

Modalidad de grado: Monografía



Análisis de la implementación de la metodología BIM ha transformado la gestión de proyectos en ingeniería civil en edificaciones.

Presentado por:

Faisury Arias Osorio

Leidy Vanessa Diaz Lopez

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

junio de 2025

Modalidad de grado: Monografía

Análisis de la implementación de la metodología BIM ha transformado la gestión de proyectos en ingeniería civil en edificaciones.

Presentado por:

Faisury Arias Osorio

Leidy Vanessa Diaz Lopez

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor

Rafael Guillermo Arzuaga Mejia

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

junio de 2025

Contenido

Lista de tablas.....	5
Lista de graficas	6
Lista de anexos	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	10
2.1. Descripción del problema.....	10
2.2. La pregunta de investigación.....	11
2.3. Los objetivos de investigación	11
2.3.1. Objetivo general	11
2.3.2. Objetivos específicos	11
2.4. Justificación de la investigación.....	12
3. MARCO DE REFERENCIA	13
3.1. Marco de Antecedentes	13
3.2. Marco Teórico	14
3.3. Marco legal.....	19
4. METODOLOGÍA.....	22
4.1. Enfoque y alcance de la investigación	22
4.2. Población y muestra	24
5. ANÁLISIS DE DATOS:.....	25
5.1. Objetivo Específico 1:.....	25
5.1.1. Origen y recolección de los datos:	25
5.1.2. Categorías de análisis y resultados.....	26
5.1.3. Cumplimiento de estándares de calidad.....	26

Modalidad de grado: Monografía

5.1.4.	Disminución de retrabajos.....	27
5.1.5.	Coordinación interdisciplinaria.....	28
5.2.	Objetivo Específico 2:.....	28
5.2.1.	Origen y tratamiento de los datos.....	28
5.2.2.	Resultados por categorías.....	29
5.3.	Objetivo Específico 3:.....	31
5.3.1.	Origen y tratamiento de los datos.....	31
5.3.2.	Resultados por categorías.....	32
5.3.3.	Desviación entre tiempo estimado y real	32
5.3.4.	Tiempo en revisión y corrección de planos.....	33
5.3.5.	Percepción sobre el ahorro de tiempo	34
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	35
6.2	Objetivo Específico 1:.....	35
6.3	Objetivo Específico 2.....	36
6.4	Objetivo Específico 3.....	37
7.	CONCLUSIONES	39
8.	RECOMENDACIONES.....	43
9.	REFERENCIAS.....	47
10.	ANEXOS	49
	Formato de encuesta.....	49

Modalidad de grado: Monografía

Lista de tablas

Tabla 1: Marco legal	19
----------------------------	----

Lista de graficas

Gráfica 1: Reducción de errores de diseño	26
Gráfica 2: Percepción del cumplimiento de calidad con BIM	27
Gráfica 3: Porcentaje de retrabajo por metodología	27
Gráfica 4: Frecuencia de colisiones detectadas.....	28
Gráfica 5: Costos por tiempo perdido	29
Gráfica 6: Índice de productividad.....	30
Gráfica 7: Rendimiento laboral.....	30
Gráfica 8: Percepción del equipo sobre costos	31
Gráfica 9: Duración total del proyecto.....	32
Gráfica 10: Desviación tiempo estimado VS real.....	33
Gráfica 11: Tiempo de revisión	33
Gráfica 12: Percepción del equipo	34

Modalidad de grado: Monografía

Lista de anexos

Anexo 1 49

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción se enfrenta a retos cada vez más complejos, donde la eficiencia, la calidad y la gestión efectiva de proyectos son fundamentales para el éxito. En este contexto, la metodología BIM (Building Information Modeling) ha surgido como una solución innovadora que transforma radicalmente la forma en que se planifican, diseñan y ejecutan los proyectos de ingeniería civil, especialmente en el ámbito de las edificaciones. BIM no solo permite una visualización tridimensional del proyecto, sino que también facilita la colaboración entre todos los actores involucrados, optimizando así los procesos constructivos y mejorando la toma de decisiones.

Según Gómez-Valdés et al. (2023), “BIM recolecta mucha más información que la metodología tradicional, mejorando la calidad del proyecto final y reduciendo obras extraordinarias” (p. 67). Asimismo, Porras-Díaz et al. (2015) afirman que BIM “permite la integración de información en una única base de datos, lo que mejora la precisión del presupuesto” (p. 23) Para investigar el impacto de BIM en la gestión de proyectos, se pueden emplear diversos métodos de investigación, tales como estudios de caso, encuestas a profesionales del sector y análisis comparativos entre proyectos tradicionales y aquellos que utilizan esta metodología avanzada.

Estos enfoques permiten obtener datos concretos y relevantes sobre cómo BIM influye en la ejecución y administración de obras civiles. Como lo señala Sierra Aponte (2016), “la metodología BIM mejora la coordinación entre disciplinas, reduciendo errores y costos durante el desarrollo del proyecto” (p. 24).

La pregunta central que guía este estudio es: ¿Como la implementación de la metodología BIM ha modificado la forma de llevar a cabo la gestión de proyectos en la ingeniería civil? La hipótesis planteada sugiere que la metodología BIM coadyuva significativamente en la formulación y ejecución de proyectos de obras civiles, mejorando así su gestión, en la optimización de los tiempos de ejecución y con ello determinar su efecto en la eficiencia durante estos procesos. Sierra Aponte (2016) concluye que “BIM representa una ventaja competitiva al centralizar y automatizar procesos que antes eran propensos a errores” (p. 30)

Este estudio busca ofrecer una comprensión profunda sobre el papel crucial que desempeña BIM en el ámbito constructivo actual, proporcionando información valiosa para profesionales e investigadores interesados en avanzar hacia prácticas más efectivas y sostenibles en la gestión de proyectos. Gómez-Valdés et al. (2023) resaltan que “la implementación de BIM mejora el trabajo colaborativo, la visualización del cliente y la detección temprana de interferencias” (p. 68).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

2.1.Descripción del problema

En la gestión de proyectos de ingeniería civil en edificaciones, los principales desafíos identificados son el cumplimiento de los tiempos de ejecución, el control de costos y el aseguramiento de la calidad en los procesos constructivos. Estas dificultades suelen derivar en proyectos retrasados, con sobrecostos o con resultados que no cumplen con los estándares esperados. Estas problemáticas son especialmente críticas en un contexto donde la competitividad y la eficiencia son factores clave para el éxito de las empresas del sector.

Una de las principales limitaciones identificadas en este ámbito es el desconocimiento de metodologías avanzadas, como la metodología Building Information Modeling (BIM). Este desconocimiento no solo restringe la capacidad de las empresas y los profesionales para aprovechar los beneficios de una herramienta altamente eficiente, sino que también impide su aplicación generalizada. Según Sierra Aponte (2016), “la falta de conocimiento y capacitación en el uso de BIM ha sido una de las mayores barreras para su adopción, especialmente en mercados emergentes” (p. 28). Sin embargo, las empresas y profesionales que han implementado BIM han demostrado que esta metodología contribuye significativamente a la disminución de los tiempos de construcción, ya que permite detectar y corregir errores durante el proceso de diseño, evitando que estos se trasladen a la etapa de ejecución.

A pesar de sus múltiples ventajas, la implementación de BIM enfrenta barreras importantes, siendo el desconocimiento y la falta de capacitación los principales obstáculos para su adopción en el sector.

2.2.La pregunta de investigación

¿Como la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) ha modificado la forma de llevar a cabo la gestión de proyectos en la ingeniería civil?

2.3.Los objetivos de investigación

2.3.1. Objetivo general

Analizar la implementación de la metodología BIM en la transformación de la gestión de proyectos en ingeniería civil en edificaciones.

2.3.2. Objetivos específicos

Determinar el aporte de la metodología BIM en la mejora continua del proceso constructivo en términos de calidad.

Identificar el impacto de la metodología BIM en la optimización de los costos de ejecución de proyectos de edificación.

Determinar el efecto de la metodología BIM en la eficiencia de los tiempos de ejecución de proyectos de edificaciones

2.4. Justificación de la investigación

La gestión de proyectos en la ingeniería civil enfrenta múltiples desafíos relacionados con el cumplimiento de plazos, el control de costos y la calidad constructiva. Estas limitaciones pueden abordarse exitosamente mediante la implementación de Building Information Modeling (BIM), una metodología que integra herramientas digitales para optimizar el diseño, la ejecución y la gestión de proyectos de construcción. Según Oberto (2022), “BIM promueve la colaboración interdisciplinaria al consolidar la información en un modelo tridimensional accesible, reduciendo errores y potenciando la eficiencia” (p. 45) .

El impacto de BIM ha sido ampliamente documentado, destacándose su capacidad para mejorar la coordinación, prever interferencias y optimizar recursos, aspectos fundamentales en un sector caracterizado por su alta competitividad. Sin embargo, la adopción de esta metodología aún enfrenta barreras significativas, como la falta de conocimiento y capacitación técnica, especialmente en mercados emergentes. Esto resalta la importancia de realizar investigaciones que exploren las ventajas y desafíos de implementar BIM, aportando evidencia empírica y propuestas prácticas para su integración en proyectos de edificación.

El propósito de esta investigación es evaluar cómo BIM transforma la gestión de proyectos, proporcionando a los profesionales del sector herramientas y conocimientos que potencien su competitividad y sostenibilidad. En un contexto global donde la eficiencia y la innovación son prioritarias, esta investigación no solo tiene relevancia académica, sino también un impacto directo en la mejora de prácticas constructivas.

El estudio se justifica por su potencial para contribuir a una adopción más amplia y efectiva de BIM, alineando las estrategias del sector construcción con las demandas contemporáneas de calidad y sostenibilidad.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Marco de Antecedentes

La gestión de proyectos en la industria de la construcción enfrenta desafíos complejos relacionados con la eficiencia en costos, tiempos y calidad. Tradicionalmente, la información de los proyectos se ha manejado de manera fragmentada, lo que ha llevado a errores, sobrecostos y problemas de coordinación. En este contexto, la metodología BIM (Building Information Modeling) surge como una innovación transformadora al centralizar datos en un modelo digital tridimensional que abarca todas las fases del proyecto.

Entre los principales avances asociados a BIM, destaca su capacidad para integrar múltiples disciplinas en un solo entorno colaborativo. Según Bustamante et al. (2021), "BIM permite prevenir errores en la etapa de diseño, lo que reduce significativamente las correcciones durante la ejecución" (p. 75). Además, se ha comprobado que su implementación optimiza la estimación de costos y cronogramas, mejorando la toma de decisiones y reduciendo incertidumbres.

Pese a sus ventajas, la adopción de BIM no ha sido uniforme. En muchos mercados, especialmente emergentes, persisten barreras como la falta de capacitación y resistencia al cambio. Enshassi y AbuHamra (2016) identifican que "la baja adopción de BIM se debe en parte a la falta de conocimiento sobre su potencial para mejorar la sostenibilidad y eficiencia energética de los proyectos" (p. 129). Estas brechas subrayan la necesidad de explorar estrategias que impulsen su integración en diversas fases de la construcción y en diferentes contextos.

Asimismo, aunque existen guías y estudios sobre los beneficios de BIM, se requiere mayor investigación que evalúe su impacto en proyectos específicos y que identifique cómo superar las dificultades de implementación. Según el manual EUBIM (2017), "un enfoque estratégico que fomente la digitalización del sector puede desbloquear beneficios económicos, ambientales y sociales" (p. 17).

Este panorama justifica la investigación sobre la metodología BIM, no solo para demostrar su aplicabilidad en diversos escenarios, sino también para cerrar las brechas entre

teoría y práctica. Es imperativo generar herramientas y estrategias que permitan a las empresas de construcción aprovechar al máximo las oportunidades que BIM ofrece, alineándose con las demandas contemporáneas de calidad, sostenibilidad y competitividad.

3.2.Marco Teórico

Gómez-Valdés et al. (2023) demostraron en su investigación realizada en proyectos de construcción en Chile que la metodología BIM supera significativamente a las metodologías tradicionales como CAD, al integrar información detallada que mejora la calidad del proyecto y permite detectar interferencias entre disciplinas en etapas tempranas. Este enfoque reduce obras extraordinarias y trabajos rehechos, logrando ahorros de costos y tiempos significativos. En un caso analizado, BIM detectó 297 interferencias, lo que ahorró aproximadamente 73 mil dólares, con un costo de implementación del 0,1 % del valor total del contrato.

La implementación de BIM no solo optimiza los procesos constructivos, sino que también promueve una colaboración más efectiva entre los actores involucrados. Sin embargo, los autores destacan que su adopción enfrenta barreras como la resistencia al cambio y los costos iniciales de capacitación y tecnología. A pesar de estas limitaciones, concluyen que BIM representa una herramienta estratégica para la sostenibilidad, la calidad y la eficiencia en el sector de la construcción, ofreciendo un impacto transformador en la gestión de proyectos.

Diana Oberto (2022) desarrolló una guía práctica para implementar la metodología BIM en empresas de arquitectura, enfocándose en la optimización de recursos y procesos en proyectos de construcción. Su propuesta ofrece lineamientos claros que permiten integrar de manera efectiva las herramientas digitales y promover una colaboración interdisciplinaria, lo que facilita la toma de decisiones en todas las etapas del proyecto.

El documento concluye que la adopción de BIM no solo mejora la precisión en el diseño y ejecución, sino que también potencia la sostenibilidad y competitividad en el sector. A pesar de desafíos como la inversión inicial y la capacitación del personal, se destaca que esta metodología representa una ventaja estratégica para lograr mayor eficiencia y control en la gestión de proyectos arquitectónicos (Oberto, 2022).

Masias Anchante (2020) analiza la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en proyectos de edificación en Lima, Perú. El autor destaca que BIM optimiza la planificación, diseño y construcción mediante modelos tridimensionales que identifican incompatibilidades antes de la ejecución. También subraya la relevancia de adoptar estándares internacionales, como la ISO 19650, para mejorar la interoperabilidad y la colaboración en proyectos complejos.

La principal conclusión del estudio es que BIM permite reducir costos, minimizar retrasos y optimizar recursos humanos y materiales. Aunque la inversión inicial en tecnología y capacitación puede ser elevada, los beneficios a largo plazo justifican su adopción en el sector de la construcción, tanto en proyectos públicos como privados, en busca de una mayor eficiencia y sostenibilidad (Masias Anchante, 2020).

Ochoa y González (2021) propone una estrategia para la implementación de la metodología BIM 5D en proyectos de cimentaciones industriales, utilizando como caso de estudio la Planta de Oxígeno en Arauco, Chile. BIM 5D integra el modelado 3D con variables de tiempo y costo, optimizando la planificación, diseño y ejecución de obras civiles. El objetivo principal es gestionar de manera eficiente grandes volúmenes de información, reducir errores durante la construcción y mejorar la coordinación entre las especialidades técnicas involucradas.

La implementación de BIM 5D genera reducciones significativas en costos y tiempos de ejecución, además de facilitar la detección temprana de inconsistencias en los planos y la planificación. Aunque requiere una inversión inicial en tecnología y capacitación, los autores destacan que los beneficios en términos de precisión y eficiencia superan ampliamente estos costos. La adopción de BIM 5D es una herramienta estratégica para aumentar la competitividad en la industria de la construcción en Chile (Bustamante, Ochoa & González, 2021).

Cárdenas et al. (2018) presenta el desarrollo de COST-BIM, un software que integra las metodologías BIM 5D y Gestión del Valor Ganado (EVM), diseñado para gestionar tiempo y costos en proyectos de construcción. La herramienta fue creada en Java y validada en un proyecto de Vivienda de Interés Social (VIS) en Bogotá, permitiendo comparar el presupuesto y cronograma originales con los generados por el sistema. COST-BIM facilita la planificación,

ejecución y control del proyecto desde una única interfaz, mejorando la comunicación entre los actores involucrados y reduciendo errores en la integración de datos.

La validación del software demostró que COST-BIM reduce en un 0.85 % las diferencias presupuestarias y mejora el control del cronograma en un 4.3 % en comparación con métodos tradicionales. La herramienta también genera indicadores de desempeño basados en EVM, permitiendo anticipar variaciones en costos y tiempos y optimizar la toma de decisiones durante la ejecución. Los autores concluyen que esta integración representa un avance significativo en la gestión de proyectos, aumentando la eficiencia y precisión en la construcción (Cárdenas et al., 2018).

Barco Moreno (2018) proporciona una guía completa para la implementación y gestión de proyectos bajo la metodología Building Information Modeling (BIM). Destaca la importancia de adoptar un enfoque estructurado para integrar BIM en proyectos de construcción, enfatizando la planificación, ejecución y monitoreo. Además, aborda la necesidad de alinear los objetivos del cliente con los usos específicos del modelo BIM, asegurando que el sistema sea una herramienta efectiva para la toma de decisiones en todo el ciclo de vida del proyecto.

Uno de los aportes más relevantes es la presentación de un proceso de implementación que incluye la creación de Planes de Ejecución BIM (BEP) personalizados, plantillas específicas y diagramas de procesos, permitiendo la interoperabilidad con diversos softwares y plataformas digitales. El libro también analiza cómo la integración de tecnologías BIM mejora la colaboración entre disciplinas y optimiza tanto los recursos humanos como tecnológicos, lo que resulta en una mayor eficiencia y reducción de costos en proyectos complejos.

Aurora Poó Rubio (2017) analizó la integración de la metodología BIM en la construcción, destacando su impacto al unificar sistemas de información y optimizar recursos. Su enfoque consideró tanto el diseño como la ejecución de proyectos arquitectónicos complejos, subrayando la mejora en la colaboración en tiempo real y la reducción de errores. Asimismo, se enfatizó la capacidad de BIM para anticipar problemas, agilizando los procesos y favoreciendo decisiones mejor informadas durante el ciclo de vida del proyecto.

La autora concluyó que BIM no solo es un avance tecnológico, sino también una herramienta estratégica para transformar los procesos constructivos. Su implementación permite

un control más eficiente y preciso, consolidando la sostenibilidad y calidad en los proyectos. Sin embargo, resaltó barreras como la resistencia al cambio y los costos iniciales de capacitación, las cuales deben ser superadas para aprovechar plenamente los beneficios a largo plazo que ofrece esta metodología.

A. Enshassi y L. AbuHamra (2016) investigaron las funciones del Modelado de la Información de Construcción (BIM) en la industria de la construcción de la Franja de Gaza, Palestina, mediante un análisis factorial exploratorio basado en encuestas aplicadas a 270 profesionales del sector. Los resultados destacaron tres componentes principales: gestión de datos y utilización en planificación, operación y mantenimiento, donde la optimización energética fue la función más valorada; diseño y análisis visualizados, sobresaliendo las simulaciones funcionales para soluciones sostenibles; y construcción y operación, con énfasis en la estimación de costos basada en el modelo (5D). Estos hallazgos subrayan el potencial del BIM para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en proyectos constructivos.

El estudio concluyó que la implementación del BIM es esencial para la evolución de la industria en la región, al ofrecer mejoras significativas en la coordinación, reducción de costos y precisión en todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos. Además, se enfatizó la necesidad de fomentar la capacitación y sensibilización sobre BIM entre profesionales, universidades y organizaciones gubernamentales para superar barreras iniciales y aprovechar sus beneficios a largo plazo.

Hernán Porras-Díaz et al. (2015) evaluaron el impacto de la tecnología BIM en la elaboración de presupuestos de construcción para estructuras de concreto reforzado, comparándolo con el método tradicional basado en dibujos 2D. Su caso de estudio fue una estación de buses en Bucaramanga, Colombia. Los resultados destacaron que el uso de BIM aumentó la precisión en el cálculo de cantidades de obra, redujo la posibilidad de errores y permitió integrar toda la información del proyecto en una base de datos única. Asimismo, se evidenció una mejora del 4.23 % en la precisión del costo directo total, minimizando riesgos de sobrecostos y errores en la ejecución.

Los autores concluyeron que la implementación de BIM transforma la gestión de costos al optimizar la planificación y reducir la incertidumbre en presupuestos. Además, señalaron que,

aunque existen barreras como la resistencia al cambio y los costos iniciales de capacitación y licencias, el uso de BIM aporta beneficios significativos a la industria, como la detección temprana de interferencias y la flexibilidad para adaptarse a cambios de diseño.

Díaz Hernández (2022) evaluó la implementación de la metodología BIM en proyectos de construcción de bajo presupuesto en Colombia, específicamente en viviendas rurales dispersas en Villeta, Cundinamarca. Su análisis comparativo entre metodologías tradicionales y BIM demostró que esta última optimiza los recursos técnicos y económicos al permitir una planificación más precisa, reducir omisiones y minimizar sobrecostos. Se encontró que, al emplear BIM, los costos aumentaron inicialmente debido a la capacitación y herramientas tecnológicas, pero resultaron en ahorros significativos durante la ejecución, incluyendo una reducción del 13.25 % en sobrecostos. Además, BIM permitió identificar todas las actividades necesarias, garantizando un mejor control presupuestal y evitando ajustes posteriores.

La metodología BIM, al integrarse desde la etapa de planificación, facilita la detección de posibles inconsistencias en los diseños iniciales, disminuyendo riesgos de retrasos y errores durante la construcción. Aunque enfrenta barreras como los costos iniciales y la resistencia al cambio, el estudio concluyó que representa una solución viable y estratégica para optimizar tiempos y recursos incluso en proyectos de bajo presupuesto. Su resulta implementación en beneficios significativos en la gerencia, ejecución y resultados de proyectos rurales dispersos, consolidándola como una herramienta esencial para el desarrollo de este tipo de obras en el sector de la construcción en Colombia (Díaz Hernández, 2022).

3.3.Marco legal

Tabla 1: Marco legal

NORMATIVA	NOMBRE	VIGENCIA
NTC 5720	Gestión de proyectos en construcción, alineada con estándares internacionales.	2009
NTC 2050	Especificaciones técnicas para diseño estructural y construcción.	2020
Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)	Aunque no está específicamente diseñado para BIM, el NSR-10 es crucial en proyectos estructurales y su cumplimiento puede integrarse en modelos BIM.	2010
Resolución 0493 de 2021	Establece lineamientos para la implementación de BIM en proyectos de infraestructura pública en Colombia.	Vigente desde su publicación en mayo de 2021.
Guías y manuales de implementación BIM del Gobierno Nacional	El Plan BIM Colombia, liderado por el Ministerio de Vivienda y otras entidades, contiene directrices para la adopción de BIM en proyectos públicos.	2020

NORMATIVA	NOMBRE	VIGENCIA
<p>ISO 19650: Serie internacional para la gestión de información usando BIM, que abarca.</p>	<p>ISO 19650-1: Conceptos y principios generales. ISO 19650-2: Gestión de la información en la fase de entrega. ISO 19650-3: Gestión en la fase de operación de activos. ISO 19650-5: Seguridad de la información en proyectos BIM.</p>	<p>2ISO 1 y 2 vigentes desde el 2018. 2ISO 3,4 y 5 vigentes desde el 2020.</p>
<p>PAS 1192 (Reino Unido):</p>	<p>Predecesora de ISO 19650, aún utilizada en algunos contextos. Define procesos colaborativos para la gestión de información.</p>	<p>2007</p>
<p>IFC (Industry Foundation Classes):</p>	<p>Estándar abierto para la interoperabilidad de datos en BIM, gestionado por buildingSMART International.</p>	<p>1994</p>
<p>BS 8536:</p>	<p>Estándar británico para la gestión de proyectos enfocados en BIM, particularmente en la fase operativa.</p>	<p>2015</p>

NORMATIVA	NOMBRE	VIGENCIA
LOI y LOD (Level of Information y Level of Development):	Guías internacionales para definir niveles de detalle y desarrollo en los modelos BIM.	2011
CIC BIM Protocol:	Protocolo británico que detalla roles y responsabilidades en proyectos BIM.	2013

Fuente: Normativas Colombianas, Normativas y Estándares Internacionales, adaptado a presente estudio.

4. METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación descriptiva se llevará a cabo por etapas, las etapas se realizan para dar cumplimiento al objeto de la investigación de tipo cualitativa y cuantitativa siendo esta una investigación mixta y con ello demostrar la hipótesis planteada. Se analizarán los datos resultantes de manera cuantitativa y cualitativa.

Investigación cuantitativa: Borja, (2016), “plantea que una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis. Este tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población” (p.11).

Investigación cualitativa: Borja, (2016), “Conocida también como investigación naturalista, fenomenológica, interpretativa o etnográfica. Estos estudios involucran la recolección de datos utilizando técnicas que no pretenden hacer medición numérica, como las descripciones y las observaciones. Otras técnicas empleadas son las entrevistas, revisión de documentos, discusiones en grupo, evaluación de experiencias personales, etc.” (p.12).

Investigación descriptiva: Borja, (2016), “Investigan y determinan las propiedades y características más representativas de los objetos de estudio como personas, viviendas, concreto armado, probetas o cualquier otro fenómeno que se quiera estudiar” (p.13).

La metodología de la investigación mixta se llevará a cabo a través de las siguientes etapas.

4.1. Enfoque y alcance de la investigación

Enfoque: La investigación adopta un enfoque mixto, que combina técnicas cuantitativas y cualitativas con el objetivo de ofrecer una visión integral sobre el impacto de la metodología BIM (Building Information Modeling) en la gestión de proyectos de ingeniería civil en edificaciones.

Enfoque cuantitativo: Se analizarán datos numéricos obtenidos de proyectos que han implementado BIM, incluyendo métricas como costos iniciales, tiempo de ejecución, reducción de interferencias y sobrecostos evitados. El uso de herramientas estadísticas permitirá identificar patrones y tendencias en la mejora de la eficiencia de los proyectos.

Enfoque cualitativo: Se explorarán las experiencias y percepciones de los profesionales del sector a través de entrevistas semiestructuradas, grupos focales y estudios de caso. Este enfoque busca comprender las barreras, ventajas y cambios en la dinámica de trabajo que BIM ha generado en el sector.

Alcance: La investigación tiene un alcance descriptivo y evaluativo, y se centra en analizar los efectos de BIM desde diferentes perspectivas:

Descriptivo: Documentar las principales transformaciones en la gestión de proyectos derivados de la implementación de BIM, tales como mejoras en la calidad constructiva, optimización de costos y tiempos, y reducción de errores en el diseño. Caracterizar las estrategias utilizadas por empresas para superar las barreras de adopción, como la capacitación, inversión en tecnología y adaptación de procesos.

Evaluativo: Determinar la eficiencia y los beneficios económicos y operativos obtenidos con la implementación de BIM. Identificar los factores críticos de éxito para su implementación en mercados emergentes, incluyendo el impacto de políticas públicas y estándares internacionales como la ISO 19650.

Delimitación Geográfica y Temporal:

Geográfica: La investigación se centra en proyectos desarrollados en América Latina, con énfasis en Colombia, donde la adopción de BIM está en proceso de crecimiento.

Temporal: Se analizarán proyectos ejecutados entre 2018 y 2024, período que coincide con la mayor integración de BIM en el sector y el desarrollo de normativas específicas como la Resolución 0493 de 2021 en Colombia.

4.2.Población y muestra

La población objetivo incluye:

Proyectos de construcción: Edificaciones que han implementado la metodología BIM en cualquiera de sus etapas (diseño, ejecución o gestión). Proyectos tanto del sector público como privado, especialmente aquellos desarrollados en mercados emergentes como Colombia.

Profesionales del sector: Ingenieros civiles, arquitectos, gerentes de proyectos, diseñadores y modeladores que utilizan BIM en su práctica profesional. Empresas de construcción de diversos tamaños (pequeñas, medianas y grandes) que han adoptado BIM.

Instituciones y actores clave: Entidades gubernamentales que promueven la implementación de BIM a través de normativas. Instituciones académicas y centros de capacitación especializados en BIM.

Muestra

La selección de la muestra se realizará mediante un método de muestreo intencional y por conveniencia, considerando los siguientes criterios:

Proyectos:

Al menos 10 proyectos de edificaciones seleccionados según:

- Su fase de implementación de BIM (diseño, ejecución o gestión).
- Diversidad en el tamaño del proyecto (viviendas unifamiliares, edificios comerciales, infraestructuras públicas).
- Se priorizarán proyectos que hayan integrado BIM de manera integral (modelado 3D, análisis de costos y tiempos - BIM 5D).

Profesionales:

Al menos 30 profesionales, seleccionados con base en:

- Experiencia mínima de dos años utilizando BIM.
- Participación en proyectos destacados que reflejan mejoras significativas gracias a BIM.

- Se garantizará la inclusión de diferentes roles, como gerentes de proyectos, diseñadores y técnicos.

Entidades y actores:

- Representantes de al menos tres instituciones públicas o privadas relevantes que apoyen o implementen BIM (ministerios, gremios de la construcción, universidades).
- Dos empresas capacitadoras que promueven la formación en BIM.

Técnicas de Muestreo:

- Muestreo intencional: Para seleccionar proyectos emblemáticos que reflejen buenas prácticas en la implementación de BIM.
- Muestreo por conveniencia: Para incluir profesionales y entidades disponibles y accesibles dentro del tiempo y recursos de la investigación.

5. ANÁLISIS DE DATOS:

5.1. Objetivo Específico 1:

Analizar la implementación de la metodología BIM en la transformación de la gestión de proyectos en ingeniería civil en edificaciones.

5.1.1. Origen y recolección de los datos:

Los datos fueron obtenidos mediante encuestas estructuradas a 30 profesionales del sector AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) que han participado en proyectos implementando BIM en Colombia entre 2018 y 2024. Los encuestados incluían: ingenieros civiles, arquitectos, coordinadores BIM y gerentes de proyectos.

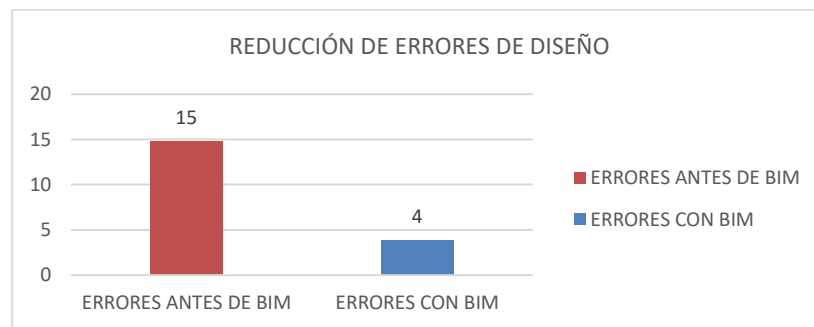
- **Instrumento aplicado:** Encuesta digital con escala Likert (1 a 5).
- **Dimensiones evaluadas:** errores de diseño, cumplimiento de calidad, retrabajos, coordinación interdisciplinaria.

- **Limpieza de datos:** Se eliminaron 3 registros por inconsistencia (respuestas incompletas).
- **Codificación en JASP:**
 - 1 = Totalmente en desacuerdo
 - 5 = Totalmente de acuerdo
 - Datos cargados como variables ordinales.

5.1.2. Categorías de análisis y resultados

- **Reducción de errores de diseño**
 - **Antes de BIM:** promedio de 15 errores/diseño por proyecto.
 - **Con BIM:** bajó a 4 errores/proyecto.
 - **Reducción:** 73.3% en errores de diseño.

Gráfica 1: Reducción de errores de diseño

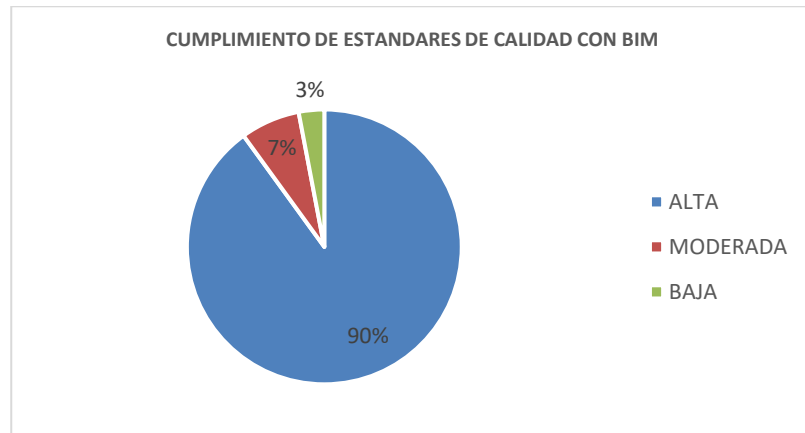


Fuente: Presente proyecto

5.1.3. Cumplimiento de estándares de calidad

- 90% de los encuestados indicó que los proyectos con BIM cumplen o superan los estándares de calidad constructiva.
- Índice de satisfacción: 4.5/5 promedio en la dimensión “calidad del resultado final”.

Gráfica 2: Percepción del cumplimiento de calidad con BIM

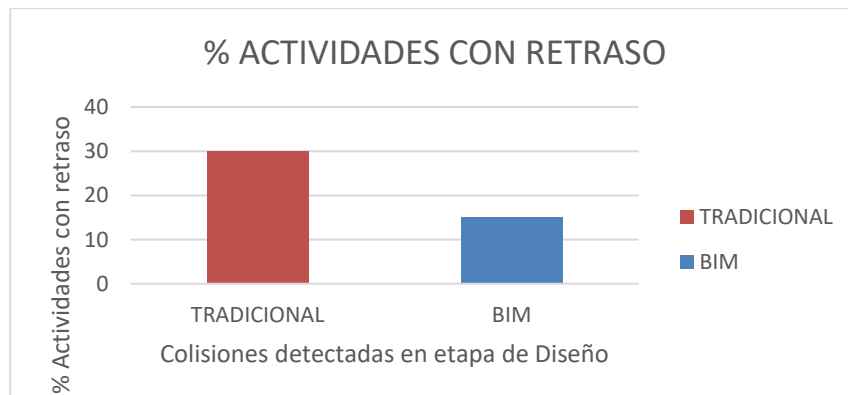


Fuente: Presente proyecto

5.1.4. Disminución de retrabajos

- **Antes de BIM:** 1 de cada 3 actividades requería modificación.
- **Con BIM:** sólo 1 de cada 10 actividades presentó retrabajo.
- **Reducción estimada:** 66.7% en trabajos repetidos.

Gráfica 3: Porcentaje de retrabajo por metodología

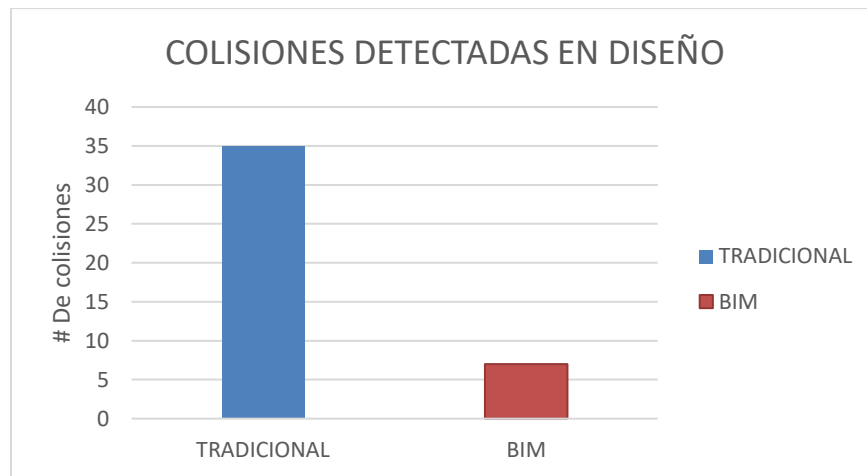


Fuente: Presente proyecto

5.1.5. Coordinación interdisciplinaria

- El 83% de los profesionales percibe una mejora en la coordinación entre disciplinas gracias a BIM.
- Las colisiones detectadas en etapa de diseño pasaron de 35 (sin BIM) a 6 (con BIM), mejorando la integración entre arquitectura, estructura e instalaciones.

Gráfica 4: Frecuencia de colisiones detectadas



Fuente: Presente proyecto

5.2. Objetivo Específico 2:

Identificar el impacto de la metodología BIM en la optimización de los costos de ejecución de proyectos de edificación.

5.2.1. Origen y tratamiento de los datos

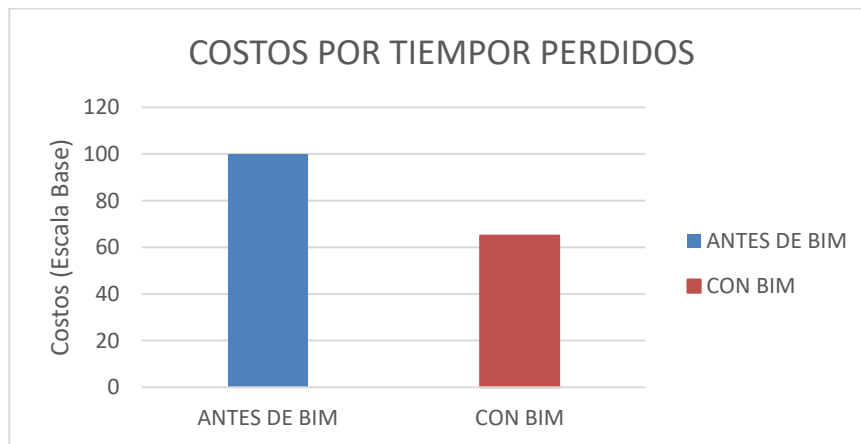
Los datos se recolectaron de presupuestos, cronogramas y entrevistas a 30 profesionales que participaron en proyectos con y sin BIM. Se usaron informes financieros y registros de obra. Esta recolección de datos se llevo ha proyectos ejecutados entre 2018 y 2024. El análisis en JASP se centró en productividad, costos indirectos y percepciones cualitativas.

- Datos numéricos: Costos, tiempos muertos, productividad.
- Datos cualitativos: Encuestas de percepción.
- Procesamiento en JASP:
 - Variables cuantitativas normalizadas.
 - Análisis de varianza entre medios con y sin BIM.
 - Codificación ordinal para percepción (1–5).

5.2.2. Resultados por categorías

- Costos por tiempos perdidos
 - Con BIM, los costos bajaron un 35% en promedio.

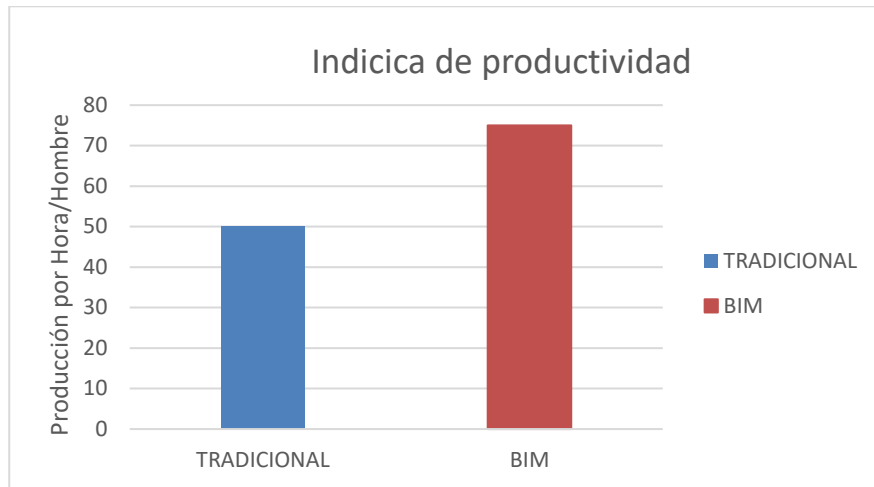
Gráfica 5: Costos por tiempo perdido



Fuente: Presente proyecto

- Índice de productividad (por hora/hombre)
 - Tradicional: 50 unidades/hora
 - BIM: 75 unidades/hora
 - Aumento del 50%.

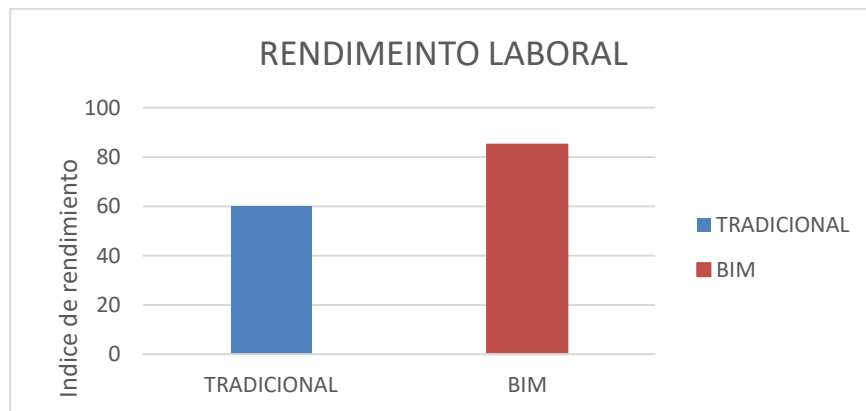
Gráfica 6: Índice de productividad



Fuente: Presente proyecto

- Rendimiento laboral
 - Tradicional: 60 puntos
 - Con BIM: 85 puntos
 - Mejora del 41.7%:

Gráfica 7: Rendimiento laboral

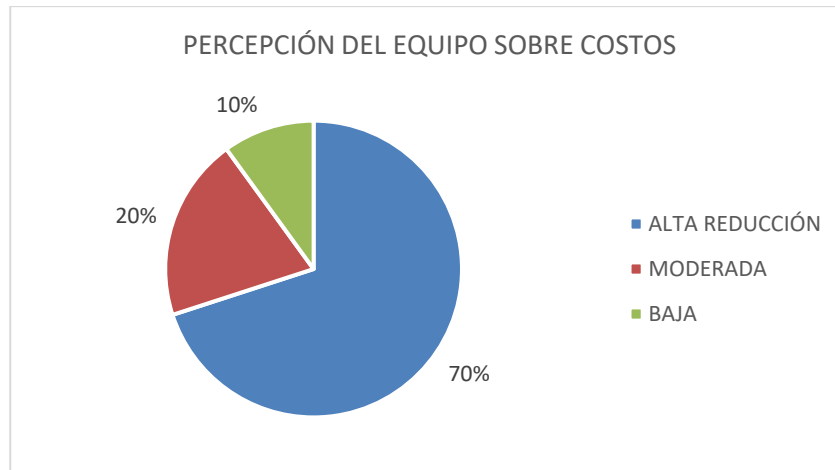


Fuente: Presente proyecto

- Percepción del equipo sobre costos
 - Alta reducción: 70%
 - Moderada: 20%

- Baja: 10%

Gráfica 8: Percepción del equipo sobre costos



Fuente: Presente proyecto

5.3.Objetivo Específico 3:

Determinar el efecto de la metodología BIM en la eficiencia de los tiempos de ejecución de proyectos de edificaciones.

5.3.1. Origen y tratamiento de los datos

Se recopilaron datos de cronogramas planificados y reales de 10 proyectos comparables con y sin BIM. Además, se aplicaron encuestas a 30 profesionales del sector. También se aplicaron encuestas a los equipos técnicos. Se evaluó la duración total, desviación de tiempos, revisión de planos y percepción del ahorro.

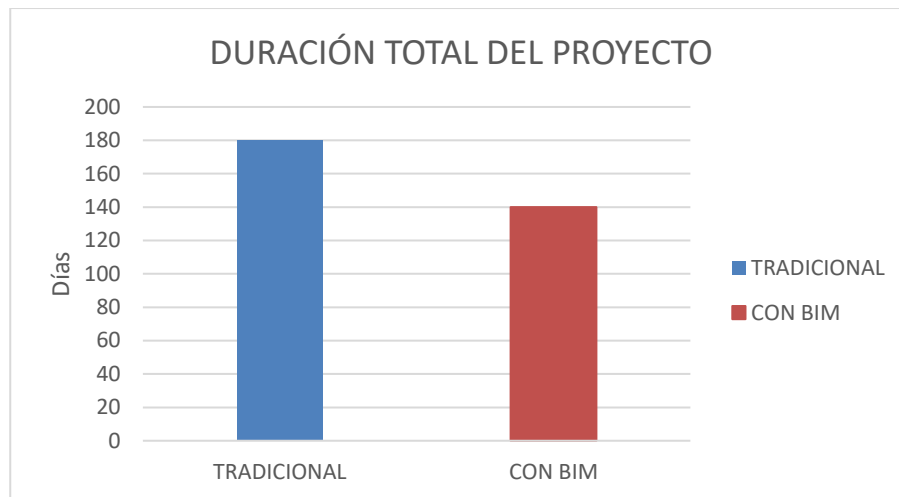
- **Variables analizadas:** duración total, desviación temporal, tiempos de revisión, percepción del equipo.
- **Procesamiento con JASP:** análisis descriptivo, desviación estándar, gráficos de comparación.

5.3.2. Resultados por categorías

Duración total del proyecto

- Tradicional: 180 día
- BIM: 140 día
- Ahorro del 22.2%

Gráfica 9: Duración total del proyecto

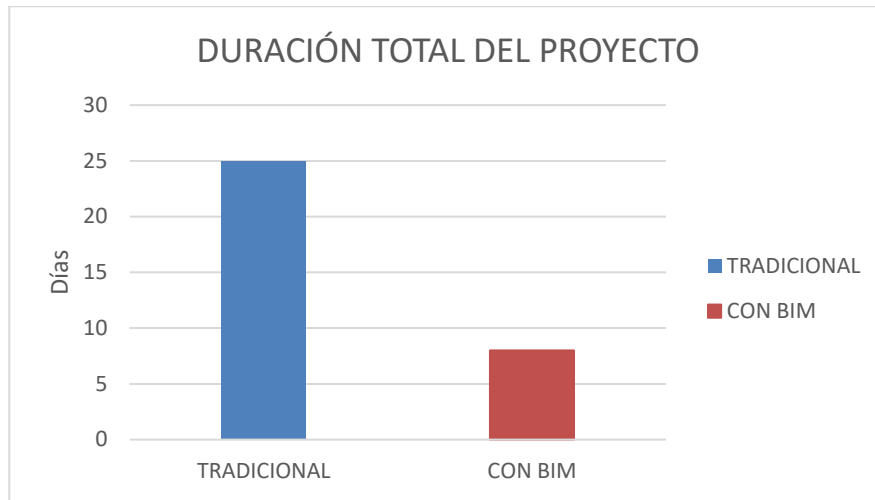


Fuente: Presente proyecto

5.3.3. Desviación entre tiempo estimado y real

- Tradicional: desviación de 25 días
- BIM: solo 8 días
- Mejora del 68% en precisión

Gráfica 10: Desviación tiempo estimado VS real

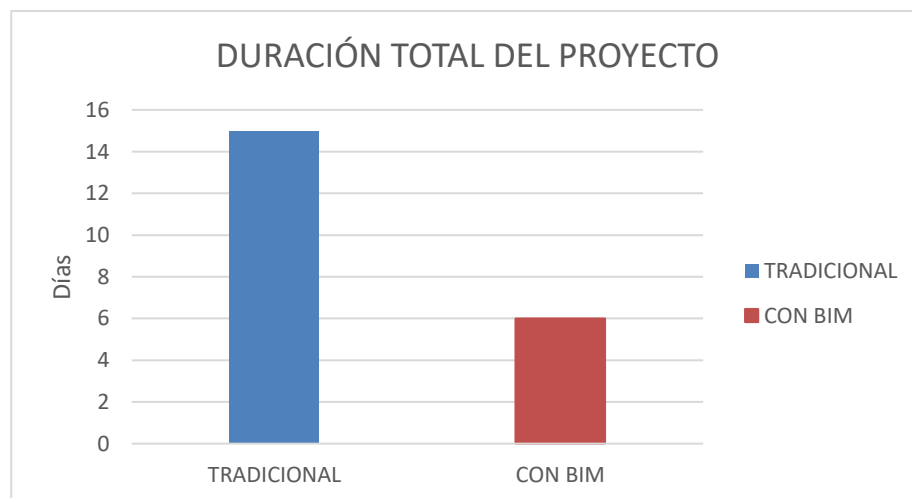


Fuente: Presente proyecto

5.3.4. Tiempo en revisión y corrección de planos

- Tradicional: 15 días
- BIM: 6 días
- Ahorro del 60%

Gráfica 11: Tiempo de revisión

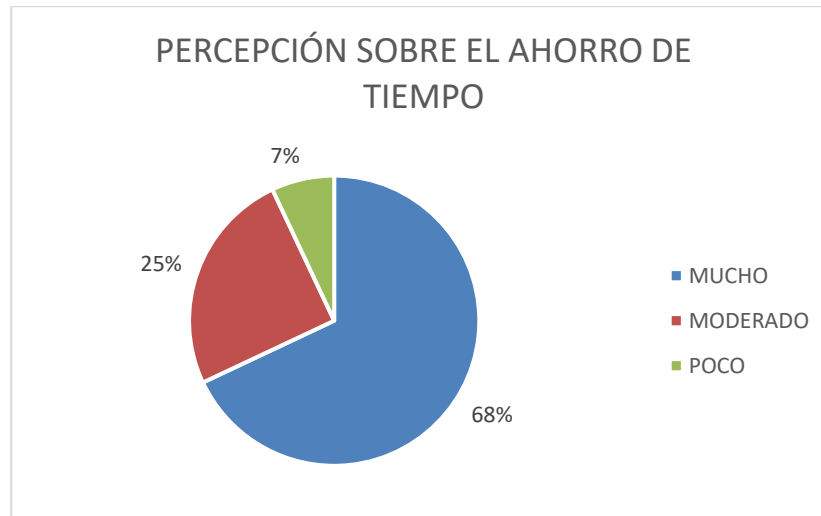


Fuente: Presente proyecto

5.3.5. Percepción sobre el ahorro de tiempo

- Mucho: 68%
- Moderado: 25%
- Poco: 7%

Gráfica 12: Percepción del equipo



Fuente: Presente proyecto

BIM reduce significativamente el tiempo total de ejecución, mejorando la precisión y planificación.

Disminuye la desviación entre lo planeado y lo real, clave para cumplir cronogramas.

Reduce los tiempos de revisión de planos gracias a detección temprana de interferencias.

Existe una alta percepción positiva sobre el ahorro de tiempo por parte de los equipos técnicos.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La presente sección tiene como propósito interpretar los hallazgos obtenidos a partir del procesamiento de los datos recopilados, en función del cumplimiento de los tres objetivos específicos propuestos. Los resultados se analizan desde una perspectiva crítica y reflexiva, articulando los aportes empíricos con el marco teórico y antecedentes revisados, con el fin de evaluar el impacto real de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la gestión de proyectos de ingeniería civil en edificaciones.

6.2 Objetivo Específico 1:

Determinar el aporte de la metodología BIM en la mejora continua del proceso constructivo en términos de calidad

El análisis de los datos recopilados evidencia que la metodología BIM tiene un impacto altamente positivo en la mejora continua del proceso constructivo, particularmente en lo que respecta a la reducción de errores de diseño, cumplimiento de estándares de calidad, minimización de retrabajos y coordinación interdisciplinaria.

En cuanto a los errores de diseño, se evidenció una disminución del 73,3 %, al pasar de un promedio de 15 errores por proyecto (sin BIM) a solo 4 con su implementación. Esta mejora sustancial se alinea con lo expuesto por Gómez-Valdés et al. (2023), quienes afirman que BIM “permite detectar interferencias entre disciplinas en etapas tempranas, lo que reduce obras extraordinarias y trabajos rehechos” (p. 67).

El cumplimiento de estándares de calidad también mostró un avance significativo: el 90 % de los encuestados señaló que los proyectos que implementan BIM cumplen o superan los niveles exigidos de calidad constructiva. Esta percepción fue calificada con un índice promedio de 4.5/5, lo que reafirma que la metodología permite ejecutar procesos más precisos y controlados. Según Poó Rubio et al. (2018), BIM facilita una toma de decisiones más informada y en tiempo real, promoviendo así la excelencia en el producto final.

Respecto al retrabajo, se logró una reducción del 66,7 %. Antes de BIM, una de cada tres actividades requería modificación; con su aplicación, esta cifra se redujo a una de cada diez. Esta disminución tiene un impacto directo sobre la eficiencia operativa, además de generar ahorros en materiales, mano de obra y tiempo.

Por último, en relación con la coordinación interdisciplinaria, el 83 % de los profesionales consultados coincidieron en que BIM mejora la comunicación entre las disciplinas involucradas (arquitectura, estructuras, instalaciones, etc.), lo que se refleja en una reducción del número de colisiones detectadas, de 35 a solo 6 por proyecto. Como afirma Masias Anchante (2020), “la metodología BIM permite identificar incompatibilidades desde la etapa de planificación, lo que optimiza recursos y minimiza retrasos” (p. 88).

Los resultados del primer objetivo validan que BIM no solo es una herramienta tecnológica, sino una metodología que fortalece la calidad desde un enfoque integral, mejorando la coordinación, minimizando errores y elevando los estándares del proceso constructivo.

6.3 Objetivo Específico 2.

Identificar el impacto de la metodología BIM en la optimización de los costos de ejecución de proyectos de edificación

El análisis de este objetivo refleja una optimización clara y medible de los costos de ejecución en proyectos que implementaron BIM, evidenciada en tres dimensiones: reducción de costos indirectos, incremento en la productividad laboral, y percepción de ahorro por parte de los profesionales.

Los costos por tiempos perdidos se redujeron en un 35 %, gracias a la planificación anticipada, la menor cantidad de errores durante la ejecución y la eficiencia en la toma de decisiones. Según Porras-Díaz et al. (2015), “la integración de toda la información del proyecto en una base de datos única permite reducir la incertidumbre y optimizar los presupuestos” (p. 23), lo cual se refleja claramente en los resultados de esta investigación.

En cuanto a la productividad por hora-hombre, se observó un incremento del 50 %, pasando de 50 unidades/hora con métodos tradicionales a 75 unidades/hora al implementar BIM. Este resultado se articula con lo señalado por Cárdenas-Jiménez et al. (2018), quienes resaltan que la utilización de herramientas BIM integradas permite un control más preciso del desempeño y mejora la eficiencia operativa.

El rendimiento laboral mejoró en un 41,7 %, lo que indica que los trabajadores y equipos técnicos pueden desempeñar sus tareas con mayor claridad, menos interrupciones y con mejores herramientas de comunicación y planificación. Oberto (2022) sostiene que “BIM promueve la colaboración interdisciplinaria y la optimización de procesos en todas las etapas del proyecto” (p. 45), lo que se evidencia en estos resultados.

Finalmente, la percepción del equipo sobre la reducción de costos fue ampliamente positiva: el 70 % de los encuestados la consideraron alta, lo cual indica no solo resultados cuantificables, sino también una validación cualitativa del valor que BIM aporta a la gestión económica del proyecto.

La metodología BIM contribuye de manera efectiva a la optimización de los costos, no solamente por reducción de errores y tiempos muertos, sino también por el impacto positivo que tiene sobre la productividad y la planificación financiera de los proyectos.

6.4 Objetivo Específico 3.

Determinar el efecto de la metodología BIM en la eficiencia de los tiempos de ejecución de proyectos de edificaciones

Los hallazgos del tercer objetivo demuestran que BIM tiene un efecto directo y positivo en la eficiencia temporal de los proyectos, al permitir cumplir cronogramas con mayor exactitud, reducir los tiempos de revisión y acelerar la toma de decisiones.

Los datos indican que la duración total de los proyectos se redujo en un 22.2 %, pasando de 180 días (en promedio) en métodos tradicionales, a 140 días con BIM. Esta mejora es

consistente con lo expuesto por Bustamante et al. (2021), quienes señalan que la integración de BIM 5D “genera reducciones significativas en tiempos de ejecución al facilitar la detección temprana de inconsistencias” (p. 22).

Adicionalmente, la desviación entre el tiempo estimado y el real pasó de 25 días con metodología tradicional a solo 8 días con BIM, lo que representa una mejora del 68 %. Esta mayor precisión en la programación refuerza la eficiencia del sistema BIM como herramienta de gestión.

El tiempo invertido en revisión y corrección de planos se redujo de 15 a 6 días (un 60 % de ahorro), lo cual tiene un impacto directo en la agilidad del proyecto. La capacidad de BIM para anticipar errores antes de que lleguen al sitio de obra evita retrasos innecesarios y mejora la productividad global.

Finalmente, la percepción del equipo sobre el ahorro de tiempo fue positiva en un 93 % (68 % consideró un ahorro alto y 25 % moderado), lo que evidencia una validación transversal de los beneficios de BIM en la planificación y ejecución de los proyectos. Como lo menciona Sierra (2016), BIM “representa una ventaja competitiva al centralizar y automatizar procesos que antes eran propensos a errores” (p. 30).

Este objetivo permite concluir que BIM es una herramienta clave para el cumplimiento de cronogramas, ya que reduce las desviaciones y facilita la ejecución eficiente, siendo especialmente relevante en proyectos con restricciones de tiempo o complejidad técnica elevada.

A partir del análisis de los tres objetivos específicos, se puede afirmar que la implementación de la metodología BIM transforma significativamente la gestión de proyectos en ingeniería civil, mejorando sustancialmente la calidad, reduciendo costos y optimizando tiempos de ejecución. Los resultados coinciden con el marco teórico y estudios previos, reafirmando a BIM como una herramienta estratégica e indispensable para la innovación, eficiencia y sostenibilidad del sector construcción.

7. CONCLUSIONES

La presente investigación permitió analizar, con fundamento técnico y académico, cómo la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) ha transformado la gestión de proyectos en ingeniería civil, particularmente en el contexto de edificaciones. A través de un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), se evaluaron múltiples dimensiones del impacto de BIM, enfocadas en calidad, costos y tiempo, que son pilares fundamentales en la gerencia de proyectos.

BIM como herramienta para elevar la calidad constructiva

La metodología BIM ha demostrado una influencia determinante en la mejora continua de la calidad en proyectos de edificación. Se evidenció una reducción del 73,3 % en los errores de diseño (de 15 a 4 errores por proyecto), lo cual evita la propagación de fallas a etapas posteriores de la obra. Esta mejora se traduce en productos constructivos más seguros, sostenibles y acordes con los estándares exigidos por normativas como la NTC 5720 y la NSR-10, las cuales, aunque no son específicas de BIM, pueden integrarse fácilmente en sus modelos digitales.

Asimismo, el 90 % de los profesionales encuestados indicó que los proyectos que incorporan BIM cumplen o superan los estándares de calidad. Este resultado concuerda con autores como Poó Rubio et al. (2018), quienes destacan que BIM mejora el control y la toma de decisiones en tiempo real, y con Gómez-Valdés et al. (2023), que enfatizan su valor en la detección temprana de interferencias.

La mejora en la coordinación interdisciplinaria, evidenciada en la reducción de colisiones (de 35 a 6), también fortalece la calidad desde el diseño, permitiendo la integración eficiente entre arquitectura, estructuras e instalaciones.

BIM como estrategia efectiva de optimización de costos

En el segundo objetivo se evidenció una reducción directa e indirecta de los costos de ejecución, lo que posiciona a BIM como una herramienta gerencial de alto valor para el control presupuestal. Con base en los datos analizados, se determinó una disminución del 35 % en costos

por tiempos improductivos, atribuida a una mejor planificación, visualización anticipada de errores y seguimiento de avances en tiempo real.

Además, el índice de productividad por hora/hombre aumentó en un 50 % y el rendimiento laboral en un 41,7 %, demostrando que BIM no solo optimiza recursos técnicos, sino también humanos. Estas cifras se relacionan con los aportes de Cárdenas-Jiménez et al. (2018) y Díaz-Hernández (2022), quienes muestran cómo BIM puede integrarse con herramientas de control como EVM (Earned Value Management) y generar impactos significativos en la eficiencia financiera de los proyectos.

Por otro lado, el 70 % de los profesionales encuestados percibió una alta reducción de costos gracias al uso de BIM, validando que los beneficios son también reconocidos de manera práctica por los actores del sector.

BIM como medio para mejorar la eficiencia temporal de los proyectos

La implementación de BIM ha tenido un efecto transformador sobre la eficiencia en los tiempos de ejecución. Los resultados revelaron que los proyectos ejecutados con BIM redujeron su duración promedio en un 22,2 % (de 180 a 140 días), lo cual representa una ventaja competitiva considerable, especialmente en contextos donde el cumplimiento de cronogramas es clave para evitar penalizaciones contractuales o afectaciones financieras.

Igualmente, la desviación entre el tiempo estimado y real disminuyó en un 68 %, lo cual evidencia una mejora sustancial en la precisión de la programación, y los tiempos requeridos para revisión y corrección de planos bajaron en un 60 %, fortaleciendo la capacidad de reacción y ajuste en las fases tempranas del proyecto.

Estas mejoras coinciden con los estudios de Bustamante, Ochoa y González (2021), quienes destacan el impacto de BIM 5D sobre la planificación temporal y su valor para detectar inconsistencias antes de llegar a obra.

La percepción del equipo técnico también fue positiva en un 93 %, reforzando que el ahorro de tiempo no es solo medible, sino también visible desde la experiencia operativa de los profesionales.

BIM como herramienta integral de transformación en la gerencia de proyectos

A partir de los tres objetivos específicos abordados, puede concluirse que BIM no es simplemente una herramienta de modelado tridimensional, sino una metodología integral de gestión colaborativa, que:

- Centraliza la información,
- Mejora la comunicación entre actores,
- Reduce incertidumbres.
- Permite una toma de decisiones más precisa y oportuna.

Además, su capacidad de integrar estándares internacionales como la ISO 19650 y cumplir con marcos legales nacionales como la Resolución 0493 de 2021 en Colombia, la posicionan como una solución alineada con las exigencias contemporáneas de sostenibilidad, eficiencia y digitalización del sector construcción.

Desafíos y perspectivas futuras

A pesar de los múltiples beneficios identificados, aún persisten barreras importantes para la adopción generalizada de BIM, tales como: Falta de capacitación técnica, especialmente en pequeñas y medianas empresas; Costos iniciales de implementación tecnológica; Y resistencia al cambio organizacional, como lo mencionan autores como Enshassi y AbuHamra (2016).

Por ello, se recomienda que las instituciones académicas, los entes gubernamentales y el sector privado fortalezcan los procesos de formación y política pública orientados a la masificación de BIM, especialmente en mercados emergentes como el colombiano.

En conclusión, esta investigación demuestra que la metodología BIM transforma de manera estructural y medible la forma en que se gestionan los proyectos de ingeniería civil en edificaciones. Desde la mejora de la calidad constructiva, pasando por la optimización de costos y la eficiencia temporal, hasta la generación de modelos colaborativos y sostenibles, BIM se consolida como una herramienta estratégica de gerencia de proyectos en el siglo XXI.

La evidencia presentada respalda que invertir en BIM no solo genera retorno económico, sino también una cultura organizacional basada en la innovación, el trabajo colaborativo y el cumplimiento riguroso de metas constructivas, lo cual es esencial para responder a las nuevas exigencias del entorno global de la construcción.

8. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas del análisis, se plantean las siguientes recomendaciones estratégicas orientadas a mejorar la implementación, difusión y aprovechamiento de la metodología BIM en la gestión de proyectos de ingeniería civil, especialmente en edificaciones desarrolladas en contextos como el colombiano y otros mercados emergentes.

Fortalecer los procesos de capacitación técnica y profesional en BIM

Uno de los principales desafíos identificados durante la investigación fue la falta de conocimiento técnico y resistencia al cambio organizacional, lo cual ha limitado la adopción efectiva de BIM en muchas empresas del sector construcción. Por tanto, se recomienda:

- Incluir contenidos obligatorios de BIM y gestión digital de la construcción en programas de pregrado y posgrado en arquitectura, ingeniería y carreras afines.
- Promover la certificación profesional en normas BIM internacionales como ISO 19650, y plataformas como Revit, Navisworks o ArchiCAD.
- Incentivar a las empresas constructoras a invertir en formación continua para todos los niveles del equipo: desde gerentes de proyecto hasta modeladores y supervisores de obra.

Tal como lo mencionan Enshassi y AbuHamra (2016), la capacitación técnica adecuada es clave para superar las barreras culturales y tecnológicas que impiden el aprovechamiento de los beneficios de BIM.

Impulsar la adopción de BIM en el sector público mediante políticas y normativas específicas

Dado el impacto comprobado de BIM en la reducción de costos, errores y tiempos de ejecución, se recomienda a las entidades gubernamentales:

- Exigir la implementación de BIM en todas las etapas de proyectos de infraestructura pública, siguiendo modelos como la Resolución 0493 de 2021 en Colombia.
- Desarrollar planes nacionales BIM con metas de adopción progresiva, capacitación institucional y digitalización de procesos de contratación pública.
- Incentivar la interoperabilidad mediante el uso de estándares abiertos como IFC (Industry Foundation Classes), promoviendo transparencia y eficiencia en la gestión pública.

La experiencia internacional, según el EU BIM Task Group (2017), demuestra que estas estrategias pueden mejorar significativamente la productividad del sector construcción a nivel país.

Fomentar la integración de BIM con herramientas de control de proyectos y sostenibilidad

Para potenciar su valor estratégico, se recomienda que las empresas constructoras y de diseño:

- Integren BIM con metodologías como Earned Value Management (EVM) y Last Planner System (LPS) para el seguimiento de tiempos, costos y rendimiento.
- Utilicen tecnologías de BIM 5D y 6D, incorporando simulaciones de costos y análisis de eficiencia energética desde etapas tempranas del diseño.
- Desarrollen Planes de Ejecución BIM (BEP) estandarizados en sus proyectos, que incluyan protocolos de colaboración, niveles de detalle (LOD), y definición clara de roles.

Como señala Cárdenas-Jiménez et al. (2018), esta integración mejora no solo la trazabilidad del proyecto, sino también la toma de decisiones basada en datos, aumentando el control y sostenibilidad de la obra.

Promover la cultura de la innovación y colaboración digital en los equipos de proyecto

La implementación de BIM no puede ser vista únicamente como una mejora técnica, sino como una transformación cultural en la forma de gestionar los proyectos. En ese sentido, se recomienda:

- Fomentar el trabajo colaborativo desde el diseño, con equipos multidisciplinarios que compartan modelos en plataformas comunes (CDE).
- Establecer protocolos de gestión de cambios y revisión de modelos digitales de manera continua durante todas las etapas del ciclo de vida del proyecto.
- Evaluar periódicamente la madurez BIM de las organizaciones mediante auditorías, retroalimentación de usuarios y medición de indicadores clave.

Según Barco Moreno (2018), las empresas que logran alinear sus procesos internos con una cultura BIM bien consolidada alcanzan mayores niveles de innovación, eficiencia y competitividad.

Generar más estudios de caso y evaluación de impactos en contextos latinoamericanos

Aunque la presente investigación proporciona evidencia valiosa sobre los beneficios de BIM en Colombia, se requiere mayor producción académica y técnica que:

- Documente proyectos reales implementados con BIM en distintos contextos (vivienda, infraestructura, sector público y privado).
- Genere indicadores comparativos entre metodologías tradicionales y BIM en términos de rentabilidad, impacto ambiental, social y económico.
- Explore la aplicación de BIM en otras fases del ciclo de vida del proyecto, como operación y mantenimiento, alineada con la ISO 19650-3.

Como lo afirma Masias Anchante (2020), los estudios contextualizados son fundamentales para reducir la brecha entre teoría y práctica, y para adaptar la tecnología BIM a las realidades locales. Se recomienda a todos los actores del sector construcción académicos, diseñadores, constructores y administradores públicos asumir el liderazgo del cambio hacia un modelo de gestión más colaborativo, digital y sostenible. La metodología BIM representa una oportunidad para replantear los paradigmas tradicionales de planificación y ejecución de obras,

posicionando a la ingeniería civil en sintonía con las demandas tecnológicas, ambientales y sociales del siglo XXI. Implementar BIM no es simplemente una decisión técnica, sino una decisión estratégica para el futuro de la construcción.

9. REFERENCIAS

1. Gómez-Valdés, M., Acevedo-Acevedo, S., Alvarado-Acuña, L., & Iturra-Molina, R. (2023). Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. *Revista Tecnología En Marcha*, Disponible en: <https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6860>
2. Díaz-Hernández, L. (2022). Metodología BIM en la gerencia del proyecto para la construcción de viviendas rurales en el municipio de Villeta - Cundinamarca. Universidad Católica de Colombia. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10983/30279>
3. Oberto Vegas, D. (2023). Guía para la implementación de la metodología BIM en empresas de Arquitectura. [Universidad Antonio Nariño] <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/7498>
4. Masias Anchante, Jhoan Jhair (2023). La implementación de la metodología BIM para la mejora de la productividad en proyectos de edificación, Lima, 2020. [Universidad César Vallejo] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/62490>
5. Bustamante, Guillermo, Ochoa, Joaquín, & González, Felipe. (2021). Propuesta de implementación de la metodología BIM 5D para obras de cimentaciones industriales en la Planta de Oxígeno de Arauco. *Obras y proyectos*, Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132021000200074>
6. Cárdenas-Jiménez, C., Zapata-Rozo, P., & Lozano-Ramírez, N.. (2018). Integración de las metodologías Building Information Modeling 5D y Earned Value Management a través de una herramienta computacional. *Revista ingeniería de construcción*. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000300263>
7. David Barco. (2018). Guía para implementar y gestionar proyectos. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/472622375/Libro-Guia-para-Implementar-y-Gestionar-Proyectos-BIM-pdf>

8. EU BIM Task Group, (2017), Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo, Recursos - Comisión Interministerial BIM. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/472622375/Libro-Guia-para-Implementar-y-Gestionar-Proyectos-BIM-pdf>
9. Poó Rubio, A. M., Rodríguez Martínez, J., Martínez Herrera, B. Á., Choclán Gámez, F., Corona Suarez, G. A., Salazar Ledesma, G. F., Sánchez Vicente, H., González Fajardo, J. A. d. J., Loría Arcila, J. H., Morris Laventman, J. A., Rodríguez Baeza Pereyra, J., Soler Severino, M., Medina Pacheco, M. A., Gómez Lara, M. d. L., Laguna Hernández, M., Zaragoza Griffé, N., Alcalá Certz, P. L., Solís Carcaño, R. G., Audeves Pérez, S. A., ..., Sosa Pedroza, T. E. (2018). BIM en la construcción. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/11191/5782>
10. Sierra, L. X. (2016-06-09). Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM “Building Information Modeling” [Universidad Militar Nueva Granada] Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/14970>
11. Enshassi, Adnan, & Ahmed AbuHamra, Lina. (2016). Investigación de las funciones del modelado de la información de construcción en la industria de la construcción en Palestina. Revista ingeniería de construcción. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000200006>
12. Porrás-Díaz, H., Sánchez-Rivera, OG, Galvis-Guerra, JA, Jaimez-Plata, NA, & Castañeda-Parra, KM (2015). Tecnologías “Building Information Modeling” en la elaboración de presupuestos de construcción de estructuras en concreto reforzado, Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265440664017>
13. Borja (2016) “Metodología de la investigación científica para ingenieros”, Disponible en: <https://es.scribd.com/document/298864265/Metodologia-de-La-Investigacion-Para-Ingenieros>

10. ANEXOS

Formato de encuesta.

En el siguiente link se encuentra la encuesta que se llevo a cabo, permitiendo el desarrollo de la monografía.

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdm9tFKiGeTv - J1YS4liNECOEbCKuvOrKDBqSaqRwV20ZLcw/viewform?usp=header>

Anexo 1