.

Novedad científica y perspectivas de aplicación

La principal novedad identificada corresponde a la evolución de BIM desde una herramienta utilizada principalmente para coordinación y representación de proyectos hacia una

plataforma informacional vinculada con la gestión integral del activo. La incorporación de BIM-FM, BIM 7D, sistemas CMMS, estándares IFC y gemelos digitales muestra una tendencia hacia ecosistemas tecnológicos donde diferentes fuentes de información pueden relacionarse durante la vida útil de las infraestructuras.

Un aspecto controversial reside en que los beneficios tecnológicos descritos por la literatura no implican automáticamente una implementación efectiva. La existencia de modelos BIM detallados puede resultar insuficiente cuando las organizaciones carecen de procedimientos para actualizar información, estándares de interoperabilidad, personal capacitado o estrategias de gestión digital. La discusión se desplaza, por tanto, desde la disponibilidad de la tecnología hacia la capacidad institucional para incorporarla dentro de los procesos cotidianos de mantenimiento.

Las perspectivas futuras se orientan hacia modelos BIM conectados con información operacional, sistemas de gestión de activos, sensores, gemelos digitales y herramientas de análisis de datos. Para la industria del petróleo y gas, estas posibilidades podrían apoyar la planificación de inspecciones, localización de componentes, registro histórico de intervenciones, programación del mantenimiento y administración documental de infraestructuras civiles. La integración de estas funciones permitiría fortalecer la trazabilidad de la información requerida durante la vida útil del activo.

La pertinencia de estos hallazgos se relaciona con la necesidad de modernizar los procedimientos empleados para gestionar infraestructuras civiles en instalaciones petroleras y gasíferas. Los 13 estudios revisados muestran que BIM posee aplicaciones que pueden extenderse hacia las etapas de operación y mantenimiento, aunque persisten limitaciones relacionadas con interoperabilidad, actualización de datos, normalización y adopción organizacional. La evidencia disponible permite considerar BIM como una base tecnológica para avanzar hacia modelos de gestión de activos más integrados, mientras la limitada cantidad de investigaciones directamente desarrolladas en el sector petróleo y gas plantea una línea de estudio que requiere mayor desarrollo científico.

CONCLUSIONES

La revisión sistemática permitió determinar que Building Information Modeling (BIM) presenta aplicaciones que superan las etapas de diseño y construcción, extendiéndose hacia la gestión, operación y mantenimiento de infraestructuras. Los 13 estudios analizados evidenciaron aplicaciones relacionadas con gestión de activos, facility management, planificación del mantenimiento, inspección, administración de información e interoperabilidad entre plataformas. Estos aportes permiten considerar BIM como una metodología orientada a conservar y organizar información técnica durante el ciclo de vida de los activos.

La gestión centralizada de información constituye uno de los principales aportes identificados. Los modelos BIM permiten relacionar los componentes físicos de una

infraestructura con datos técnicos, documentación, registros de mantenimiento e información requerida para la administración del activo. Esta característica puede favorecer la planificación de intervenciones y la consulta de antecedentes durante las etapas operacionales, siempre que los modelos permanezcan actualizados y respondan a los requerimientos de información establecidos por las organizaciones.

La integración de BIM con facility management, sistemas computarizados de gestión del mantenimiento y tecnologías asociadas con gemelos digitales representa una tendencia relevante dentro de la literatura examinada. Estas relaciones amplían las posibilidades de utilizar los modelos digitales para el seguimiento de activos y la organización de actividades de mantenimiento. La interoperabilidad entre plataformas, calidad de los datos y actualización de los modelos permanecen entre las principales dificultades que condicionan estas aplicaciones.

En la industria del petróleo y gas se identificó una disponibilidad limitada de investigaciones directamente enfocadas en el empleo de BIM para la gestión y mantenimiento de infraestructuras civiles. La evidencia específica localizada demuestra posibilidades de implementación en proyectos petroleros, mientras los estudios desarrollados en infraestructura y gestión de instalaciones aportan procedimientos transferibles al sector. Este vacío evidencia la necesidad de ampliar las investigaciones orientadas hacia refinerías, terminales, instalaciones de almacenamiento, estaciones y demás activos civiles asociados con actividades petroleras y gasíferas.

Las principales limitaciones para la implementación de BIM se relacionan con incompatibilidad entre plataformas, ausencia de procedimientos estandarizados, necesidad de actualización continua de los modelos, requerimientos tecnológicos y capacitación del personal. La incorporación de BIM durante la operación requiere, por tanto, una estrategia que contemple aspectos tecnológicos, informacionales y organizacionales para garantizar la utilidad de los modelos durante periodos prolongados.

A partir de los hallazgos analizados, BIM presenta condiciones favorables para fortalecer la gestión del ciclo de vida de las infraestructuras civiles pertenecientes a la industria del petróleo y gas. Las perspectivas de desarrollo se orientan hacia su integración con gemelos digitales, sistemas de gestión de activos y herramientas de monitoreo, lo que abre oportunidades para avanzar hacia esquemas de mantenimiento preventivo y predictivo sustentados en información digital. El desarrollo de estudios específicos en instalaciones petroleras permitirá evaluar estas aplicaciones en escenarios operacionales reales y establecer procedimientos adaptados a las características técnicas del sector.

REFERENCIAS

- Abideen, D. K., Kaltungo, A. Y., & Manu, P. (2022). *Una revisión sistemática del grado de integración de BIM en la operación y el mantenimiento*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/14/8692>
- Ali, M., & Ramegowda, M. (2024). *Enfoque basado en BIM para la gestión de proyectos de la Compañía Petrolera de Basora*. Obtenido de <https://www.emerald.com/sasbe/article-abstract/14/6/1824/1258979/BIM-based-approach-to-manage-Basra-Oil-Company?redirectedFrom=fulltext>
- Asabere, K., & Issa, R. R. (2021). *BIM para la gestión de instalaciones: posibles problemas legales y oportunidades*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/354641056_BIM_for_Facilities_Management_Potential_Legal_Issues_and_Opportunities
- Belcher, E., & Abraham, Y. (2023). *Aplicaciones del ciclo de vida del modelado de información de construcción (BIM) para proyectos de infraestructura de transporte*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/9/2300>
- Belcher, E., & Abraham, Y. (2023). *Lifecycle Applications of Building Information Modeling for Transportation Infrastructure Projects*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/9/2300>
- Cao, y., Kamaruzzaman, S. N., & Mardhiyah, N. (2022). *Building Information Modeling (BIM) Capabilities in the Operation and Maintenance Phase of Green Buildings: A Systematic Review*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/6/830>
- Guo, X., & Chen, Y. F. (2021). *Estudio de caso sobre la implementación del modelado de información para la construcción (BIM) en proyectos de infraestructura*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/354813499_Case_Study_of_Building_Information_Modeling_Implementation_in_Infrastructure_Projects
- Hagedorn, P., Liu, L., & König, M. (2022). *Gestión de activos de infraestructura habilitada para BIM mediante contenedores de información y web semántica*. Obtenido de <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CP.1943-5487.0001051>
- Laishram, B., & Sood, R. (2024). *Desafíos en la implementación de 7D-BIM para la gestión de activos de infraestructura: una revisión sistemática*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/382004495_Challenges_in_Implementation_of_7D-BIM_for_Infrastructure_Asset_Management_A_Systematic_Review
- Lovell, L., Davies, R., & Hunt, D. (2024). *Modelado de información para la construcción y gestión de instalaciones (BIM-FM)*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/10/3977>

- Mohamed, Pereira, P., & Martins, J. P. (2022). *Digital Twins for Construction Assets Using BIM Standard Specifications*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/12/2155>
- Nielsen, O. A., & Miceli, G. (2024). *Revisión de los esfuerzos globales en la adopción de BIM para infraestructura vial*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2412-3811/9/8/126>
- Nour, M., & Pereira, P. (2022). *Gemelos digitales para activos de construcción utilizando especificaciones estándar BIM*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/12/2155>
- Shin, S., & Hyounseok, L. (2022). *Mecanismo de procesamiento de datos de mantenimiento basado en BIM mediante el desarrollo del estándar COBie para instalaciones portuarias*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/3/1304>
- Wijeratne, U., Gunarathna, C., & Yang, R. J. (2022). *BIM enabler for facilities management: a review of 33 cases*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15623599.2023.2222962>