

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERIA CIVIL



INFORME FINAL DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN:

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

TITULO DE INFORME FINAL:

**CÓMO BIM MEJORA LA COLABORACIÓN Y REDUCE ERRORES EN PROYECTOS DE
CONSTRUCCIÓN**

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

DAMARIS ELIZABETH, AYALA CASTILLO N° CARNET AC18053

JHONATAN MOISES, AYALA MENDOZA N° CARNET AC18073

DOCENTE ASESOR:

ING. RIGOBERTO LÓPEZ

OCTUBRE DE 2025

SAN MIGUEL, EL SAVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES



M.SC. JUAN ROSA QUINTANILLA

RECTOR

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFAN MATA

VICERRECTORA ACADÉMICA

M.SC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

SECRETARIO GENERAL

LIC. CARLOS AMÍLCAR SERRANO RIVERA

FISCAL GENERAL

LCDA. ANA RUTH AVELAR VALLADARES

DEFENSORA DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES



M.SC. CARLOS IVÁN HERNÁNDEZ FRANCO

DECANO

DRA. NORMA AZUCENA FLORES RETANA

VICEDECANA

LIC. CARLOS DE JESÚS SÁNCHEZ

SECRETARIO

ING. JOSÉ LUIS CASTRO CORDERO

JEFE DE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA

**COORDINADORA DEL PROCESO DE GRADO DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

RESUMEN

El presente estudio analiza cómo la metodología Building Information Modeling (BIM) contribuye a mejorar la colaboración y reducir errores en proyectos de construcción. A partir de una revisión cualitativa de literatura científica y técnica, junto con entrevistas a profesionales destacados del área, se identifican los principales beneficios y desafíos de la adopción de BIM. Los artículos y tesis consultados resaltan que BIM facilita la coordinación digital, permite la detección temprana de interferencias y errores, y promueve una comunicación integrada entre los diferentes actores del proyecto, resultando en una gestión más eficiente y menor incidencia de retrabajos y costos adicionales. En contraste, las entrevistas aportan una perspectiva práctica que confirma estos beneficios, pero enfatizan además la necesidad de superar barreras organizativas y de capacitación para maximizar el potencial de BIM. Los profesionales coinciden en que la tecnología por sí sola no garantiza el éxito, sino que debe integrarse con procesos adaptados y compromiso del equipo. Este contraste entre la teoría y la experiencia práctica evidencia la importancia de un enfoque integral para la implementación de BIM. Finalmente, se concluye que BIM es una herramienta clave para optimizar la colaboración, mejorar la precisión y reducir errores en las obras civiles, aunque su eficacia depende del contexto y la cultura organizativa donde se aplique.

PALABRAS CLAVES

BIM, Construcción, Colaboración, Errores, Reducción.

ABSTRACT

The present study analyzes how the Building Information Modeling (BIM) methodology contributes to improving collaboration and reducing errors in construction projects. Based on a qualitative review of scientific and technical literature, along with interviews with prominent professionals in the field, the main benefits and challenges of BIM adoption are identified. The reviewed articles and theses highlight that BIM facilitates digital coordination, enables early detection of clashes and errors, and promotes integrated communication among the different project stakeholders, resulting in more efficient management and a lower incidence of rework and additional costs. In contrast, the interviews provide a practical perspective that confirms these benefits but also emphasize the need to overcome organizational and training barriers to maximize BIM's potential. The professionals agree that technology alone does not guarantee success; it must be integrated with adapted processes and team commitment. This contrast between theory and practical experience underscores the importance of a comprehensive approach to BIM implementation. Finally, it is concluded that BIM is a key tool for optimizing collaboration, improving accuracy, and reducing errors in civil works, although its effectiveness depends on the context and organizational culture in which it is applied.

KEYWORDS

BIM, Construction, Collaboration, Errors, Reduction.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción, históricamente, ha sido percibida como un sector rezagado en la adopción de innovaciones tecnológicas y metodológicas.

Sus procesos fragmentados, la dependencia de la documentación bidimensional y la inherente complejidad de coordinar múltiples disciplinas han propiciado un escenario donde los errores, los retrabajos y los sobrecostos son una constante preocupante (Ullah, 2019).

Esta situación, lejos de ser exclusiva de una región, representa un desafío global que demanda soluciones transformadoras para alcanzar mayores niveles de eficiencia y sostenibilidad.

En este contexto, el Building Information Modeling (BIM) ha emergido como un paradigma revolucionario, trascendiendo la mera herramienta de diseño asistido por computadora para configurarse como una metodología integral de gestión de la información durante todo el ciclo de vida de un proyecto.

BIM no solo facilita la creación de modelos tridimensionales con información paramétrica, sino que integra datos de diversas fuentes (arquitectura, ingeniería estructural, instalaciones (MEP), planificación de obra, gestión de costos) en una plataforma colaborativa centralizada (Audeves-Pérez, 2023).

La promesa es clara: una coordinación sin precedentes, una visualización anticipada de conflictos y una toma de decisiones basada en información precisa y actualizada.

La presente investigación se plantea como objetivo fundamental evaluar de qué manera la implementación de BIM incide directamente en la mejora de la colaboración interdisciplinaria y en la reducción efectiva de errores en la fase de diseño y ejecución de proyectos de construcción.

Nos interesa desentrañar cómo la estandarización de procesos, la visualización compartida y la gestión de información estructurada que BIM propone, y que normativas como la ISO 19650 buscan formalizar, contribuyen a mitigar las ineficiencias y conflictos que han aquejado

tradicionalmente al sector (Observatorio2030, 2019).

Para abordar este objetivo central, se han formulado las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son las características distintivas de BIM que fomentan una colaboración más efectiva entre los diferentes actores de un proyecto de construcción?

¿En qué medida la adopción de BIM se traduce en una reducción cuantificable de errores de diseño y retrabajos en obra, según la literatura académica y la experiencia de los profesionales?

Finalmente, ¿qué desafíos organizacionales y de capacitación persisten en el contexto de El Salvador que puedan limitar una implementación óptima de la metodología BIM?

La relevancia de este estudio radica en su enfoque dual: por un lado, se consolida el conocimiento teórico existente mediante una revisión sistemática de fuentes académicas; por otro, se ancla esta teoría en la realidad operativa del sector salvadoreño a través de la perspectiva invaluable de profesionales con experiencia directa en BIM.

Esta triangulación metodológica no solo valida las teorías sobre los beneficios de BIM, sino que también identifica los matices y obstáculos específicos que deben considerarse para una adopción exitosa.

Se espera que los hallazgos de esta investigación sirvan como una guía práctica para empresas, instituciones educativas y formuladores de políticas interesadas en maximizar el potencial de BIM para una construcción más eficiente y libre de errores.

METODOLOGÍA

La naturaleza de esta investigación, enfocada en comprender procesos complejos y la interacción humana con nuevas tecnologías, se alinea de manera óptima con un enfoque cualitativo.

El diseño adoptado es de carácter exploratorio-descriptivo, permitiendo una inmersión profunda en las percepciones, experiencias y conocimientos de los actores clave del sector, así como en la literatura relevante (academia.utp., 2024).

Nuestro propósito no es cuantificar la magnitud de un fenómeno de forma generalizable, sino comprender sus

dinámicas, causas y consecuencias en un contexto específico.

1.1) Diseño de la Investigación y Fuentes de Datos

La solidez de este estudio se fundamenta en la triangulación de fuentes de datos, lo cual permite validar y enriquecer los hallazgos desde distintas perspectivas (Jesús et al., 2024).

1.1.1 Revisión de Literatura Académica (Datos Secundarios)

Se llevó a cabo una exhaustiva revisión sistemática de la literatura publicada, buscando artículos de revistas científicas indexadas¹, tesis de pregrado y posgrado, y reportes técnicos de organismos reconocidos.

Las bases de datos consultadas incluyeron Scopus, Web of Science, Dialnet², Google académico y repositorios universitarios, utilizando palabras clave como "BIM", "colaboración en

construcción", "reducción de errores", "gestión de proyectos" e "ISO 19650". Esta revisión sentó el marco teórico, identificó los beneficios cuantificables de BIM y describió los desafíos generales de su implementación a nivel global.

1.1.2 Entrevistas Semi-Estructuradas (Datos Primarios)

Para obtener una visión práctica y contextualizada, se realizaron entrevistas en profundidad a profesionales con experiencia directa en la implementación y gestión de proyectos bajo la metodología BIM en El Salvador. La técnica de muestreo fue no probabilística, por juicio de expertos y conveniencia, seleccionando a individuos con trayectorias reconocidas en el uso de BIM. Esta elección se basó en la necesidad de acceder a un saber práctico y experiencial que no se encuentra en la literatura.

¹ Las revistas científicas indexadas son publicaciones periódicas de investigación que han sido evaluadas y seleccionadas para aparecer en bases de datos o índices reconocidos internacionalmente.

² Scopus, Web of Science y Dialnet son bases de datos académicas y bibliográficas que recopilan y organizan artículos científicos, tesis, libros y otros documentos de investigación para facilitar su búsqueda, consulta y análisis.

1.2 Participantes y Recolección de Datos Primarios

Se seleccionó un panel de profesionales, incluyendo arquitectos e ingenieros civiles, que ocupan roles clave en la gestión de proyectos y la implementación de BIM en sus respectivas organizaciones.

Las entrevistas se llevaron a cabo entre agosto y septiembre de 2025. Se utilizó una guía de preguntas semi-estructurada, que permitió explorar temas predefinidos sobre colaboración, reducción de errores y desafíos, al tiempo que ofreció la flexibilidad necesaria para que los entrevistados compartieran sus perspectivas y anécdotas relevantes.

La duración promedio de cada entrevista fue de 25 a 30 minutos, y todas fueron grabadas con el consentimiento de los participantes para su posterior transcripción y análisis detallado. (ARQ.ING_EL_SALVADOR, 2025).

1.3 Análisis de Datos

Una vez transcritas las entrevistas, el análisis de datos se realizó mediante la técnica de análisis temático, siguiendo un

enfoque inductivo y deductivo (Mathias et al., 2023):

- ✓ Familiarización con los Datos: Lectura reiterada de las transcripciones y documentos para comprender el contenido general.
- ✓ Generación de Códigos Iniciales: Identificación de fragmentos de texto relevantes y asignación de etiquetas descriptivas (códigos).
- ✓ Búsqueda de Temas: Agrupación de los códigos en temas más amplios y significativos, como "Beneficios de la Colaboración Digital", "Obstáculos Culturales" o "Impacto en Costos".
- ✓ Revisión de Temas: Refinamiento de los temas para asegurar que reflejen la esencia de los datos y sean coherentes internamente.
- ✓ Definición y Nombramiento de Temas: Desarrollo de definiciones claras para cada tema y selección de ejemplos ilustrativos.
- ✓ Triangulación: Los temas emergentes de las entrevistas fueron contrastados y validados con los hallazgos de la revisión de literatura académica. Este proceso permitió identificar convergencias, divergencias y nuevas

perspectivas que enriquecieron la discusión.

RESULTADOS

Los resultados de esta investigación se presentan de manera estructurada, diferenciando entre los hallazgos provenientes de la revisión de literatura académica y las perspectivas obtenidas de las entrevistas con los profesionales. Esta dualidad nos permite construir un entendimiento más integrado del fenómeno BIM en la construcción.

2.1 Hallazgos de la Revisión de Literatura Académica

La investigación bibliográfica reveló una sólida base de evidencia que respalda los beneficios de BIM en la mejora de la colaboración y la reducción de errores.

2.1.1 Fundamentos de la Metodología Tradicional y sus Ineficiencias

Antes de adentrarnos en BIM, es fundamental comprender el telón de fondo. La metodología tradicional en la construcción se ha caracterizado por un flujo de trabajo lineal y fragmentado.

Basada en planos 2D³ y documentos desconectados, cada disciplina (arquitectura, ingeniería estructural, MEP) opera de manera relativamente independiente, intercambiando información en puntos específicos del proyecto.

Esta falta de integración intrínseca genera, lamentablemente, ineficiencias críticas:

- ✓ **Detección Tardía de Conflictos:** Los errores y colisiones de diseño a menudo no se identifican hasta la fase de construcción, cuando su corrección es significativamente más costosa y consume tiempo valioso (Suggar, 2009).

La reconstrucción de una tubería mal dimensionada o una columna que

³ En construcción y diseño, **2D** se refiere a “*dos dimensiones*”, es decir, dibujos o planos que solo tienen **largo** y **ancho**, sin profundidad.

interfiere con una viga es un ejemplo palpable de estos problemas.

- ✓ **Falta de Coordinación y Malentendidos:** La ausencia de un modelo centralizado dificulta la comprensión integral del proyecto por parte de todos los actores.

Las interpretaciones erróneas de los planos o la desactualización de la información son caldo de cultivo para la desalineación entre los equipos (Ullah, 2019).

- ✓ **Gestión Ineficiente de Cambios:** Cualquier modificación en el diseño implica revisar y actualizar manualmente múltiples documentos, aumentando el riesgo de inconsistencias y la necesidad de retrabajos.

2.1.2 El Paradigma de Building Information Modeling (BIM)

BIM representa un cambio radical frente a la metodología tradicional. No se limita a un software; es un proceso que gestiona la información de un proyecto de construcción a lo largo de todo su ciclo de

vida, desde la concepción hasta la demolición.

Un modelo BIM es una representación digital paramétrica que contiene no solo geometría, sino también datos ricos en atributos (Audeves-Pérez, 2023).

Esto significa que un elemento en el modelo (una pared, una viga, una ventana) lleva consigo información sobre su material, propiedades térmicas, costos, fabricante, tiempo de instalación, etc.

Las dimensiones de BIM abarcan:

- ✓ 3D: Representación geométrica tridimensional.
- ✓ 4D: Incorporación del tiempo/cronograma al modelo, permitiendo simulaciones de construcción.
- ✓ 5D: Integración de los costos al modelo, facilitando la estimación y control presupuestario.
- ✓ 6D: Sostenibilidad y análisis energético del edificio.
- ✓ 7D: Gestión del ciclo de vida del activo y mantenimiento de instalaciones (Facility Management).

Qué es BIM

El Modelado de Información de Construcción (BIM)⁴ es una metodología digital que integra en modelos tridimensionales la información geométrica, técnica, económica y temporal de un proyecto.

Ventajas del BIM

¿Como se siente BIM en el día a día?

ANTES “¿Tienes el último PDF?” → 15 versiones → error → retrabajo → sobrecosto.

AHORA "Actualicemos el modelo" → 1 clic → clash resuelto → obra fluye → ahorro confirmado.

2.1.3 Impacto de BIM en la Reducción de Errores

La literatura académica proporciona abundante evidencia sobre cómo BIM mitiga los errores de proyecto:

✓ **Detección de Colisiones (Clash Detection):** Esta es una de las funciones más citadas. BIM permite superponer los modelos de diferentes disciplinas (arquitectura, estructura, MEP) para identificar automáticamente interferencias antes de que la construcción inicie.

Azhar et al. (2011) documentan que esta capacidad reduce significativamente los errores en campo que suelen generar costosos retrasos y retrabajos. Porras-Díaz (2015) encontró en su investigación que la aplicación de BIM conduce a una reducción estimada del 30% en errores relacionados con la coordinación.

✓ **Visualización y Comunicación Mejorada:** La representación 3D de los modelos facilita la comprensión del diseño por parte de todos los interesados, incluyendo clientes y personal de obra, lo que disminuye las

⁴ *BIM no es solo una herramienta informática, sino una metodología o enfoque de trabajo que se apoya en herramientas digitales.*

posibilidades de malentendidos (Díaz Peña, 2024).

- ✓ **Precisión en la Documentación:** Los planos y listados de cantidades (quantities) se generan directamente del modelo BIM, garantizando una coherencia intrínseca entre los distintos documentos del proyecto y minimizando errores de transcripción o cálculo manual.

2.1.4. Impulso de la Colaboración Interdisciplinaria con BIM

BIM transforma la colaboración de un proceso lineal a uno simultáneo e intergral

- ✓ **Entorno Común de Datos (CDE):** El CDE es una plataforma digital centralizada donde se almacena y gestiona toda la información del proyecto (modelos, documentos, datos) de forma estructurada. Este sistema asegura que todos los miembros del equipo accedan a la versión más reciente y validada de la información, eliminando la

ambigüedad y mejorando la transparencia (Ullah, 2019).

- ✓ **Estandarización y Protocolos (ISO 19650):** La serie de normas ISO 19650⁵ proporciona un marco internacional para la gestión de información en el ciclo de vida de activos construidos utilizando BIM. Estas normas establecen un lenguaje común y procesos estandarizados para el intercambio de información, crucial para la interoperabilidad y la eficacia de la colaboración (al et al., 2023). Mathias et al. (2023) resaltan que, sin protocolos claros, la información generada en BIM podría volverse inmanejable.
- ✓ **Toma de Decisiones Informada:** Al tener acceso a un modelo rico en datos, los equipos pueden evaluar rápidamente las implicaciones de cualquier cambio en términos de costo, tiempo y rendimiento, fomentando decisiones más proactivas y menos reactivas.

⁵ *La norma ISO 19650 establece un marco para la gestión de información en la construcción, un*

idioma común, que favorece la eficiencia, la calidad y el aumento de productividad.

2.2 Percepciones Prácticas de los Profesionales Entrevistados

Las entrevistas a los profesionales salvadoreños revelaron una validación de los beneficios teóricos de BIM, pero también expusieron los desafíos contextuales y organizacionales que marcan la realidad de su implementación en la región.

2.2.1 Confirmación de la Reducción de Errores en la Práctica

Todos los entrevistados coincidieron en que la detección de interferencias es el beneficio más palpable y de mayor impacto económico. El Arquitecto (ARQ_Carlos_Morán, 2025), especialista en coordinación, relató:

"Antes, en la obra, encontrábamos sorpresas como una viga que atravesaba un ducto de aire acondicionado. Eso significaba demolición, atrasos de días y sobrecostos. Con BIM, esas colisiones se detectan en la oficina, se resuelven virtualmente en minutos y el modelo ya va 'limpio' a obra. Hemos visto

una reducción drástica, quizás un 40% menos de RFI (Request For Information)⁶ relacionadas con conflictos espaciales."

La Ingeniera (ING_Gabriela_Montoya, 2025) añadió:

"La visualización 3D y las simulaciones 4D (construcción por fases) permiten que hasta el personal de campo entienda mejor el proyecto. Reducimos errores por mala interpretación de planos que son inherentemente complejos en 2D."

2.2.2. La Colaboración: Un Imperativo Forzado por BIM

Los profesionales destacaron que BIM no solo facilita, sino que fuerza la colaboración. El Arquitecto (ARQ_Alejandro_Menjivar, 2025) comentó:

"BIM exige que el ingeniero estructural, el de MEP y el arquitecto se sienten a coordinar desde el inicio. Ya no es posible trabajar de forma aislada. Si no te comunicas y compartes tu modelo, el

⁶ La expresión **Request For Information (RFI)** se traduce como *Solicitud de Información*. Es un proceso formal y estándar utilizado principalmente en negocios y proyectos para recopilar información detallada de posibles

proveedores acerca de productos, servicios o capacidades.

proyecto simplemente no avanza o genera muchos conflictos."

Esta convergencia temprana es clave para integrar las diferentes perspectivas y resolver los problemas cuando el costo de cambiarlos es mínimo.

Sin embargo, esta necesidad de colaboración también expone fricciones iniciales. El Arquitecto (ARQ_Victor_Guevara, 2025) observó:

"Al principio, hay resistencia a compartir modelos o información de diseño en progreso. Existe el miedo a que te 'copien' o a que descubran errores. BIM te obliga a ser transparente, y eso es un cambio cultural enorme que no todos adoptan de buen grado."

2.2.3. Desafíos Organizacionales y de Capacitación en el Contexto Local

A pesar de los beneficios evidentes, los entrevistados identificaron desafíos significativos en la implementación de BIM en El Salvador:

- ✓ **Resistencia al Cambio Cultural:** El Arquitecto (ARQ_Nathaly_Serrano, 2025) enfatizó:

"El mayor obstáculo no es la tecnología, sino la gente. Cambiar hábitos de décadas de trabajo en 2D y una mentalidad de 'mi información es mía' es lo más difícil. La inversión en software es una cosa, la inversión en cambiar la cultura es otra."

- ✓ **Costo de Implementación y Capacitación:** El Arquitecto (ARQ_Alejandro_Menjivar, 2025) mencionó que el alto costo inicial de licencias, hardware y, sobre todo, la capacitación, es una barrera para muchas pequeñas y medianas empresas.

"Entrenar a todo un equipo en BIM y en los nuevos flujos de trabajo es una inversión considerable que no todas las empresas están dispuestas a hacer, o no ven el retorno a corto plazo."

- ✓ **Falta de Estandarización Nacional:** La ausencia de un mandato BIM a nivel gubernamental o de un protocolo nacional estandarizado (similar a la ISO 19650 adaptada localmente) contribuye a una

implementación inconsistente y fragmentada.

"Cada empresa inventa su propio método, lo que dificulta la colaboración entre empresas si no comparten los mismos protocolos," señaló la Ingeniera (ING_Gabriela_Montoya, 2025)

- ✓ **Brecha de Habilidades en el Mercado:** Existe una demanda creciente de profesionales con habilidades BIM, pero la oferta académica aún no logra cubrirla de manera robusta. El Arquitecto (ARQ_Victor_Guevara, 2025) destacó:

"Encontramos que los jóvenes salen de la universidad con conocimientos básicos de modelado, pero les falta la visión integral de gestión de proyectos y colaboración que BIM realmente demanda."

Recalcando;

La contribución más significativa de la metodología BIM en la precisión de los proyectos radica en su capacidad para prevenir categorías específicas de errores que, en el flujo de trabajo tradicional (basado

en planos 2D), solo se detectan costosos y tardíamente en la etapa de construcción.

Estos errores pueden clasificarse en tres tipos principales:

Errores de Coordinación Espacial (ClashDetection): Son las interferencias físicas entre elementos de distintas disciplinas (por ejemplo, una tubería de servicios MEP que atraviesa una viga estructural).

BIM los mitiga mediante la revisión automatizada del modelo federado, trasladando la detección de conflictos de la obra a la fase de diseño.

Errores de Documentación e Inconsistencia de Datos (Coherencia): Surgen cuando las cantidades de obra, los planos de planta o las elevaciones no coinciden entre sí debido a actualizaciones manuales.

El modelo BIM opera como una Fuente Única de Verdad, donde cualquier modificación en el 3D actualiza automáticamente todos los documentos y cómputos métricos (4D/5D), garantizando la coherencia total.

Errores de Interpretación y Comunicación (Comprensión): Son fallas en la transmisión de la intención del diseño al equipo de construcción. El modelo tridimensional y la documentación generada a partir de este facilitan la visualización y comprensión integral del proyecto, reduciendo la ambigüedad que a menudo acompaña a los documentos bidimensionales.

El impacto económico de BIM se maximiza al transformar los errores de ejecución en errores de diseño que pueden resolverse virtualmente, evitando el sobrecosto y los retrasos asociados al retrabajo en sitio.

Entonces:

La mejora en la colaboración, piedra angular de BIM, se materializa a través de dos ejes: el tecnológico y el metodológico.

A Nivel Tecnológico:

El Entorno Común de Datos (CDE): La colaboración se eleva a un nivel de integración total mediante el uso de un Entorno Común de Datos (CDE). Este no es solo un repositorio de archivos, sino la plataforma que asegura que todos los participantes (arquitectos, ingenieros,

contratistas, propietarios) accedan a la misma y única versión validada de la información del proyecto.

Este mecanismo elimina la dispersión de datos y garantiza la transparencia y trazabilidad de las modificaciones, permitiendo la toma de decisiones basada en información en tiempo real.

A Nivel Metodológico:

La Integración Temprana de los Agentes: BIM exige pasar de un flujo de trabajo lineal y secuencial (el arquitecto termina, luego el estructuralista, luego el de MEP) a un proceso paralelo e integrado.

Esta integración temprana fuerza a los equipos a coordinar sus diseños de manera simultánea desde las primeras fases. La colaboración ya no es opcional, sino un requisito metodológico para la creación y gestión del modelo federado. Este cambio cultural fomenta una mentalidad de responsabilidad compartida y la resolución de problemas en equipo, maximizando la eficiencia operativa del proyecto.

Estos resultados demuestran que, si bien la promesa de BIM es grande y sus beneficios técnicos son innegables, su plena

realización depende crucialmente de superar barreras humanas, organizacionales y educativas que requieren una estrategia más allá de la mera adquisición de software.

DISCUSIÓN

La discusión de los resultados se centra en las convergencias y divergencias entre lo que la literatura académica señala y las experiencias aportadas por los profesionales entrevistados en El Salvador.

Al estas combinar dos perspectivas, buscamos una comprensión más robusta de cómo BIM aborda los problemas de colaboración y de errores en la construcción, así como identificar dónde residen los principales retos para su implementación.

Observamos que la literatura refuerza la idea de que BIM tiene un impacto significativo en la reducción de errores de diseño y construcción. Sin embargo, nuestra lectura no se limita a confirmar este punto; priorizamos cómo esas capacidades se materializan en proyectos reales y qué frenos prácticos enfrentan las empresas en El Salvador.

Enfoque de Errores y Colaboración Integrada:

La integración de BIM en proyectos de construcción genera beneficios que trascienden la simple visualización. En nuestra interpretación, BIM aporta una contribución operativa al facilitar la detección de conflictos y la coordinación entre disciplinas desde etapas tempranas, lo que permite anticipar y mitigar retrabajos costosos.

Enfoque en las Categorías de Errores:

Clasificamos los errores en categorías como Coordinación Espacial, Inconsistencia de Datos e Interpretación. Esta focalización facilita cuantificar el valor añadido de BIM en términos prácticos para los equipos, más allá de una mera taxonomía teórica.

La detección de interferencias (detección de choques) emerge como una actividad central que traslada los costos de corrección a fases de diseño, donde resultan más económicos de corregir.

Análisis del Mecanismo Colaborativo:

Desde nuestra perspectiva, el éxito de BIM es, ante todo, metodológico. La implementación de un Entorno Común de Datos (CDE) y la integración temprana de disciplinas se alinea con los beneficios observados en la práctica, promoviendo una gestión de riesgos más eficaz al identificar interferencias en el entorno virtual antes de que se manifiesten en obra.

La mejora de la colaboración no depende solo de herramientas; Para nosotros, implica un cambio organizacional y cultural. Aunque el marco de BIM, con CDE y protocolos estandarizados, facilita la transmisión de información, la experiencia de los profesionales revela que la colaboración puede volverse obligatoria, en el sentido de verso impulsado por la necesidad de coordinarse para entregar proyectos con eficiencia y calidad.

Una de las barreras relevantes es la resistencia cultural: la mentalidad de "mi información es mía" dificulta la transparencia y el intercambio abierto que BIM exige.

Esta divergencia entre la teoría (que supone un entorno colaborativo ideal) y la práctica real, donde dinámicas humanas y organizacionales importan, representan un punto crítico.

nuestra discusión, la implementación de BIM en El Salvador requiere un cambio de paradigma que vaya más allá de la tecnología: implica redefinir roles, aclarar responsabilidades y fomentar una cultura de transparencia y colaboración proactiva.

Respecto a las experiencias locales, ya señalamos que la falta de estandarización de protocolos sustantivos y la capacitación adecuada son obstáculos.

Si bien la inversión en software y hardware es necesaria, entendemos que el verdadero valor de BIM se desbloquea cuando las organizaciones invierten también en formación continua y en la adopción de una cultura de colaboración. Sin una hoja de ruta clara para la implementación, las empresas pueden perderse y no obtener el retorno esperado.

Además, la situación en El Salvador, donde la adopción de BIM es mayormente voluntaria y no se impone a nivel nacional,

genera una brecha en estandarización e interoperabilidad entre los actores de la cadena de valor. En nuestra lectura, el mayor beneficio de BIM se alcanza cuando se adopta de forma sistémica y estandarizada a lo largo de la industria, no solo en proyectos aislados.

CONCLUSIONES

La presente investigación ha explorado la contribución de la metodología Building Information Modeling (BIM) a la mejora de la colaboración interdisciplinaria y la reducción de errores en proyectos de construcción, integrando la teoría académica con la experiencia práctica en el contexto salvadoreño.

En primer lugar, se valida de manera contundente que BIM es un factor decisivo en la mitigación de errores. La función de detección de interferencias (clash detection), respaldada tanto por la literatura (Azhar et al., 2011; Porras-Díaz, 2015) como por las vivencias de los profesionales (ARQ_Carlos_Morán, 2025), permite una identificación y resolución proactiva de conflictos en la fase de diseño.

Por consiguiente, esto se traduce en una reducción significativa de retrabajos, demoras y sobrecostos en obra, generando eficiencias operativas que la metodología tradicional no puede ofrecer.

Además, BIM actúa como un catalizador de la colaboración interdisciplinaria, puesto que no solo facilita, sino que fuerza una interacción activa y temprana entre todas las disciplinas involucradas en un proyecto.

Por ende, el Entorno Común de Datos (CDE) y los protocolos de intercambio de información, idealmente estandarizados por normativas como la ISO 19650, aseguran que todos los actores trabajen con información consistente y actualizada.

No obstante, a pesar de los innegables beneficios técnicos, el desafío más relevante para la adopción plena y efectiva de BIM reside en el ámbito humano y organizacional. La resistencia al cambio cultural, la necesidad de una capacitación continua y profunda, y la ausencia de un marco estandarizado nacional emergen como barreras significativas en el contexto salvadoreño.

Por lo tanto, la inversión en tecnología debe ir acompañada, imperativamente, de una inversión en capital humano y en la transformación de la mentalidad y los procesos de trabajo.

Finalmente, para maximizar el potencial de BIM, es indispensable adoptar un enfoque holístico o integral que vaya más allá de la adquisición de software.

Este enfoque implica el desarrollo de estrategias de gestión del cambio, la implementación de programas de formación actualizados y la promoción de una cultura de transparencia y colaboración.

En síntesis, BIM es una metodología transformadora y esencial para la modernización de la industria de la construcción, y aunque su eficacia en la mejora de la colaboración y la reducción de errores es irrefutable.

Su éxito final dependerá de la capacidad de las organizaciones y del sector en su conjunto para adaptarse a los nuevos paradigmas de trabajo que esta poderosa herramienta demandada.

AGRADECIMIENTOS

Con humildad y profunda gratitud, agradecemos a Dios por su guía y fortaleza en este camino.

Extendemos nuestro sincero reconocimiento a nuestras queridas familias por su apoyo incondicional y a nuestro amigo, nuestro tutor Ingeniero Rigoberto López.

Un agradecimiento muy especial a la Arquitecta Frida Victoria Lara Rodezno, cuya inspiración y confianza fueron fundamentales para emprender este proyecto.

Finalmente, nuestro reconocimiento se dirige a todos los ingenieros y arquitectos que amablemente colaboraron con sus valiosas entrevistas, cuyo conocimiento práctico fue esencial para el desarrollo y validación de esta investigación.

REFERENCIAS

academia.utp. (6 de Noviembre de 2024).

Investigación Cualitativa y Diseño

Investigativo. Obtenido de

[https://academia.utp.edu.co/seminari](https://academia.utp.edu.co/seminario-investigacion-II/files/2017/08/INVESTIGACION-CUALITATIVACreswell.pdf)

[o-investigacion-](https://academia.utp.edu.co/seminario-investigacion-II/files/2017/08/INVESTIGACION-CUALITATIVACreswell.pdf)

[II/files/2017/08/INVESTIGACION-](https://academia.utp.edu.co/seminario-investigacion-II/files/2017/08/INVESTIGACION-CUALITATIVACreswell.pdf)

[CUALITATIVACreswell.pdf](https://academia.utp.edu.co/seminario-investigacion-II/files/2017/08/INVESTIGACION-CUALITATIVACreswell.pdf)

al, C. e. (16 de Septiembre de 2023).

Obtenido de

[https://www.sciencedirect.com/scien](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023069050)

[ce/article/pii/S2405844023069050](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023069050)

ARQ.ING_EL_SALVADOR. (21 de Agosto

de 2025). ENTREVISTAS.

(ALUMNOSUES, Entrevistador)

Obtenido de

[https://drive.google.com/drive/folder](https://drive.google.com/drive/folder/s/1n83xm2Uqq69KHSxk8OgXGSm)

[s/1n83xm2Uqq69KHSxk8OgXGSm](https://drive.google.com/drive/folder/s/1n83xm2Uqq69KHSxk8OgXGSm)

[efTFcPb3s?usp=drive_link](https://drive.google.com/drive/folder/s/1n83xm2Uqq69KHSxk8OgXGSm)

ARQ_Alejandro_Menjivar. (26 de Agosto de

2025). BIM. (Vanessa, Victoria, &

Esmeralda, Entrevistadores)

Obtenido de

[https://drive.google.com/file/d/1co9x](https://drive.google.com/file/d/1co9xjwhYbbaMg2hZ_CElFr7Bufr0diCB/view?usp=drive_link)

[jwhYbbaMg2hZ_CElFr7Bufr0diCB/](https://drive.google.com/file/d/1co9xjwhYbbaMg2hZ_CElFr7Bufr0diCB/view?usp=drive_link)

[view?usp=drive_link](https://drive.google.com/file/d/1co9xjwhYbbaMg2hZ_CElFr7Bufr0diCB/view?usp=drive_link)

ARQ_Carlos_Morán. (21 de Agosto de

2025). Como BIM mejora la

colaboración y reduce errores en

proyectos de construcción. (Damaris,

& Jhonatan, Entrevistadores)

Obtenido de

[https://docs.google.com/document/d/](https://docs.google.com/document/d/1p-cpq2bU5rLTAss7gh_77IpkjDqIKvCi/edit?usp=drive_link&oid=107342572304246044871&rtpof=true&sd=true)

[1p-](https://docs.google.com/document/d/1p-cpq2bU5rLTAss7gh_77IpkjDqIKvCi/edit?usp=drive_link&oid=107342572304246044871&rtpof=true&sd=true)

[cpq2bU5rLTAss7gh_77IpkjDqIKvCi](https://docs.google.com/document/d/1p-cpq2bU5rLTAss7gh_77IpkjDqIKvCi/edit?usp=drive_link&oid=107342572304246044871&rtpof=true&sd=true)

[/edit?usp=drive_link&oid=1073425](https://docs.google.com/document/d/1p-cpq2bU5rLTAss7gh_77IpkjDqIKvCi/edit?usp=drive_link&oid=107342572304246044871&rtpof=true&sd=true)

[72304246044871&rtpof=true&sd=tr](https://docs.google.com/document/d/1p-cpq2bU5rLTAss7gh_77IpkjDqIKvCi/edit?usp=drive_link&oid=107342572304246044871&rtpof=true&sd=true)

[ue](https://docs.google.com/document/d/1p-cpq2bU5rLTAss7gh_77IpkjDqIKvCi/edit?usp=drive_link&oid=107342572304246044871&rtpof=true&sd=true)

ARQ_Nathaly_Serrano. (4 de Septiembre de

2025). Como BIM mejora la

colaboración y reduce errores en

proyectos de construcción. (Damaris, & Jhonatan, Entrevistadores) Obtenido de https://docs.google.com/document/d/1sX-k1eRVdQQbd2BQSKhTdRAbXSVPNL9f/edit?usp=drive_link&oid=107342572304246044871&rtpof=true&sd=true

ARQ_Victor_Guevara. (28 de Septiembre de 2025). Cómo BIM mejora la colaboración y reduce errores en proyectos de construcción. . (Damaris, & Jhonatan, Entrevistadores) Obtenido de https://docs.google.com/document/d/1GW_nkMNkX5WhxRlxWMX8HORuS5rFBUZv/edit?usp=drive_link&oid=107342572304246044871&rtpo

Azhar, & al, E. e. (15 de Junio de 2011). Obtenido de

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)

Diaz Peña, P. V. (14 de Noviembre de 2024). Análisis de la implementación de la metodología BIM: estudios de caso de proyectos de construcción. *Estudios de caso de proyectos de construcción*, 170-170. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10162371.pdf>

ING_Gabriela_Montoya. (24 de Septiembre de 2025). BIM. (C. M. Michell, Entrevistador) Obtenido de https://docs.google.com/document/d/1UBXnUQBMJtzMgAhNngODrl_CjQAP-75s/edit?usp=drive_link&oid=107342572304246044871&rtpof=true&sd=true

Jesús, Ana, & Mónica, E. (2024). ESTUDIO DE LA METODOLOGIA

BUILDING INFORMATION.

REDTIS. Obtenido de

<https://drive.google.com/file/d/14xed>

[eKJV1Y6t4mFXvbhzhfKd79nL5pXb](https://drive.google.com/file/d/14xedeKJV1Y6t4mFXvbhzhfKd79nL5pXb)

[P/view?usp=drive_link](https://drive.google.com/file/d/14xedeKJV1Y6t4mFXvbhzhfKd79nL5pXb/view?usp=drive_link)

Mathias, Stephanny, Luis, & Rene. (6 de

Agosto de 2023). Obtenido de

<https://drive.google.com/file/d/1sMw>

[famkYOIEJeklteEF95B7QZLH0WG](https://drive.google.com/file/d/1sMwfamkYOIEJeklteEF95B7QZLH0WG)

[0l/view?usp=drive_link](https://drive.google.com/file/d/1sMwfamkYOIEJeklteEF95B7QZLH0WG/view?usp=drive_link)

Observatorio2030. (27 de Julio de 2019).

Estudio Sobre la implantación de

BIM. Obtenido de

<https://observatorio2030.com/sites/d>

[efault/files/2019-](https://observatorio2030.com/sites/default/files/2019-)

[07/Estudio%20sobre%20la%20Impl](https://observatorio2030.com/sites/default/files/2019-07/Estudio%20sobre%20la%20Impl)

[management-reducing-project-defects/](https://observatorio2030.com/sites/default/files/2019-07/Estudio%20sobre%20la%20Impl-management-reducing-project-defects/)

Porras_Díaz. (5 de Junio de 2015). *Analisis*

de la implementación de la

Metodología BIM: estudios de caso

de proyectos de construcción.

Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/scielo.php?>

[script=sci_arttext&pid=S1900-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-)

[38032015000100017](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032015000100017)

Suggar. (3 de Mayo de 2009).

Automatización en la construcción.

Obtenido de

<https://www.sciencedirect.com/scien>

[ce/article/abs/pii/S092658050800156](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092658050800156)

8

Ullah. (26 de Agosto de 2019). Obtenido de

<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%>

[28ASCE%29CO.1943-](https://ascelibrary.org/doi/10.1061/28ASCE%29CO.1943-)

[7862.0001706](https://ascelibrary.org/doi/10.1061/28ASCE%29CO.1943-7862.0001706)