



Análisis de la Gestión de Proyectos en Ingeniería Civil mediante la Implementación de
Building Information Modeling (BIM), en la Constructora ABC

Sheila Paola Andrade Urrego

Lenin Vicente Zamora Villabon

William Andres Gonzalez Reyes

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

marzo de 2025

GESTIÓN DE PROYECTOS EN INGENIERÍA CIVIL CON BIM

Análisis de la Gestión de Proyectos en Ingeniería Civil mediante la Implementación de
Building Information Modeling (BIM), en la Constructora ABC

Sheila Paola Andrade Urrego

Lenin Vicente Zamora Villabon

William Andres Gonzalez Reyes

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

Asesor(a)

Sergio Andrés Zabala Vargas

Doctor en Tecnología Educativa

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

marzo de 2025

Contenido

Lista de figuras	9
Resumen	11
Abstract.....	13
Introducción	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1 Descripción del problema	18
1.2 La pregunta de investigación.....	21
1.3 Los objetivos de investigación	21
1.3.1 Objetivo general.....	21
1.3.2 Objetivos específicos.....	21
1.4 Justificación de la investigación.....	22
2. MARCO DE REFERENCIA.....	24
2.1 Estado del Arte	24
2.2 Marco Teórico.....	28
2.3 Marco normativo	32
3. METODOLOGÍA	35
3.1 Enfoque y alcance de la investigación	35
3.1.1 Tipo de diseño de Investigación.....	36

3.2	Población y muestra.....	38
3.2.1	Definición de la población.....	38
3.2.2	Cálculo y selección de la muestra.....	39
3.3	Instrumento	39
3.3.1	Preparación del Cuestionario	45
3.3.2	Aplicación de la encuesta	45
3.3.3	Recolección y almacenamiento de datos.....	46
3.4	Descripción de procedimientos.....	46
3.4.1	Preparación del Cuestionario	46
3.4.2	Selección de la Muestra	47
3.4.3	Aplicación de la Encuesta.....	47
3.4.4	Recolección y Almacenamiento de Datos	48
3.5	Análisis de Información	48
3.5.1	Descripción del Software JASP	49
3.6	Consideraciones éticas.....	50
3.6.1	Análisis de consideraciones éticas	50
3.6.2	Instrumentos de aceptación y autorización.....	51
3.7	Limpieza y Organización de los Datos.....	52
3.7.1	Limpieza de los datos.....	52
3.7.1.1	Eliminación de Respuestas Incompletas o Inconsistentes:.....	52

3.7.1.2 Verificación de la Coherencia de las Respuestas:	52
3.7.1.3 Codificación de las Respuestas:	52
3.7.1.4 Organización de los Datos:	53
3.7.2. Análisis de Datos.....	53
3.7.2.1 Análisis Descriptivo:.....	54
3.7.2.2 Frecuencias y Porcentajes:	54
3.7.2.3 Media y Desviación Estándar:	54
3.7.2.4 Tablas de Contingencia:	54
3.7.2.5 Análisis de Correlación:.....	54
3.7.2.6 Análisis Comparativo:.....	55
4. HIPÓTESIS	56
4.1 Las variables.....	56
4.1.2 Variables dependientes.....	57
4.2 Planteamiento de hipótesis.....	59
5. RESULTADOS	60
5.1 Presentación de resultados	60
5.1.1 Análisis de las respuestas:.....	60
5.1.2 Datos Socio demográficos:.....	61
5.1.2.1 ¿Cuál es su edad?.....	61
5.1.2.1 ¿Cuál es su nivel de educación?.....	62

5.1.2.2	¿Cuántos años de experiencia tiene en la industria de la ingeniería civil?	63
5.1.2.2.1	Relación entre edad y nivel de educación:	64
5.1.2.1	Relación entre edad y experiencia con BIM:	65
5.1.2.2	¿En qué tipo de proyectos ha trabajado principalmente?	66
5.1.3	Conocimiento y Uso de BIM	67
5.1.3.1	¿Está familiarizado con el concepto de Building Information Modeling (BIM)?	67
5.1.3.2	¿Ha trabajado en proyectos que utilizan BIM?	68
5.1.3.3	¿Qué nivel de competencia tiene en el uso de BIM?	68
5.1.3.4	¿Qué métodos de gestión de proyectos ha utilizado principalmente antes de implementar BIM?	70
5.1.4	Percepción sobre la Eficiencia de trabajar con el método BIM	71
5.1.4.1	En su experiencia, ¿Cómo ha influido BIM en la eficiencia de los proyectos en comparación con los métodos tradicionales?	71
5.1.4.2	¿Qué aspectos específicos de la eficiencia cree que BIM ha mejorado?	73
5.1.5	Percepción sobre la Reducción de Costos en metodologías BIM:	74
5.1.5.1	En su experiencia, ¿Cómo ha impactado BIM en la reducción de costos en comparación con los métodos tradicionales?	74
5.1.5.2	¿Qué factores han contribuido a la reducción de costos mediante el uso de BIM? (Seleccione todos los que apliquen)	75
5.1.5.2.1	Impacto en la eficiencia y reducción de costos:	77
5.1.6	Percepción sobre la Calidad	78

GESTIÓN DE PROYECTOS EN INGENIERÍA CIVIL CON BIM

7

5.1.6.1	¿Cómo percibe la influencia de BIM en la mejora de la calidad del proyecto en comparación con los métodos tradicionales?.....	78
5.1.6.2	¿Qué aspectos de la calidad han mejorado con la implementación de BIM? (Seleccione todos los que apliquen).....	80
5.1.7	Opinión General	81
5.1.7.1	En general, ¿recomendaría la implementación de BIM en futuros proyectos de ingeniería civil?.....	81
5.1.7.2	¿Qué dificultades ha identificado en la implementación de BIM en los proyectos? (Seleccione todas las que apliquen)	83
5.2	Propuesta al sector	86
5.2.2	Hallazgos claves.....	86
5.2.3	Recomendaciones Estratégicas:	87
5.2.3.1	Potenciar la Capacitación y Formación:.....	87
5.2.3.2	Fomentar la Colaboración Intergeneracional:	87
5.2.3.3	Ampliar la Implementación de BIM:.....	87
5.2.3.4	Optimizar Herramientas y Recursos:	88
5.2.3.5	Establecer un Sistema de Medición y Seguimiento:.....	88
5.3	DISCUSIÓN	89
6.	CONCLUSIONES	91
7.	Referencias.....	96

Lista de figuras

Ilustración 1 Validación de la Herramienta.....	51
Ilustración 2. ¿Cuál es su edad?	61
Ilustración 3 Nivel de educación.....	62
Ilustración 4 Años de Experiencia en la Ingeniería Civil.....	63
Ilustración 5 Relación entre edad y nivel de educación.....	64
Ilustración 6 Correlación entre edad y experiencia con BIM.....	65
Ilustración 7 Tipos de Proyectos trabajados.....	66
Ilustración 8 Familiaridad con el concepto de Building Information Modeling (BIM).....	67
Ilustración 9 ¿Ha trabajado en proyectos que utilizan BIM?	68
Ilustración 10¿Qué nivel de competencia tiene en el uso de BIM?	69
Ilustración 11 Métodos de gestión Utilizados.....	70
Ilustración 12 Influencia de influido BIM en la eficiencia de los proyectos.....	71
Ilustración 13 Promedio de puntuaciones sobre la percepción de los beneficios de BIM.....	72
Ilustración 14 Percepción general de los beneficios de BIM	73
Ilustración 15 Impactado BIM en la reducción de costos en comparación con los métodos tradicionales.....	74
Ilustración 16 Factores que han contribuido a la reducción de costo mediante el uso de BIM	75
Ilustración 17 Reducción de costos mediante el uso de BIM	77
Ilustración 18 Impacto de BIM en costos	77
Ilustración 19 Impacto de BIM en eficiencia.....	78
Ilustración 20 Influencia de BIM en la mejora de la calidad	79
Ilustración 21 Calidad de proyectos en Metodología BIM.....	80

Ilustración 22 Mejoras en la calidad con BIM	81
Ilustración 23 Implementación de BIM en futuros proyectos de ingeniería civil.....	82
Ilustración 24 Dificultades en la implementación de BIM en los proyectos	84
Ilustración 25 Dificultades en la implementación de BIM en proyectos de ingeniería civil	85

Resumen

En el campo de la ingeniería civil, la gestión eficiente de proyectos es crucial para el éxito de las construcciones y obras de infraestructura. Los métodos tradicionales de gestión de proyectos a menudo resultan ineficaces para manejar la complejidad y el volumen de información, lo que puede derivar en retrasos, sobrecostos y problemas de calidad. La pregunta clave es cómo la implementación de Building Information Modeling (BIM) puede abordar estos desafíos y mejorar la gestión de proyectos en ingeniería civil.

El objetivo general de esta investigación es analizar el impacto de BIM en la eficiencia, costos y calidad de los proyectos de ingeniería civil, comparándolo con los métodos tradicionales de gestión. Los objetivos específicos incluyen evaluar la percepción de los profesionales sobre la eficiencia de los proyectos que utilizan BIM, identificar las principales diferencias en la gestión de costos y analizar cómo BIM contribuye a la mejora de la calidad a través de la reducción de errores y la optimización de procesos.

Para lograr estos objetivos, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el uso de BIM en proyectos de construcción y estudios de caso de proyectos que han implementado esta tecnología. Se examinarán métricas clave como el tiempo de entrega, los costos asociados y la calidad del producto final para evaluar el impacto de BIM en la eficiencia y efectividad de la gestión de proyectos.

Se espera que los resultados de esta investigación proporcionen recomendaciones prácticas para la integración efectiva de BIM en la gestión de proyectos de ingeniería civil, destacando estrategias para superar las barreras a la adopción de BIM y demostrando los beneficios tangibles en términos de eficiencia, reducción de costos y mejora de la calidad.

Palabras clave: Building Information Modeling, gestión de proyectos, eficiencia, costos, calidad, ingeniería civil.

Abstract

In the field of civil engineering, efficient project management is crucial to the success of construction and infrastructure works. Traditional project management methods often prove ineffective in handling the complexity and volume of information, which can lead to delays, cost overruns and quality issues. The key question is how the implementation of Building Information Modeling (BIM) can address these challenges and improve project management in civil engineering.

The general objective of this research is to analyze the impact of BIM on the efficiency, costs, and quality of civil engineering projects, comparing it with traditional management methods. The specific objectives include evaluating professionals' perceptions of the efficiency of projects that use BIM, identifying the main differences in cost management, and analyzing how BIM contributes to quality improvement through error reduction and process optimization.

To achieve these objectives, a comprehensive review of the existing literature on the use of BIM in construction projects and case studies of projects that have implemented this technology will be conducted. Key metrics such as delivery time, associated costs, and the quality of the final product will be examined to assess the impact of BIM on the efficiency and effectiveness of project management.

The results of this research are expected to provide practical recommendations for the effective integration of BIM into civil engineering project management, highlighting strategies to overcome barriers to BIM adoption and demonstrating the tangible benefits in terms of efficiency, cost reduction and quality improvement.

Keywords: Building Information Modeling, project management, efficiency, costs, quality, civil engineering.

Introducción

En el campo de la ingeniería civil, la gestión eficiente de proyectos es crucial para el éxito de las construcciones y obras de infraestructura (Hernández, 2018). La gestión de proyectos en esta disciplina involucra una serie de desafíos complejos que van desde la planificación inicial hasta la ejecución y el cierre de los proyectos (Hernández, 2018). Estos desafíos incluyen la coordinación de múltiples equipos y disciplinas, la gestión de recursos limitados, el cumplimiento de normativas y estándares, y la adaptación a imprevistos y cambios durante el ciclo de vida del proyecto (García, 2019). En este contexto, el uso de tecnologías avanzadas como el Building Information Modeling (BIM) se ha convertido en una herramienta prometedora para mejorar la gestión de proyectos (Smith, 2009).

BIM ofrece una representación digital detallada de las características físicas y funcionales de un edificio, permitiendo una planificación más precisa, una coordinación más efectiva y una gestión de recursos optimizada (Eastman, 2011). Esta tecnología no solo facilita la creación de modelos tridimensionales precisos, sino que también integra información relevante sobre materiales, costos, cronogramas y fases del proyecto (Azhar, 2011). Como resultado, BIM proporciona una plataforma colaborativa donde todos los interesados, incluidos arquitectos, ingenieros, contratistas y clientes, pueden acceder y compartir información actualizada, lo que reduce errores y re trabajos (David Bryde, 2013). Además, BIM permite la simulación y análisis de diferentes escenarios, lo que ayuda a prever y mitigar posibles problemas antes de que ocurran en el sitio de construcción (Succar, 2009).

Este proyecto de investigación tiene como objetivo explorar y analizar cómo la implementación de BIM puede optimizar la gestión de proyectos en ingeniería civil, centrándose en la mejora de la eficiencia, la reducción de costos y el aumento de la calidad en la entrega de proyectos (Hernández, 2018). Para lograr esto, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la

literatura existente sobre el uso de BIM en proyectos de construcción, así como estudios de caso de proyectos que han implementado esta tecnología en diferentes etapas de su desarrollo (Azhar, 2011). Se examinarán métricas clave como el tiempo de entrega, los costos asociados y la calidad del producto final para evaluar el impacto de BIM en la eficiencia y efectividad de la gestión de proyectos (Eastman, 2011).

La investigación abordará la pertinencia, coherencia y medibilidad de los objetivos de implementación de BIM, así como su contribución al conocimiento y las prácticas en el campo de la ingeniería civil (Hernández, 2018). La pertinencia se evaluará en términos de cómo BIM responde a las necesidades específicas del sector, tales como la demanda de mayor sostenibilidad, seguridad y eficiencia en el uso de recursos (García, 2019). La coherencia se analizará examinando cómo los objetivos de implementación de BIM se alinean con los objetivos estratégicos de los proyectos y organizaciones (Smith, 2009). La medibilidad, por otro lado, se abordará estableciendo indicadores claros para evaluar el éxito de la implementación de BIM, tales como la reducción de tiempos de construcción, la disminución de costos y la mejora de la calidad del trabajo (Bryde, 2013)).

Además, se considerará la contribución de BIM al avance del conocimiento y las prácticas en ingeniería civil. Esto incluirá una exploración de cómo BIM puede facilitar la innovación en diseño y construcción, así como su papel en la formación de una nueva generación de profesionales de la construcción con habilidades digitales avanzadas (Succar, 2009). También se investigará el potencial de BIM para mejorar la sostenibilidad de los proyectos, no solo mediante la optimización del uso de recursos, sino también mediante la facilitación de diseños más eficientes en términos energéticos y ambientales (Eastman, 2011).

En última instancia, se espera que los resultados de este estudio proporcionen recomendaciones prácticas y aplicables para la integración efectiva de BIM en la gestión de

proyectos, contribuyendo al avance del conocimiento y la práctica profesional en el área. Estas recomendaciones incluirán estrategias para superar las barreras a la adopción de BIM, tales como la necesidad de inversión en capacitación y la resistencia al cambio entre los profesionales de la construcción (Azhar, 2011). También se ofrecerán pautas para la implementación de BIM en diferentes tipos y tamaños de proyectos, destacando las mejores prácticas y lecciones aprendidas de casos de estudio exitosos (Bryde, 2013).

Con esta investigación, se pretende no solo demostrar los beneficios tangibles de BIM en términos de eficiencia y reducción de costos, sino también destacar su potencial para transformar la práctica de la ingeniería civil en un campo más innovador, sostenible y orientado a la calidad (Smith, 2009).

Este documento se estructura en seis capítulos. El Capítulo 1 aborda el planteamiento del problema, donde se identifican y describen los retos de la gestión de proyectos en ingeniería civil y la necesidad de tecnologías avanzadas como BIM. El Capítulo 2 proporciona el marco de referencia, revisando la literatura y los estudios previos sobre la implementación de BIM en la industria de la construcción. En el Capítulo 3, se detalla la metodología de investigación utilizada, incluyendo el enfoque, alcance y las técnicas empleadas para recopilar y analizar los datos. El Capítulo 4 presenta las hipótesis formuladas en base a la revisión literaria y los objetivos de la investigación. El Capítulo 5 muestra los resultados obtenidos, representados en gráficas y análisis detallados, así como las propuestas de mejora para el sector. Finalmente, el Capítulo 6 ofrece las conclusiones del estudio, resaltando las recomendaciones prácticas y aplicables para la integración efectiva de BIM en la gestión de proyectos de ingeniería civil.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La industria de la construcción en Latinoamérica enfrenta desafíos de ineficiencia, sobrecostos, problemas de calidad y falta de sostenibilidad en proyectos de ingeniería civil, se enfrenta a retos relacionados con la eficiencia, los costos, calidad, falta de sostenibilidad en los proyectos de ingeniería civil y los plazos de entrega. (Carreño, López, & Miranda, 2023). Los métodos tradicionales de gestión de proyectos a menudo resultan ineficaces para manejar la complejidad y el volumen de información en proyectos de ingeniería civil. Estos enfoques, que pueden incluir una combinación de planos en papel, hojas de cálculo y software básico de gestión de proyectos, tienden a ser fragmentados y propensos a errores humanos, lo que puede derivar en retrasos, sobrecostos y problemas de calidad (García, 2019). Además, la falta de coordinación y comunicación efectiva entre los diferentes equipos y disciplinas involucrados en un proyecto puede dar lugar a malentendidos y conflictos, complicando aún más la entrega puntual y dentro del presupuesto.

La pregunta clave es cómo la implementación de Building Information Modeling (BIM) puede abordar estos desafíos y mejorar la gestión de proyectos en esta disciplina, como los ingenieros civiles más experimentados están afrontando estas nuevas metodologías. BIM ofrece una solución integrada que permite la creación y gestión de representaciones digitales de las características físicas y funcionales de un lugar (Smith, 2009). Esto facilita una colaboración más estrecha entre arquitectos, ingenieros, contratistas y otros, al proporcionar una plataforma común para compartir información y actualizar el estado del proyecto en tiempo real (Rojas, 2018). Además, BIM puede mejorar significativamente la planificación y programación de proyectos, permitiendo la detección temprana de conflictos y la simulación de diferentes

escenarios para optimizar los recursos y tiempos (Succar, 2009). La capacidad de BIM para generar modelos tridimensionales detallados ayuda a identificar y resolver problemas potenciales antes de que ocurran en el sitio de construcción, reduciendo así la necesidad de cambios costosos y retrasos (Rojas, 2018. Álvarez, 2019)

Además, al ofrecer un mayor nivel de detalle y precisión, BIM puede contribuir a un mejor control de costos, al proporcionar estimaciones más precisas y facilitar la gestión de presupuestos (García, 2019). En términos de sostenibilidad, BIM también puede apoyar la planificación y gestión de proyectos más ecológicos, mediante el análisis de eficiencia energética y la gestión de residuos de construcción (Smith, 2009). Por lo tanto, la implementación de BIM no solo tiene el potencial de mejorar la eficiencia y reducir los costos, sino también de promover prácticas más sostenibles y responsables en la industria de la construcción (Rojas, 2018).

Esta investigación explorará cómo BIM puede transformar la gestión de proyectos de ingeniería civil, abordando los desafíos actuales y la adopción de esta metodología proporcionando un estudio enfocado para la creación del proyecto en un modelo digital generado por todos los participantes involucrados. En este sentido (Castellanos, 2023), afirma, "Esta metodología busca alimentar modelos a tal detalle que todo quede totalmente claro, que no quede duda del elemento o estructura que se está fabricando."

La implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en Colombia enfrenta varias desafíos; actualmente, los niveles de detalle de los modelos BIM no están regulados, ni siquiera por la Estrategia Nacional BIM 2020-2026. (Castellanos, 2023). Esta estrategia tiene como fin que la metodología BIM sea implementada progresivamente para proyectos de orden nacional o cofinanciados por el Gobierno nacional. Durante los primeros dos años del plan, las organizaciones nacionales deben crear una estrategia de transformación que esté en línea con el plan nacional de transformación. Para 2022, el requerimiento de uso de BIM

para proyectos de construcción públicos debía estar entre el 10% y 25%, aumentando progresivamente hasta alcanzar el 100% en 2025.

Según un estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), (Lacaze, 2021) el 99.5% de las empresas consultadas en la encuesta BIM América Latina y el Caribe 2020 experimentó beneficios positivos derivados de la implementación de esta metodología en sus rutinas de trabajo. Sin embargo, algunos sectores de la industria aún utilizan herramientas antiguas que no favorecen la construcción de un ecosistema que integre y coordine todos los flujos de trabajo, aún existen desafíos importantes que deben ser superados para lograr una adopción completa y efectiva de esta metodología

En Latinoamérica, la adopción de BIM muestra un panorama mixto. Si bien estudios como el del BID indican beneficios significativos para las empresas que lo implementan, persisten desafíos importantes. Uno de los principales es la falta de conocimiento y capacitación en BIM, lo que dificulta la transición de métodos tradicionales a esta metodología. En países como Colombia, a pesar de la Estrategia Nacional BIM, la falta de regulación en los niveles de detalle y la necesidad de una transformación progresiva representan obstáculos. En el caso específico de la constructora ABC, el desconocimiento de BIM por parte de su personal, especialmente los ingenieros civiles más experimentados, se traduce en una resistencia al cambio y una lenta adopción de esta tecnología. Esto genera ineficiencias, posibles sobrecostos y dificultades en la coordinación de proyectos, limitando la capacidad de la empresa para competir en un mercado cada vez más digitalizado.

1.2 La pregunta de investigación

¿Cómo perciben los profesionales de la ingeniería civil de Bogotá, la influencia de la implementación de Building Information Modeling (BIM) en la eficiencia, reducción de costos y mejora de la calidad en comparación con los métodos tradicionales de gestión de proyectos?

1.3 Los objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Revisar el impacto de la implementación de Building Information Modeling (BIM) en la eficiencia, costos y calidad de los proyectos de ingeniería civil, comparándolo con los métodos tradicionales de gestión.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la percepción de los profesionales de la ingeniería civil sobre la eficiencia de los proyectos que utilizan BIM en comparación con aquellos que emplean métodos tradicionales.
- Identificar las principales diferencias en la gestión de costos entre proyectos de ingeniería civil que implementan BIM y aquellos que utilizan enfoques tradicionales.
- Analizar cómo la implementación de BIM contribuye a la mejora de la calidad en los proyectos de ingeniería civil, a través de la reducción de errores y la optimización de procesos.

1.4 Justificación de la investigación

El estudio de la implementación de BIM en la gestión de proyectos de ingeniería civil es crucial para el avance del conocimiento en el campo. A medida que la industria de la construcción enfrenta desafíos crecientes relacionados con la eficiencia, los costos y la calidad, la investigación sobre tecnologías innovadoras como BIM se vuelve esencial (Eastman, 2011), debido a que ofrece un análisis crítico y actualizado sobre cómo BIM puede transformar las prácticas de gestión de proyectos, fomentando un enfoque educativo que permita a antiguos y futuros ingenieros civiles comprender y aplicar estos conceptos en su práctica diaria, promoviendo así un aprendizaje significativo.

Desde una perspectiva social, la implementación de BIM tiene el potencial de mejorar significativamente la calidad de vida de las comunidades al optimizar la entrega de proyectos de infraestructura. La mejora en la eficiencia y la reducción de costos pueden traducirse en proyectos más accesibles y sostenibles, beneficiando a la sociedad en su conjunto (Álvarez, 2017). Además, al fomentar prácticas de construcción más sostenibles, BIM puede contribuir a la creación de entornos urbanos más habitables, mejor percepción de seguridad, alineados con los objetivos de desarrollo sostenible (Azhar, 2011).

Los resultados de esta investigación ofrecerán recomendaciones prácticas y aplicables para la integración efectiva de BIM en la gestión de proyectos. Estas recomendaciones no solo beneficiarán a las empresas del sector de la construcción, sino que también podrán ser utilizadas por instituciones educativas para actualizar sus currículos y formar a una nueva generación de profesionales con habilidades digitales avanzadas (Chavez Montoya, 2022). Asimismo, al identificar y abordar las barreras para la adopción de BIM, se facilitará una transición más fluida hacia estas tecnologías, promoviendo una cultura de innovación en la industria.

Este proyecto de investigación es relevante no solo desde el punto de vista académico y científico, sino también por su potencial impacto social y contribuciones a la comunidad. Al explorar y analizar la implementación de BIM en la gestión de proyectos de ingeniería civil, se espera generar un conocimiento que impulse la transformación de la industria hacia prácticas más eficientes, sostenibles y de alta calidad.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Estado del Arte

Para el desarrollo de esta investigación se llevó a cabo una búsqueda de literatura en los últimos 10 años. La ecuación de búsqueda utilizada: "Project Managements" OR "Building Information Modeling" OR "Colombia y las BIM" OR "gestión de proyectos" OR "eficiencia, costos, calidad, ingeniería civil". Esto se revisó en Google scholar, Scopus, ScienceDirect, , Dialnet.

En el contexto nacional, (Brad Hardin, 2015) han explorado las herramientas, métodos y flujos de trabajo probados en la gestión de la construcción con BIM. Sus hallazgos sugieren que la adopción de BIM en los proyectos de construcción puede facilitar una mejor coordinación y comunicación entre las partes interesadas, lo que se traduce en una entrega más efectiva de los proyectos. En el contexto local, (Rojas, 2018) han investigado los beneficios y desafíos del BIM en proyectos de ingeniería civil en Bogotá, identificando una serie de barreras relacionadas con la resistencia al cambio y la falta de capacitación adecuada.

El artículo (Pilar, Edith, & Elías, 2019) propone una metodología que integra indicadores ambientales—como energía incorporada, emisiones de CO₂ y residuos de construcción—en modelos BIM para evaluar el impacto ambiental de edificios. Utilizando un enfoque cualitativo, los autores aplican esta metodología a un bloque de viviendas sociales en Sevilla, enfocándose en la estructura de hormigón armado debido a su alto impacto ambiental. Los resultados destacan que el hormigón es el principal contribuyente al consumo energético y emisiones, mientras que el acero, aunque menos intensivo en energía y emisiones, ofrece oportunidades de reducción de residuos mediante el reciclaje. Esta integración de BIM con indicadores

ambientales facilita una evaluación más precisa y eficiente de la sostenibilidad en proyectos de construcción.

El artículo " La compatibilidad BIM y su diferenciación con los retos de interoperabilidad como factor de innovación" (Sara, Samad, David, Li, & Cheng, 2020), aborda la distinción entre compatibilidad e interoperabilidad en el contexto de Building Information Modeling (BIM) y cómo estos conceptos influyen en la innovación en la industria de la construcción. La metodología empleada incluye un enfoque basado en gráficos para mejorar la interoperabilidad mediante el enriquecimiento semántico, utilizando técnicas de aprendizaje automático y métodos basados en reglas para la clasificación de objetos, determinación de relaciones y cálculo de atributos. Esta información se compila en un grafo BIM, que se utiliza para facilitar la interoperabilidad entre diferentes versiones de software de modelado. Un estudio de caso demuestra la eficacia de este enfoque al reconstruir un modelo arquitectónico en una versión anterior del software, manteniendo la coherencia con el modelo original.

La planificación eficaz (Getuli, Pietro, Bruttini, & Isaac, 2020) aborda la mejora de la planificación de espacios de trabajo en la construcción mediante la integración de Building Information Modeling (BIM) y Realidad Virtual Inmersiva (IVR). La metodología empleada consiste en simular actividades de construcción utilizando BIM para crear entornos virtuales detallados, que luego se experimentan a través de IVR. Esta combinación permite a los profesionales identificar y mitigar riesgos de seguridad de manera más efectiva durante la fase de planificación, optimizando la disposición del espacio y reduciendo potenciales accidentes en el sitio de construcción.

La revista *Automation in Construction* (Tan, Grant, Eleni, & Zhening, 2021). Este trabajo examina la integración de métodos de toma de decisiones multicriterio (MCDM) con el modelado de información de construcción (BIM) en la industria de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC). Mediante una revisión de 45 artículos desde 2009 hasta la fecha, los

autores identifican cinco áreas principales de aplicación: sostenibilidad, rehabilitación, selección de proveedores, seguridad y constructibilidad. La metodología empleada consiste en un análisis cualitativo de la literatura existente para evaluar cómo la combinación de MCDM y BIM puede mejorar la integración de información y la toma de decisiones en proyectos de construcción. Además, se discuten cinco estrategias establecidas para optimizar esta sinergia, proporcionando un marco de referencia para la aplicación práctica de estas técnicas de decisión. El estudio también señala lagunas en la literatura actual y ofrece nuevas perspectivas para profesionales interesados en promover una toma de decisiones integrada en el sector.

El BIM (Building Information Modeling), está siendo adoptado por diferentes campos de la construcción debido a sus resultados, los cuales prometen generar mayor eficacia en las operaciones optimizando el rendimiento y el impacto ambiental, haciendo proyectos más sostenibles, permitiendo hacer medición del consumo energético del proyecto que ayuda a mitigar o anticipar la detección de errores (Jhonatan Quintero García, 2021).

En Bolivia, (Chavez Montoya, 2022) realizó un análisis sobre la gestión de proyectos de construcción mediante BIM e Integrated Project Delivery (IPD), concluyendo que la implementación de estas metodologías puede mejorar significativamente la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos de infraestructura en el país. Estos estudios demuestran que, a pesar de las variaciones contextuales, la adopción de BIM presenta beneficios consistentes en términos de optimización de recursos y mejora en la calidad de los proyectos.

Las fuentes secundarias incluyen estudios como el de Álvarez y Martínez (2017), quienes comparan la gestión de proyectos de construcción con y sin BIM en Bogotá, y el de Chavez Montoya (2022), que analiza un caso específico en Bolivia. Estos estudios proporcionan un contexto adicional y permiten una comprensión más amplia de cómo BIM puede ser aplicado y los resultados esperados en diferentes escenarios.

Los estudios realizados en Bolivia pretendían hacer una comparación de los diferentes métodos de construcción utilizados, comprendidos en BIM (Building Information Modeling) y IPD (entrega Integrada de Proyectos) con el fin de determinar cómo sus diferentes actividades y enfoques influyen directamente en el desarrollo del diseño del proyecto.

El artículo "El impulso del sector público en la implementación de América Latina", (Úrsula Carreño, 2023), analiza cómo los gobiernos latinoamericanos están adoptando tecnologías emergentes para mejorar la eficiencia y transparencia en la administración pública. Utilizando una metodología cualitativa, los autores examinan casos de estudio en varios países de la región, evaluando iniciativas gubernamentales que integran soluciones digitales como la inteligencia artificial y el blockchain. Estas tecnologías se aplican en áreas como la gestión de datos, la automatización de procesos y la seguridad de la información, buscando modernizar los servicios públicos y fomentar la participación ciudadana.

El artículo (Grupo Cal y Mayor, 2024) "Tendencias en la implementación de la metodología BIM y su papel en la mejora de la eficiencia y sostenibilidad en proyectos de construcción" (2024): Este artículo analiza cómo la adopción de BIM ha transformado la industria de la construcción, enfocándose en su impacto en la eficiencia operativa y la sostenibilidad de los proyectos. Se destacan casos de éxito en México, donde la implementación de BIM ha permitido reducir costos y tiempos de ejecución, mejorando la calidad y la colaboración entre los equipos de trabajo.

La maqueta digital se abre paso en la contratación de obra pública" (Viña, La maqueta digital se abre paso en la contratación de obra pública, 2024): Este informe examina la creciente exigencia de utilizar BIM en las licitaciones de obra pública en España. Desde su implementación en 2023, entidades como la Generalitat de Cataluña y Adif han solicitado la entrega de modelos BIM en sus contratos, lo que ha mejorado la transparencia, facilitado la toma de decisiones y reducido costos y retrasos en los proyectos.

Los métodos de investigación utilizados en estos estudios incluyen análisis de casos, entrevistas a expertos del sector, y estudios comparativos de proyectos con y sin BIM. Estos métodos han permitido una comprensión profunda de los factores que influyen en la adopción de BIM y su impacto en la gestión de proyectos de construcción.

2.2 Marco Teórico

La investigación se sustenta en diversas fuentes teóricas primarias y secundarias. Entre las fuentes primarias se encuentran los trabajos de Eastman. (2011) y Hardin y McCool (2015), quienes proporcionan una base sólida sobre la teoría y práctica de BIM en la construcción. Además, Azhar (2011) contribuye con una discusión sobre las tendencias, beneficios, riesgos y desafíos asociados con BIM en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC).

Esta investigación no solo busca demostrar los beneficios tangibles de BIM en términos de eficiencia y reducción de costos, sino también resaltar su potencial para transformar la práctica de la ingeniería civil hacia un enfoque más innovador, sostenible y orientado a la calidad (Smith, 2009). Al abordar los desafíos actuales de la gestión de proyectos, se espera que BIM contribuya al avance del conocimiento y las prácticas en el campo de la ingeniería civil.

Estudios realizados en Europa, establecen la importancia para los gobiernos europeos y organizaciones del sector público en promover y adoptar en mayor número planes Nacionales para la proyección de programas nacionales en los distintos mercados y proponer mejor desarrollo para la construcción (Bieńkowska, 2018).

“La Unión Europea reconoció en 2014 el beneficio que aporta BIM al sector público para generar una mayor rentabilidad de las obras públicas y fomentar la innovación. Esta directiva ha animado a promotores públicos de toda Europa a estudiar la introducción BIM, lo

que ha generado una necesidad de información sobre de BIM en el seno del sector público europeo.”

Introducción a BIM en la Construcción: Building Information Modeling (BIM) es una metodología digital que ha revolucionado la forma en que se diseñan, construyen y gestionan los proyectos de infraestructura. A través de un modelo tridimensional que integra toda la información relevante de un proyecto, BIM facilita la coordinación y la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida del proyecto, desde la planificación hasta la operación y el mantenimiento (Eastman, 2011).

Impacto de BIM en los Proyectos de Construcción: BIM no solo ha demostrado ser una herramienta eficaz en la mejora de la eficiencia de los proyectos de construcción, sino que también juega un papel fundamental en la reducción de costos y la optimización del tiempo. La eficiencia en la construcción con BIM se refiere a la mejora en la gestión de recursos, tiempos de ejecución y la minimización de errores durante el proceso constructivo, lo cual se traduce en un uso más racional de los materiales y una menor cantidad de trabajo innecesario. (Azhar, 2011)

➤ **Reducción de Costos:** Uno de los principales beneficios del uso de BIM es su capacidad para identificar problemas potenciales desde las primeras etapas del proyecto. Esta capacidad para detectar errores antes de que ocurran en el sitio de construcción permite a las empresas evitar costosos retrasos y modificaciones. Según (Smith, 2009), BIM permite la simulación de la obra en sus diversas fases, lo que ayuda a identificar conflictos y planificar soluciones de forma anticipada, reduciendo así los costos imprevistos.

➤ **Optimización del Tiempo:** BIM también optimiza el tiempo de construcción, ya que la coordinación entre los distintos equipos de trabajo se realiza de manera más fluida. Los modelos virtuales permiten visualizar y prever los procesos de construcción, lo que reduce el tiempo necesario para completar cada fase del proyecto (Azhar, 2011). Además, los plazos de

entrega se cumplen con mayor facilidad debido a la reducción de errores y al seguimiento detallado del avance de las tareas.

➤ **Desafíos del Uso de BIM en Colombia:** A pesar de los beneficios demostrados de BIM, su implementación en Colombia enfrenta varios desafíos. Uno de los principales obstáculos es el desconocimiento y la falta de capacitación en BIM dentro de la industria de la construcción. Muchos profesionales del sector aún no están familiarizados con los principios y aplicaciones de BIM, lo que genera resistencia al cambio y dificulta la adopción de esta tecnología (Rojas, 2018). La falta de formación en las universidades y la escasa difusión de la metodología en las empresas también han contribuido a esta brecha de conocimiento.

➤ **Resistencia al Cambio:** La resistencia al cambio en BIM se manifiesta como una reticencia a adoptar nuevas metodologías y tecnologías, arraigada en el miedo a lo desconocido y la comodidad con los métodos tradicionales. Esta oposición surge de la incertidumbre ante la necesidad de adquirir nuevas habilidades, la preocupación por la inversión en software y capacitación, y la falta de comprensión de los beneficios tangibles de BIM. Los profesionales pueden mostrarse reacios a abandonar prácticas arraigadas, temiendo la complejidad de la curva de aprendizaje y los cambios en los flujos de trabajo establecidos. La resistencia se evidencia en la lentitud de la adopción, la falta de participación en la capacitación, la crítica constante a la metodología y la tendencia a volver a los métodos tradicionales, lo que dificulta la colaboración y la eficiencia en los proyectos.

La transición hacia BIM implica un cambio significativo en los procesos y estructuras tradicionales de trabajo en la construcción. Este cambio genera dudas en muchos profesionales del sector sobre los beneficios inmediatos de adoptar BIM, sobre todo en un contexto como el colombiano, donde los métodos tradicionales siguen siendo predominantes. El desconocimiento

y la falta de confianza en la tecnología son barreras clave que deben ser superadas para una adopción exitosa (Brad Hardin, 2015).

➤ **Falta de Infraestructura y Capacitación:** Aunque algunos proyectos en Colombia han comenzado a implementar BIM, aún hay una falta de infraestructura adecuada y recursos humanos capacitados para hacer frente a la creciente demanda de esta metodología. El gobierno y las entidades educativas deben promover políticas de capacitación que permitan a los profesionales del sector construir una comprensión sólida de BIM y sus ventajas, especialmente en áreas como la planificación de proyectos y la gestión de recursos.

➤ **El Rol del Sector Público y Políticas Gubernamentales:** El sector público, a través de sus políticas, regulaciones e inversiones, puede influir significativamente en la adopción de nuevas tecnologías y metodologías, como el Building Information Modeling (BIM). Las políticas gubernamentales pueden establecer mandatos para el uso de BIM en proyectos de infraestructura pública, proporcionar incentivos para su adopción en el sector privado y financiar programas de capacitación y educación para desarrollar la fuerza laboral necesaria.

En el contexto internacional, varios gobiernos han reconocido la importancia de BIM para mejorar la rentabilidad y la innovación en la construcción. En la Unión Europea, por ejemplo, la adopción de BIM en proyectos públicos se ha convertido en una prioridad, con directivas que impulsan el uso de BIM en la administración pública desde 2014 (Bieńkowska, 2018). Sin embargo, en Colombia, aún falta una directiva clara que impulse la implementación de BIM en proyectos de infraestructura pública. Las políticas gubernamentales que promuevan su uso pueden ser un motor clave para su adopción masiva en el país.

➤ **Iniciativas Gubernamentales:** Las iniciativas gubernamentales representan el conjunto de acciones y programas que el gobierno diseña y ejecuta para atender las necesidades de la sociedad, impulsar el desarrollo y aplicar políticas públicas. La implementación de planes nacionales de BIM podría contribuir a acelerar su adopción en el sector público y privado. Iniciativas como la creación de normas que obliguen a las entidades públicas a adoptar BIM en la planificación y ejecución de obras de infraestructura facilitarían la transición hacia una construcción más eficiente y sostenible en Colombia.

➤ **Conclusiones y Perspectivas Futuras:** A pesar de los retos actuales, la adopción de BIM tiene un enorme potencial para mejorar la eficiencia, reducir costos y optimizar el tiempo en los proyectos de construcción en Colombia. Es esencial que se fomente una mayor educación y capacitación sobre BIM, especialmente a nivel universitario y en el sector privado, para superar la resistencia al cambio y aprovechar los beneficios de esta metodología. Además, el apoyo del gobierno a través de políticas públicas puede acelerar la integración de BIM en el país, posicionando a Colombia como un referente en la adopción de tecnologías de construcción avanzadas en la región.

2.3 Marco normativo

El marco normativo es un componente esencial en la adopción y regulación de tecnologías en la construcción, como Building Information Modeling (BIM). En muchos países, existen directrices específicas que impulsan su implementación en proyectos de infraestructura pública. Estas regulaciones tienen como objetivo mejorar la eficiencia, reducir los costos y garantizar la sostenibilidad en los proyectos de construcción. A continuación, se presentan las normativas clave tanto a nivel internacional como nacional, con especial énfasis en Colombia.

Normativas Internacionales sobre BIM: Directiva 2014/24/EU de la Unión Europea: Esta directiva, adoptada en 2014, establece la obligatoriedad de utilizar BIM en proyectos financiados con fondos públicos en los países miembros de la UE, a partir de 2016. Su objetivo es aumentar la rentabilidad, mejorar la eficiencia en la gestión de la construcción y fomentar la innovación mediante la digitalización en el sector de la construcción (Europea, 2014)

Reino Unido: En 2016, el gobierno británico implementó un mandato que requiere el uso de BIM en todos los proyectos de construcción financiados por el sector público. Esta política se basa en la Government Construction Strategy, cuyo objetivo es mejorar la eficiencia, reducir los costos y aumentar la transparencia en la gestión de proyectos de infraestructura (Government, 2016)

Bolivia: Aunque Bolivia no cuenta con una legislación específica sobre BIM, las normativas generales de construcción y los estándares de calidad existentes pueden influir en su adopción en proyectos de infraestructura. La implementación de tecnologías digitales en la construcción es un tema en crecimiento, que puede ser regulado en el futuro conforme se desarrollen más directrices en el sector (j & Chavez , 2022)

Normativas y Estrategias en Colombia: En Colombia, la adopción de BIM está avanzando gradualmente, respaldada por políticas y normativas específicas para la industria de la construcción.

Estrategia Nacional BIM 2020-2026: Este documento, liderado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), tiene como objetivo transformar digitalmente el sector de la construcción e infraestructura. Define las estrategias y acciones necesarias para impulsar la adopción de BIM en proyectos públicos y privados en Colombia. Esta estrategia tiene como fin promover la interoperabilidad, mejorar la gestión de la información y optimizar los recursos en los proyectos de construcción ((DNP), 2020)

Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 19650: Adoptada por ICONTEC, (ICONTEC, 2020) esta norma establece los principios y requisitos para la gestión de la información en proyectos de construcción utilizando BIM. Proporciona una guía sobre cómo implementar procesos BIM, y garantiza el intercambio adecuado de información entre los diferentes actores involucrados en los proyectos de construcción (ICONTEC, 2020).

BIM Forum Colombia: Esta organización, conformada por empresas y profesionales del sector de la construcción en Colombia, promueve la adopción de BIM en el país. Ha desarrollado recursos como el BIM Kit, una guía que facilita la implementación de BIM en proyectos de construcción, proporcionando información técnica, pasos a seguir y mejores prácticas (BIM Forum Colombia,, 2021).

Documentos Oficiales y Guías

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2020). Estrategia Nacional BIM 2020-2026. Gobierno de Colombia.

ICONTEC. (2020). Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 19650. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

BIM Forum Colombia. (2021). BIM Kit: Guía para la implementación de BIM en proyectos de construcción.

3. METODOLOGÍA

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

Este proyecto de investigación se centrará en la implementación de Building Information Modeling (BIM) en la gestión de proyectos de ingeniería civil, con el objetivo de analizar cómo esta metodología innovadora puede mejorar la eficiencia, reducir costos y optimizar los plazos de entrega en comparación con los métodos tradicionales de gestión de proyectos. BIM, al ofrecer una plataforma digital integral para la creación y gestión de representaciones detalladas de las características físicas y funcionales de un proyecto, ha demostrado un potencial significativo para transformar la manera en que se planifican y ejecutan los proyectos de construcción. Por esta razón, el estudio se desarrollará en un contexto espacial limitado a proyectos de ingeniería civil en Colombia, con un enfoque particular en la empresa ABC, que es conocida por su alta concentración de proyectos de infraestructura y su papel como un importante centro de desarrollo en el país.

La investigación abarcará un período de tiempo específico, analizando proyectos desarrollados entre 2015 y 2024. Este rango temporal ha sido seleccionado debido a que coincide con la etapa en la que la adopción de BIM ha ganado tracción en la industria de la construcción en Colombia (Rojas, 2018), permitiendo así evaluar tanto implementaciones iniciales como más maduras de esta tecnología. La selección de este período permite un análisis comparativo más exhaustivo y relevante, proporcionando una visión completa del impacto de BIM a lo largo del tiempo y cómo ha sido percibido y adoptado por los profesionales en el campo de la ingeniería civil (García, 2019).

El estudio se centrará en tres áreas clave en relación con la percepción de los profesionales de la ingeniería civil de Bogotá sobre la influencia de la implementación de BIM.

Primero, se explorará la eficiencia en la gestión de la información y la coordinación entre equipos, evaluando cómo BIM mejora estos aspectos en comparación con los métodos tradicionales que a menudo dependen de sistemas dispares y propensos a errores humanos. Segundo, se analizará la optimización de costos y tiempos, con un enfoque particular en la capacidad de BIM para detectar conflictos de manera temprana y simular diferentes escenarios, lo que tiene el potencial de reducir significativamente los costos y los plazos de entrega, mejorando así la rentabilidad y la eficacia de los proyectos. Tercero, se examinará el impacto de BIM en la sostenibilidad de los proyectos, poniendo énfasis en cómo esta tecnología puede contribuir a la eficiencia energética y a la gestión de residuos, áreas cada vez más importantes en la construcción moderna.

Este enfoque integral no solo permitirá entender cómo los ingenieros civiles en Bogotá perciben los beneficios de BIM en comparación con las metodologías convencionales, sino que también proporcionará evidencia empírica sobre la eficacia de BIM para resolver problemas inherentes a los métodos tradicionales, como la fragmentación de la información y los errores en la ejecución. La investigación ofrecerá información valiosa para los profesionales de la ingeniería civil interesados en integrar nuevas tecnologías en sus prácticas diarias, promoviendo una industria de la construcción más eficiente, sostenible y competitiva en el mercado global.

3.1.1 Tipo de diseño de Investigación

Para la investigación se ha seleccionado un diseño de investigación descriptivo-correlacional. Este tipo de diseño es particularmente adecuado para el estudio, ya que permite no solo describir las características fundamentales de la implementación de BIM en la gestión de proyectos de ingeniería civil, sino también explorar y analizar la relación entre diferentes

variables, como la eficiencia, la reducción de costos y la mejora de la calidad en comparación con los métodos tradicionales de gestión de proyectos.

El diseño descriptivo se enfoca en la observación y descripción detallada de los fenómenos tal como se presentan en el contexto de estudio, sin intervenir directamente en ellos. Según Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), el objetivo principal del diseño descriptivo es detallar las características de una población o fenómeno en particular. En este caso, la investigación se centrará en describir cómo los profesionales de la ingeniería civil perciben la influencia del BIM en sus proyectos, proporcionando un panorama detallado sobre su implementación y los beneficios observados.

Por otro lado, el componente correlacional del diseño permite explorar y analizar las relaciones entre las variables clave. El diseño correlacional es útil para determinar si existe una relación entre la implementación de BIM y variables como la eficiencia operativa, la reducción de costos y la mejora en la calidad de los proyectos. Aunque este diseño no permite establecer causalidad, sí ofrece una visión clara de la fuerza y dirección de las relaciones entre las variables, lo que es esencial para entender cómo la adopción de BIM puede influir en diferentes aspectos de la gestión de proyectos en ingeniería civil.

Este enfoque descriptivo-correlacional es coherente con los objetivos de la investigación, ya que no solo busca describir las percepciones y prácticas actuales, sino también identificar posibles correlaciones que puedan guiar futuras investigaciones y prácticas en la implementación de BIM. De esta manera, se espera proporcionar un análisis detallado y robusto que contribuya al entendimiento y mejora de la gestión de proyectos en ingeniería civil mediante el uso de tecnologías avanzadas como el BIM.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Definición de la población

La población objeto de estudio para la investigación estará conformada por profesionales de la ingeniería civil que operan en la Compañía de Ingeniería ABC de Bogotá, Colombia. Esta población incluye un equipo trabajo de 17 colaboradores entre ingenieros civiles y arquitectos que se encuentran actualmente involucrados en la gestión de proyectos de construcción, en el sector público y que tienen experiencia o conocimiento sobre la implementación de BIM en sus actividades laborales.

Dado que la población total es de 17 profesionales, se realizará un muestreo exhaustivo para incluir a la mayoría de los colaboradores relevantes. Para determinar el tamaño de la muestra, se considera un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Aplicando la fórmula para poblaciones finitas, la muestra calculada es de 16 participantes.

Se seleccionará a los Ingenieros Civiles y Arquitectos que trabajen en la empresa, oficinas de diseño que lideran proyectos de infraestructura. La elección de esta población se justifica en la relevancia de Constructora ABC como un centro urbano y económico clave en Colombia, donde se desarrollan numerosos proyectos de construcción de gran envergadura. Estos profesionales están en una posición única para ofrecer percepciones informadas sobre cómo la implementación de BIM impacta en la eficiencia, reducción de costos y mejora de la calidad de los proyectos de ingeniería civil, lo que hace que sus aportes sean fundamentales para los objetivos de la investigación. La muestra representativa de esta población será seleccionada utilizando criterios específicos que aseguren que los participantes tengan una experiencia relevante en el uso de BIM, lo cual garantizará la validez y aplicabilidad de los resultados obtenidos.

3.2.2 Cálculo y selección de la muestra

Se utilizará un muestreo probabilístico para seleccionar la muestra de profesionales. El tamaño de la muestra se determinará mediante cálculos estadísticos, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

Los criterios de inclusión incluirán a profesionales con al menos 4 años de experiencia en proyectos de ingeniería civil y arquitectos, Participación en al menos **un proyecto** que haya implementado metodologías BIM. Mientras que los criterios de exclusión se basarán en la falta de experiencia directa con BIM, Personas que hayan ocupado exclusivamente roles administrativos sin toma de decisiones técnicas en proyectos de construcción, antecedentes de conflictos de interés que puedan comprometer la objetividad en la investigación.

Estos criterios buscan garantizar que los resultados sean representativos y aplicables a la industria de la construcción con un enfoque en la implementación de BIM.

3.3 Instrumento

El procedimiento de aplicación de los instrumentos de recolección de datos en esta investigación se desarrollará en varias etapas, asegurando que el proceso sea sistemático, riguroso y adecuado para obtener información precisa y relevante sobre la percepción de los profesionales de la ingeniería civil en Bogotá respecto a la implementación de Building Information Modeling (BIM). A continuación, se describe detalladamente el instrumento.

Percepción sobre la Implementación de Building Information Modeling (BIM), en la Ingeniería Civil en Bogotá

B I U ↺ ↻

Si acepta participar, se le solicitará completar una encuesta que contiene preguntas sobre [Building Information Modeling (BIM)]. La encuesta tomará aproximadamente [10] minutos en completarse.

Toda la información que proporcione será tratada de manera confidencial. Sus respuestas se combinarán con las de otros participantes y se tabularán sin revelar su identidad. En caso de que los resultados del estudio sean publicados, su identidad seguirá siendo completamente confidencial, garantizando el cumplimiento de las normativas legales vigentes.

Su participación es completamente voluntaria. Puede negarse a participar o retirarse del estudio en cualquier momento sin repercusión alguna.

Al completar y enviar esta encuesta, usted está dando su consentimiento informado para participar en el estudio. Si no desea participar, simplemente no complete la encuesta.

¡Muchas gracias por considerar participar en este importante proyecto de investigación!

Datos Socio Demográficos

1. ¿Cuál es su edad?

Texto de respuesta corta

2. ¿Cuál es su nivel de educación?

- Pregrado en Ingeniería Civil
- Especialización
- Maestría
- Doctorado
- Otro (especifique): _____

3. ¿Cuántos años de experiencia tiene en la industria de la ingeniería civil?

- Menos de 5 años
 - 5-10 años
 - 11-20 años
 - Más de 20 años
-

4. ¿En qué tipo de proyectos ha trabajado principalmente?

- Infraestructura vial
- Edificaciones
- Obras hidráulicas
- Obras de urbanización
- Otro (especifique): _____

Sección 2: Conocimiento y Uso de BIM

5. ¿Está familiarizado con el concepto de Building Information Modeling (BIM)?

- Si
- No

6. ¿Ha trabajado en proyectos que utilizan BIM?

- Si
 - No
-

...

7. ¿Qué nivel de competencia tiene en el uso de BIM?

- Ninguno
- Básico
- Intermedio
- Avanzado
- Experto

8. ¿Qué métodos de gestión de proyectos ha utilizado principalmente antes de implementar BIM?

- Métodos tradicionales (planos 2D, hojas de cálculo, etc.)
- Métodos mixtos (combina BIM con otros métodos)
- Solo BIM

...

Sección 3: Percepción sobre la Eficiencia de trabajar con el método BIM

9. En su experiencia, ¿Cómo ha influido BIM en la eficiencia de los proyectos en comparación con los métodos tradicionales?

- Ha mejorado significativamente la eficiencia
- Ha mejorado moderadamente la eficiencia
- No ha habido cambios en la eficiencia
- Ha disminuido la eficiencia
- No sabe

10. ¿Qué aspectos específicos de la eficiencia cree que BIM ha mejorado? (Seleccione todos los que apliquen)

- Coordinación entre equipos
- Planificación y programación de proyectos
- Identificación y resolución de conflictos
- Gestión de recursos
- Otro (especifique): _____

...

Sección 4: Percepción sobre la Reducción de Costos en metodologías BIM

11. En su experiencia, ¿Cómo ha impactado BIM en la reducción de costos en comparación con los métodos tradicionales?

- Ha reducido significativamente los costos
- Ha reducido moderadamente los costos
- No ha habido cambios en los costos
- Ha aumentado los costos
- No sabe

12. ¿Qué factores han contribuido a la reducción de costos mediante el uso de BIM? (Seleccione todos los que apliquen)

- Mejor control de presupuesto
 - Reducción de errores
 - Optimización del uso de materiales
 - Otro (especifique): _____
-

Sección 5: Percepción sobre la Calidad

13. ¿Cómo percibe la influencia de BIM en la mejora de la calidad del proyecto en comparación con los métodos tradicionales?

- Ha mejorado significativamente la calidad
- Ha mejorado moderadamente la calidad
- No ha habido cambios en la calidad
- Ha disminuido la calidad
- No sabe

...

14. ¿Qué aspectos de la calidad han mejorado con la implementación de BIM? (Seleccione todos los que apliquen)

- Precisión en la construcción
- Cumplimiento de estándares y normativas
- Mejora en la documentación del proyecto
- Otro (especifique): _____

...

Sección 6: Opinión General

15. En general, ¿recomendaría la implementación de BIM en futuros proyectos de ingeniería civil?

- Sí, definitivamente
- Sí, con algunas reservas
- No, prefiero métodos tradicionales
- No tengo una opinión clara

...

16. ¿Qué dificultades ha identificado en la implementación de BIM en los proyectos?
(Seleccione todas las que apliquen)

- Costos de implementación
- Falta de formación/capacitación
- Resistencia al cambio
- Falta de estándares claros
- Otro (especifique): _____

3.3.1 Preparación del Cuestionario

Diseño y Validación del Cuestionario: El cuestionario será elaborado con preguntas cerradas y estructuradas, alineadas con los objetivos de la investigación. Se incluirán preguntas que evalúen, datos demográficos, conocimiento y uso de BIM, la percepción sobre la eficiencia, Percepción sobre reducción de costos, percepción sobre la calidad y opinión general. El cuestionario será revisado por un ingeniero externo y la docente de la 4 materia para asegurar la validez del contenido.

3.3.2 Aplicación de la encuesta

Distribución de la encuesta: La encuesta será distribuida a los participantes a través de diferentes medios, como encuestas en línea utilizando plataformas seguras (por ejemplo, Google Forms). Esta opción en línea se preferirá para facilitar la recolección de datos y reducir costos, aunque se dispondrá de la encuesta en papel para aquellos participantes que lo requieran.

Instrucciones Claras: Se proporcionarán instrucciones detalladas a los participantes sobre cómo completar la encuesta, incluyendo información sobre la confidencialidad de sus respuestas y la importancia de responder de manera honesta y reflexiva.

3.3.3 Recolección y almacenamiento de datos

Recopilación de la encuesta: Una vez que los participantes hayan completado la encuesta, los datos serán recolectados y almacenados en una base de datos segura.

3.4 Descripción de procedimientos

El procedimiento para la aplicación de los instrumentos de recolección de datos en esta investigación se llevará a cabo en varias etapas, asegurando que el proceso sea sistemático, riguroso y apropiado para obtener información precisa y relevante sobre la percepción de los profesionales de la ingeniería civil en la constructora ABC respecto a la implementación de Building Information Modeling (BIM). A continuación, se describe detalladamente cada una de las etapas:

3.4.1 Preparación del Cuestionario

Diseño y Validación del Cuestionario: El cuestionario se estructurará con preguntas cerradas alineadas a los objetivos de la investigación. Se incluirán ítems que aborden datos demográficos, el conocimiento y uso de BIM, así como las percepciones sobre la eficiencia, la reducción de costos, la calidad y la opinión general. Para garantizar la validez del contenido, el cuestionario será revisado por un ingeniero externo y por la docente encargada de la materia.

3.4.2 Selección de la Muestra

Definición de la Población y Muestra: La población objetivo estará compuesta por profesionales de la ingeniería civil que hayan trabajado en proyectos desarrollados en la constructora ABC entre 2015 y 2024. Se seleccionará una muestra representativa de 17 profesionales, empleando métodos de muestreo por conveniencia. Esta estrategia garantizará que todos los segmentos relevantes estén adecuadamente representados.

Contacto Inicial: Los potenciales participantes serán contactados a través de correo electrónico y redes profesionales como WhatsApp. En este primer contacto, se les informará sobre los objetivos de la investigación, la importancia de su participación y se les solicitará su consentimiento informado.

3.4.3 Aplicación de la Encuesta

Distribución de la Encuesta: La encuesta será distribuida a los participantes mediante plataformas seguras de encuestas en línea, como Google Forms, para facilitar la recolección de datos y reducir costos. No obstante, se ofrecerá una versión impresa de la encuesta para aquellos que lo prefieran.

Instrucciones Claras: A los participantes se les proporcionarán instrucciones detalladas sobre cómo completar la encuesta, enfatizando la confidencialidad de sus respuestas y la importancia de responder de manera honesta y reflexiva.

3.4.4 Recolección y Almacenamiento de Datos

Recopilación de la Encuesta: Una vez completada por los participantes, la encuesta se almacenará en una base de datos segura para garantizar la integridad y confidencialidad de los datos recolectados.

3.5 Análisis de Información

El análisis de la información es una etapa fundamental en esta investigación, ya que permite transformar los datos recolectados en información útil para responder a la pregunta de investigación. Para procesar y analizar los datos cuantitativos obtenidos a través del cuestionario, se empleará el software JASP, una herramienta de análisis estadístico avanzado y gratuito que facilitará la realización del análisis descriptivo y otras técnicas estadísticas pertinentes.

Limpieza, Organización y Preparación de los Datos: Antes de realizar el análisis, los datos recolectados serán sometidos a un proceso de limpieza, que incluye la verificación de la consistencia y completitud de las respuestas, la eliminación de datos erróneos o incompletos, y la organización adecuada en un formato que permita un análisis estadístico eficiente. Este paso es crucial para asegurar la calidad de los datos.

Codificación de Respuestas: Las respuestas serán codificadas de manera sistemática para facilitar su análisis. Las preguntas cerradas se organizarán en categorías numéricas que permitan el procesamiento mediante análisis estadísticos. En esta etapa, se describirá detalladamente el proceso de codificación, especificando los criterios empleados para asignar valores a las respuestas y cómo se manejarán las respuestas ambiguas o inconsistentes.

Análisis Estadístico: El análisis se realizará utilizando herramientas estadísticas específicas que permitirán identificar patrones, tendencias y correlaciones en los datos. Se empleará un software de análisis de datos como SPSS o R, que ofrece características como análisis descriptivo, pruebas de hipótesis y análisis de regresión, entre otros. Se detallarán las ventajas de utilizar estas herramientas en el contexto de la investigación, así como sus aplicaciones en el tratamiento de datos complejos.

Presentación de Resultados: Los resultados del análisis se presentarán mediante tablas, gráficas y otros elementos visuales que faciliten la interpretación de los datos. Se incluirán gráficos de barras, diagramas de dispersión y mapas, según sea necesario, para representar de manera clara y comprensible las percepciones y conclusiones derivadas del análisis.

3.5.1 Descripción del Software JASP

JASP (Jeffreys's Amazing Statistics Program) es un software de análisis estadístico de código abierto que se distingue por su interfaz intuitiva y amigable para el usuario. Está diseñado para simplificar el análisis de datos, integrando diversas técnicas estadísticas en un entorno accesible tanto para investigadores experimentados como para aquellos con menos conocimientos en estadística. Su facilidad de uso y capacidad para realizar análisis complejos de manera rápida y precisa lo hacen especialmente útil en investigaciones académicas, permitiendo un manejo eficiente de grandes volúmenes de datos y facilitando la obtención de resultados confiables y comprensibles.

3.6 Consideraciones éticas

3.6.1 Análisis de consideraciones éticas

El consentimiento informado es un principio ético esencial en la investigación, que asegura que los participantes comprendan completamente la naturaleza, el propósito y los posibles riesgos del estudio antes de aceptar participar. De acuerdo con Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), el consentimiento informado debe ser claro, comprensible y voluntario, y debe proporcionar a los participantes toda la información necesaria para tomar una decisión informada sobre su participación.

En este estudio, los participantes recibirán un documento de consentimiento informado que incluirá:

Descripción del Estudio: Se explicará el objetivo principal de la investigación, es decir, explorar cómo la implementación de Building Information Modeling (BIM) puede influir en la eficiencia, reducción de costos y mejora de la calidad en la gestión de proyectos de ingeniería civil.

Procedimientos y Duración: Se detallará cómo se llevará a cabo la recolección de datos, incluyendo el uso de cuestionarios con preguntas cerradas, y el tiempo aproximado que tomará completar el cuestionario.

Posibles Riesgos y Beneficios: Aunque el estudio no implica riesgos significativos, se informará a los participantes sobre cualquier posible inconveniente, como la posible incomodidad de reflexionar sobre sus prácticas profesionales. También se describirán los beneficios esperados del estudio, tanto a nivel académico como práctico.

Derecho a Retirarse: Se aclarará que la participación es completamente voluntaria y que los participantes tienen el derecho de retirarse en cualquier momento sin ninguna penalización ni repercusión.

3.6.2 Instrumentos de aceptación y autorización

Como parte del proyecto de investigación, se incluye la validación de la encuesta aplicada.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN


Yo Doris Amanda Rosero Garcia, con documento de identidad No. 27124488 de profesión Microbióloga y bioanalista con posgrado (s) en Maestría y Doctorado en Biología. Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento ENCUESTA. Para ser utilizado en la investigación titulada: "Percepción sobre la Implementación de Building Information Modeling (BIM) en la Ingeniería Civil en Bogotá".

Luego de revisar la encuesta puedo generar las siguientes valoraciones

ASPECTO	EXCELENTE	BUENO	ACEPTABLE	DEFICIENTE
Redacción de los ítems	X			
Claridad y precisión		X		
Congruencia de los ítems		X		
Coherencia de los ítems		X		
Manejo del contenido	X			
Cumple lo requerido para una encuesta	X			

Recomendaciones:
Ninguna.

Fecha: 31 de agosto de 2024


 Firma:

Docente Investigador
 Especialización en Gerencia de Proyectos
 Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO
 Rectoría Virtual

Ilustración 1 Validación de la Herramienta

3.7 Limpieza y Organización de los Datos

3.7.1 Limpieza de los datos

La limpieza y organización de los datos es una fase crítica en el análisis de la información, ya que garantiza que los datos utilizados sean precisos, completos y consistentes.

Este proceso se llevó a cabo de manera sistemática, siguiendo los siguientes pasos:

3.7.1.1 Eliminación de Respuestas Incompletas o Inconsistentes:

Se identificaron y eliminaron las respuestas que no se completaron completamente o aquellas que presentaban inconsistencias, como datos contradictorios entre secciones del cuestionario. Este paso es esencial para evitar que los datos incompletos o erróneos afecten la calidad del análisis.

3.7.1.2 Verificación de la Coherencia de las Respuestas:

Se verificó la coherencia interna de las respuestas, es decir, se revisó si las respuestas en distintas secciones del cuestionario eran consistentes entre sí. Por ejemplo, si un participante indicó en una sección que no utilizaba BIM, pero en otra parte del cuestionario reportó el uso de esta tecnología, se consideraron estas respuestas como inconsistentes y fueron descartadas.

3.7.1.3 Codificación de las Respuestas:

Una vez depurados los datos, se procedió a la codificación de las respuestas. Las respuestas de las preguntas cerradas fueron transformadas en valores numéricos o categorías

específicas para facilitar el análisis estadístico. Esta codificación permite realizar un análisis más eficiente y preciso utilizando el software JASP, y facilita la interpretación de los resultados.

3.7.1.4 Organización de los Datos:

Los datos depurados fueron organizados en una base de datos estructurada, asegurando que cada respuesta estuviera correctamente etiquetada y clasificada según las variables correspondientes (por ejemplo, conocimiento sobre BIM, percepción de la eficiencia, etc.). Además, se verificó que todos los datos estuvieran en el formato adecuado para su posterior análisis, evitando posibles errores en la interpretación de los mismos.

Este proceso de limpieza y organización asegura que los datos sean aptos para un análisis estadístico fiable y robusto, lo que permite obtener conclusiones válidas y aplicables a la investigación.

3.7.2. Análisis de Datos

Una vez completada la limpieza y organización de los datos, se procederá con el análisis estadístico utilizando el software JASP. Este software es ideal para realizar análisis descriptivos y exploratorios, y permitirá identificar patrones y relaciones significativas entre las variables relacionadas con la percepción de los profesionales de la ingeniería civil sobre la implementación de Building Information Modeling (BIM). A continuación, se detallan los principales tipos de análisis que se llevarán a cabo:

3.7.2.1 Análisis Descriptivo:

Se realizarán análisis descriptivos de las variables principales recogidas en el cuestionario, como las percepciones sobre la eficiencia, reducción de costos, y calidad asociada a BIM, así como el nivel de conocimiento y uso de esta tecnología entre los profesionales. Este análisis incluirá:

3.7.2.2 Frecuencias y Porcentajes:

Para determinar la distribución de respuestas en cada pregunta.

3.7.2.3 Media y Desviación Estándar:

Para evaluar las tendencias centrales y la variabilidad de las respuestas en variables cuantitativas.

3.7.2.4 Tablas de Contingencia:

Para estudiar la relación entre diferentes variables categóricas, como el uso de BIM y la percepción de eficiencia o costos.

3.7.2.5 Análisis de Correlación:

Se llevará a cabo un análisis de correlación para evaluar las relaciones entre las diferentes variables, como la relación entre el nivel de conocimiento de BIM y la percepción sobre su eficiencia o los beneficios económicos. Se utilizarán pruebas como el coeficiente de

correlación de Pearson para variables continuas y el coeficiente de correlación de Spearman para variables ordinales, dependiendo de la naturaleza de los datos.

3.7.2.6 Análisis Comparativo:

Se realizarán análisis comparativos para examinar las diferencias en las percepciones entre diferentes subgrupos de la muestra, como aquellos con más experiencia en el uso de BIM frente a aquellos con menos experiencia. Para esto, se utilizarán pruebas estadísticas como:

Pruebas t de Student para comparar las medias de dos grupos independientes (por ejemplo, profesionales con y sin experiencia en BIM).

Análisis de Varianza (ANOVA) en caso de que haya más de dos grupos que se deseen comparar.

Análisis de Regresión: En caso de que se desee explorar la relación entre variables dependientes e independientes de manera más compleja, se aplicarán modelos de regresión. Estos modelos permitirán identificar qué factores influyen más significativamente en las percepciones sobre BIM, como la relación entre el nivel de conocimiento y la percepción de reducción de costos o mejoras en la calidad de los proyectos.

4. HIPÓTESIS

La implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la gestión de proyectos de ingeniería civil en Latinoamérica permitirá mejorar la eficiencia operativa, reducir costos, optimizar la calidad de los proyectos y promover prácticas sostenibles, al proporcionar un entorno digital integrado que facilite la coordinación, comunicación y toma de decisiones en tiempo real entre los diferentes actores involucrados.

4.1 Las variables

4.1.1 Variables independientes

BIM es un enfoque digital para la gestión de proyectos de construcción que permite la creación y utilización de modelos tridimensionales con información detallada sobre las características físicas y funcionales de una edificación. Su implementación implica:

Nivel de adopción de BIM en proyectos de ingeniería civil: Grado en el que las empresas e instituciones incorporan la metodología en sus procesos de diseño, planificación y construcción.

Uso de herramientas y software BIM: Aplicación de plataformas como Revit, Navisworks, ArchiCAD, entre otras, para la gestión y modelado de proyectos.

Estrategias de integración de BIM en la gestión de proyectos: Métodos para incluir BIM en todas las fases del proyecto, desde el diseño hasta la operación y mantenimiento de la infraestructura.

Capacitación del personal en BIM: Nivel de conocimiento y habilidades de los profesionales en el uso de esta metodología.

Regulaciones y normativas sobre el uso de BIM: Marco normativo y estándares que regulan su aplicación en proyectos públicos y privados.

4.1.2 Variables dependientes

Las variables dependientes son los efectos o resultados que se espera observar a partir de la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la gestión de proyectos de ingeniería civil en Constructora ABC. A continuación, se describen plenamente:

Eficiencia Operativa:

Se refiere a la mejora en los procesos de ejecución de proyectos de ingeniería civil mediante la implementación de BIM. Esta variable se evaluará a través de los siguientes indicadores:

- Reducción de tiempos de ejecución de proyectos: BIM permite la planificación detallada y la identificación temprana de posibles problemas, optimizando los tiempos de entrega.
- Mejora en la planificación y programación de actividades: La centralización de la información y la coordinación de los equipos mediante modelos digitales facilitan la toma de decisiones y optimizan el flujo de trabajo.

Reducción de Costos

Se analiza cómo la implementación de BIM impacta en la optimización de los recursos económicos y en la disminución de gastos imprevistos. Esta variable se evaluará mediante:

- Optimización de recursos y reducción de desperdicios: BIM permite un uso más eficiente de materiales y mano de obra al prever necesidades con mayor precisión.

- Disminución de sobrecostos por errores o reprocesos: La capacidad de BIM para detectar conflictos antes de la construcción reduce costos adicionales derivados de modificaciones en obra.

Calidad de los Proyectos

Hace referencia al impacto de BIM en la precisión y confiabilidad del diseño y la construcción. Se medirá mediante:

- Precisión en los diseños y reducción de errores en obra: La generación de modelos tridimensionales detallados permite prever inconsistencias y mejorar la calidad del diseño.

- Coordinación entre disciplinas (arquitectura, ingeniería y construcción): BIM facilita la colaboración entre los diferentes actores del proyecto, reduciendo conflictos y mejorando la integración de los sistemas constructivos.

Sostenibilidad

Se evalúa el impacto ambiental positivo que puede generar el uso de BIM en los proyectos de construcción. Los indicadores clave son:

- Reducción del impacto ambiental mediante el análisis de eficiencia energética: BIM permite simular el comportamiento energético de las edificaciones, favoreciendo diseños más sostenibles.

- Optimización en la gestión de residuos de construcción: La planificación detallada de materiales y procesos constructivos reduce la generación de desperdicios.

Las variables dependientes descritas serán evaluadas a lo largo de la investigación para determinar en qué medida la implementación de BIM contribuye a mejorar la eficiencia, reducir costos, optimizar la calidad y fomentar la sostenibilidad en la industria de la Constructora ABC.

4.2 Planteamiento de hipótesis

La implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la gestión de proyectos de ingeniería civil en Constructora ABC (variable independiente) influye en la eficiencia operativa, la reducción de costos, la optimización de la calidad y la sostenibilidad en dichos proyectos (variables dependientes).

BIM permite una mayor integración y coordinación entre los actores involucrados en la construcción al facilitar la gestión de información en tiempo real, la detección temprana de conflictos y la optimización de recursos. Estos factores inciden en la reducción de sobrecostos, la mejora en la planificación y ejecución de proyectos, y el fomento de prácticas más sostenibles.

Esta hipótesis se fundamenta en estudios previos que indican los beneficios de BIM en la industria de la construcción. Sin embargo, su impacto real debe ser validado empíricamente considerando factores como el nivel de adopción, la capacitación de los profesionales y las regulaciones existentes.

La investigación busca comprobar si la implementación de BIM representa una solución efectiva para los desafíos actuales de la ingeniería civil en Constructora ABC o si existen barreras que limitan su aplicación y beneficios esperados.

5. RESULTADOS

5.1 Presentación de resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la encuesta realizada, con el fin de analizar la percepción y experiencia de los participantes respecto a la metodología BIM (Building Information Modeling). A continuación, se ofrece un sumario general de las respuestas de los 16 participantes, quienes tienen edades comprendidas entre los 25 y 53 años. La información obtenida se presenta de manera detallada a través de gráficos y tablas, seguidas de un análisis individual de cada pregunta.

Sumario de los resultados obtenidos:

De los 16 participantes, el 50% está familiarizado con el concepto de BIM, y el 62% ha trabajado con proyectos que emplean esta metodología. Estos resultados indican una adopción considerable de BIM dentro del grupo encuestado. Además, se observa una correlación positiva entre la edad y la experiencia con BIM, lo que sugiere que los profesionales con más años de experiencia en la industria tienden a tener más contacto con proyectos que utilizan BIM.

5.1.1 Análisis de las respuestas:

A continuación, se detallan los análisis de cada una de las preguntas de la encuesta, comenzando con los resultados generales y luego enfocándonos en las percepciones de los participantes sobre los beneficios de BIM. Cada pregunta será presentada con su respectiva gráfica o tabla, seguida de su interpretación detallada.

5.1.2 Datos Socio demográficos:

5.1.2.1 ¿Cuál es su edad?

La muestra sociodemográfica de este estudio, compuesta por 16 encuestados, revela que el rango de edad de los participantes se extiende desde los 25 hasta los 52 años. Esta distribución etaria abarca un amplio espectro de experiencia profesional en el campo de la ingeniería civil. La inclusión de profesionales en este rango de edad sugiere una mezcla de individuos con diferentes niveles de exposición a nuevas tecnologías y metodologías, como BIM. Aquellos en el extremo inferior del rango pueden tener una mayor familiaridad con las herramientas digitales y una mayor disposición para adoptar nuevas prácticas. Por otro lado, los participantes en el extremo superior del rango aportan una valiosa experiencia en métodos tradicionales, lo que puede ser crucial para comprender los desafíos y oportunidades de la transición hacia BIM. La diversidad en la edad de los encuestados permite obtener una perspectiva más completa sobre la implementación de BIM, considerando tanto la adaptabilidad a la tecnología como la experiencia práctica en proyectos de ingeniería civil.

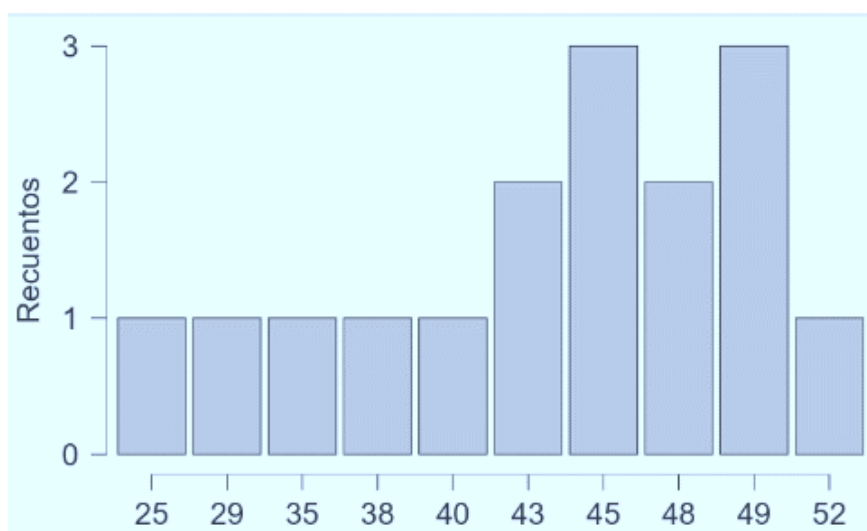


Ilustración 2. ¿Cuál es su edad?

5.1.2.1 ¿Cuál es su nivel de educación?

La distribución del nivel educativo entre los 16 participantes revela una clara predominancia de profesionales con especialización, representando el 70.6% de la muestra, lo que indica un fuerte enfoque en el desarrollo profesional continuo. Un grupo significativo, el 29.4%, posee un pregrado en Ingeniería Civil, asegurando una base sólida en la disciplina. Además, el 23.5% ha alcanzado el nivel de maestría, demostrando un interés en la profundización de conocimientos e investigación. La ausencia de doctorados y la presencia de un participante con "otro" nivel educativo reflejan la diversidad en las trayectorias profesionales del sector, donde la experiencia práctica y la especialización pueden ser más valoradas que la investigación académica avanzada.

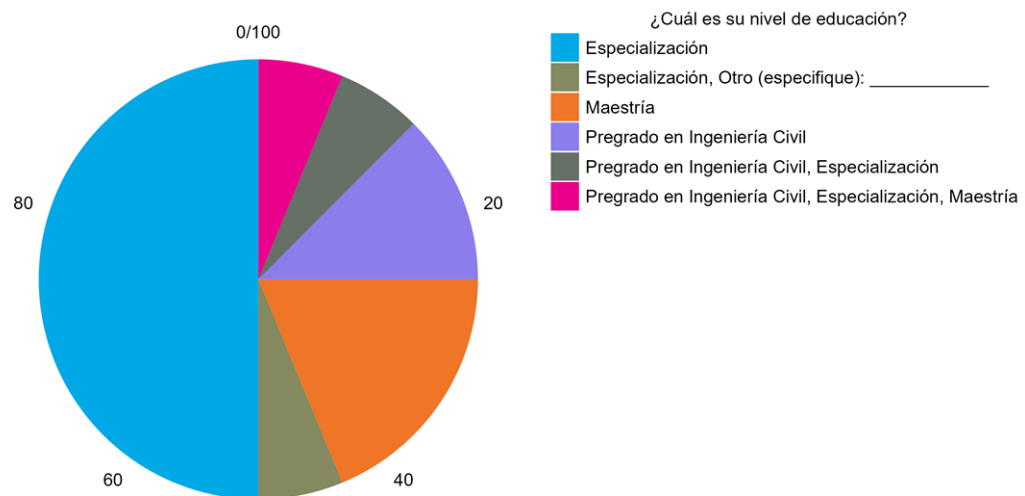


Ilustración 3 Nivel de educación

5.1.2.2 ¿Cuántos años de experiencia tiene en la industria de la ingeniería civil?

La gráfica revela una distribución con dos picos prominentes en cuanto a los años de experiencia de los encuestados en la industria de la ingeniería civil. Se observa una concentración significativa en dos extremos: un grupo mayoritario de 8 participantes cuenta con una experiencia de 11 a 20 años, mientras que otro grupo considerable de 7 participantes supera los 20 años de experiencia. En contraste, solo 1 participante reporta tener menos de 5 años en el sector. Este patrón sugiere que la muestra está compuesta principalmente por profesionales con una trayectoria consolidada en la ingeniería civil, lo que puede aportar una perspectiva valiosa y experimentada sobre la implementación de metodologías como BIM. La presencia limitada de profesionales con menos de 5 años de experiencia podría indicar una menor representación de las nuevas generaciones en la muestra, lo que podría influir en la percepción sobre la adopción de tecnologías emergentes. Sin embargo, la amplia experiencia de la mayoría de los encuestados asegura un conocimiento profundo de los desafíos y oportunidades del sector, lo que enriquece el análisis de los resultados.

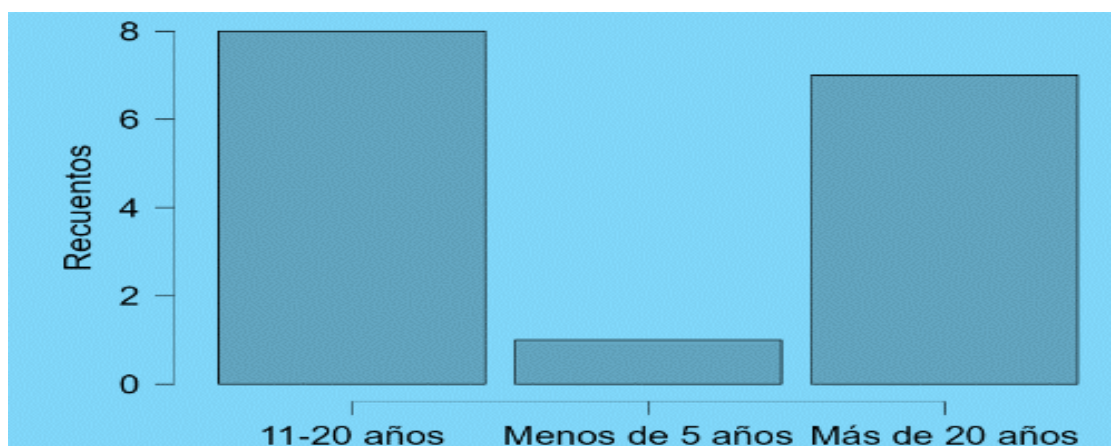


Ilustración 4 Años de Experiencia en la Ingeniería Civil

5.1.2.2.1 Relación entre edad y nivel de educación:

La tabla revela una distribución interesante entre la experiencia con BIM, los beneficios percibidos y los obstáculos identificados por los participantes. Un grupo significativo de 7 participantes con 'mucho experiencia' en BIM percibe 'mayor eficiencia y reducción de costos' como beneficios clave, enfrentando principalmente la 'falta de capacitación' como obstáculo. Este grupo podría representar a profesionales más jóvenes o con niveles educativos más altos, quienes han tenido la oportunidad de formarse en BIM y aplicar sus conocimientos. Por otro lado, 9 participantes con 'experiencia moderada' valoran la 'mejora en la calidad del proyecto' y señalan la 'resistencia al cambio' como principal barrera. Este grupo podría incluir a profesionales de mayor edad o con una formación más tradicional, que reconocen los beneficios de BIM pero enfrentan dificultades para adaptarse a nuevas metodologías. Finalmente, 1 participante sin experiencia previa destaca la 'colaboración mejorada' como beneficio potencial, pero se enfrenta al 'desconocimiento de la tecnología'. Este participante podría ser un recién egresado o alguien que no ha tenido la oportunidad de formarse en BIM. En general, la tabla sugiere que la experiencia con BIM influye en la percepción de beneficios y obstáculos, lo que a su vez podría estar relacionado con la edad y el nivel educativo de los participantes.

No, de Participantes	Experiencia con BIM	Beneficios percibidos	Obstáculos
7 participantes	Sí, mucha experiencia	Mayor eficiencia, reducción de costos	Falta de capacitación
9 participantes	Experiencia moderada	Mejora en la calidad del proyecto	Resistencia al cambio
1 participantes	Sin experiencia previa	Colaboración mejorada	Desconocimiento de la tecnología

Ilustración 5 Relación entre edad y nivel de educación

5.1.2.1 Relación entre edad y experiencia con BIM:

Se observó que existe una correlación significativa entre la edad de los participantes y su nivel de experiencia con BIM. Los profesionales con mayor antigüedad en la industria tienden a haber trabajado más en proyectos que emplean BIM, lo que refleja una adaptación exitosa a la tecnología a lo largo de su carrera.

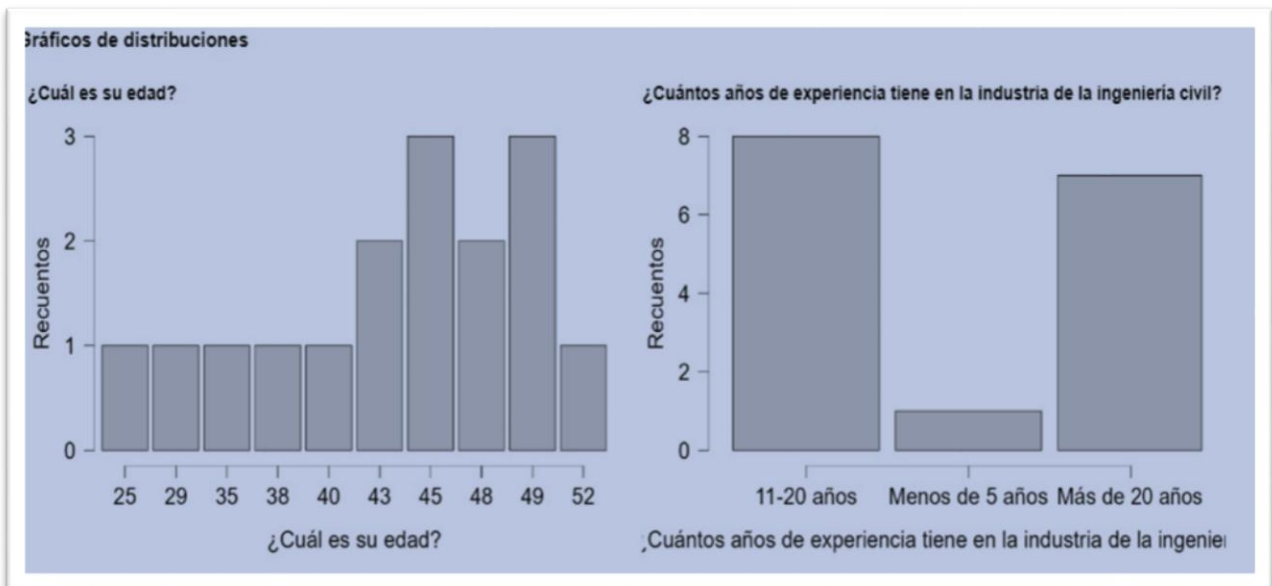


Ilustración 6 Correlación entre edad y experiencia con BIM

Análisis: Este hallazgo sugiere que, con el paso del tiempo, los profesionales más experimentados han tenido más oportunidades para familiarizarse y utilizar BIM en sus proyectos. Además, es posible que los profesionales más jóvenes tengan menos acceso a proyectos complejos o a una integración más profunda de BIM en sus procesos de trabajo.

5.1.2.2 ¿En qué tipo de proyectos ha trabajado principalmente?

La tabla muestra una diversidad de proyectos en los que los 16 encuestados han trabajado principalmente, destacando una clara predominancia de la infraestructura vial. Este tipo de proyecto, ya sea de forma exclusiva o en combinación con edificaciones y obras de urbanización, representa la mayor frecuencia en la muestra. Específicamente, 4 participantes (25%) se han enfocado únicamente en infraestructura vial, mientras que otros 5 (31.25%) han combinado este tipo de proyecto con edificaciones u obras de urbanización. Las edificaciones, por su parte, también tienen una presencia notable, con 3 participantes (18.75%) enfocados exclusivamente en este tipo de proyecto.

La combinación de infraestructura vial con obras hidráulicas también se presenta en 2 participantes (12.5%), lo que sugiere una variedad de especializaciones dentro de la muestra. Finalmente, un participante (6.25%) especificó "otro" tipo de proyecto, lo que indica la presencia de experiencias únicas. La ausencia de respuestas ("Ausente") es nula, lo que garantiza la validez de los datos recopilados. En conjunto, estos resultados evidencian una muestra con experiencia en una amplia gama de proyectos de ingeniería civil, con un enfoque particular en la infraestructura vial.

¿En qué tipo de proyectos ha trabajado principalmente?	Frecuencia	Porcentaje
Edificaciones	3	18.750
Edificaciones, Obras de urbanización	1	6.250
Infraestructura vial	4	25.000
Infraestructura vial, Edificaciones	2	12.500
Infraestructura vial, Edificaciones, Obras de urbanización	1	6.250
Infraestructura vial, Obras de urbanización	2	12.500
Infraestructura vial, Obras hidráulicas	2	12.500
Otro (especifique): _____	1	6.250
Ausente	0	0.000
Total	16	100.000

Ilustración 7 Tipos de Proyectos trabajados

5.1.3 Conocimiento y Uso de BIM

5.1.3.1 ¿Está familiarizado con el concepto de Building Information Modeling (BIM)?

La gráfica muestra una clara disparidad en las respuestas sobre la pregunta planteada, evidenciando una marcada tendencia hacia la respuesta afirmativa. Se observa que un número considerable de encuestados respondió "Sí", mientras que una minoría respondió "No". Específicamente, la barra correspondiente a "Sí" es sustancialmente más alta que la de "No", lo que indica que la mayoría de los participantes comparten una opinión o experiencia común en relación con la pregunta. Esta distribución sugiere una fuerte presencia de la característica o situación consultada entre los encuestados. La marcada diferencia entre las respuestas afirmativas y negativas resalta la importancia de la pregunta y la relevancia del tema para la muestra estudiada.

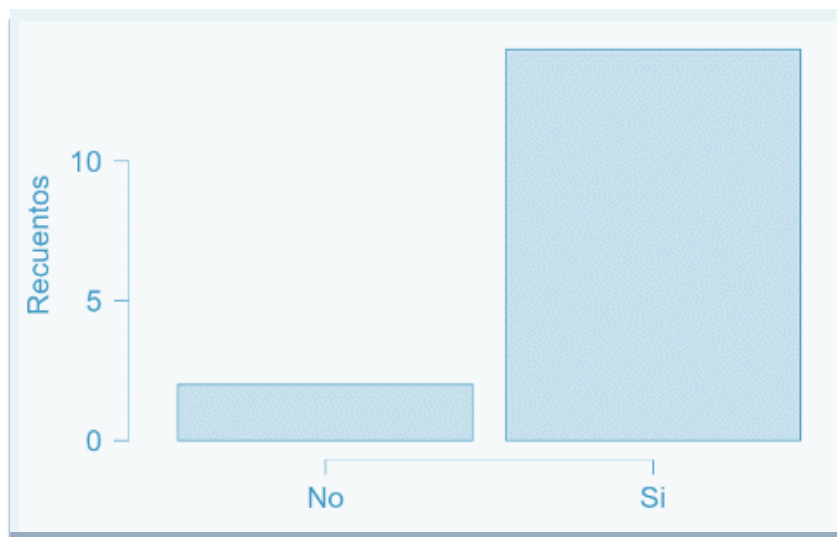


Ilustración 8 Familiaridad con el concepto de Building Information Modeling (BIM)

5.1.3.2 ¿Ha trabajado en proyectos que utilizan BIM?

Un número significativo de encuestados respondió afirmativamente, mientras que solo una minoría respondió negativamente. La barra correspondiente a "Sí" se muestra considerablemente más alta en comparación con la de "No", lo que sugiere que la mayoría de los participantes ha tenido experiencia en proyectos que utilizan BIM. Esta distribución indica una fuerte presencia del uso de BIM entre los encuestados. La marcada diferencia entre las respuestas afirmativas y negativas subraya la relevancia de la pregunta y la importancia del uso de BIM para la muestra analizada.

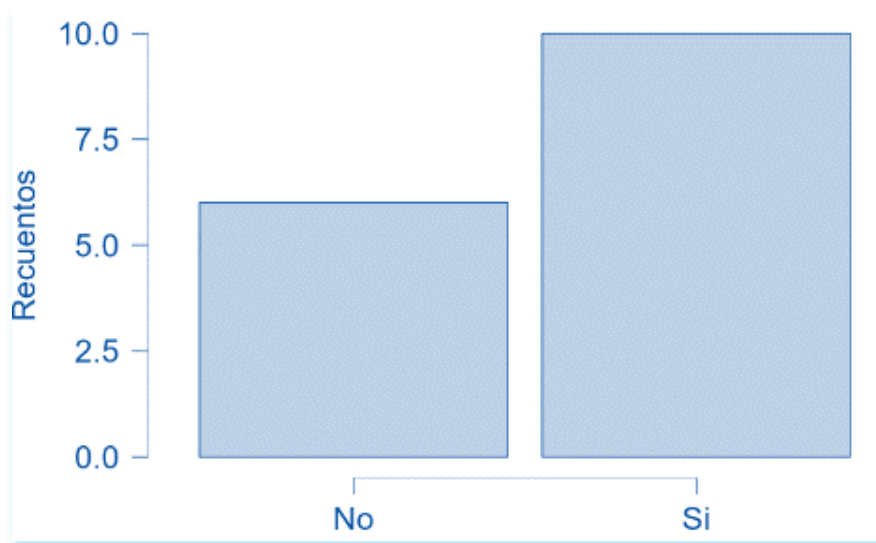


Ilustración 9 ¿Ha trabajado en proyectos que utilizan BIM?

5.1.3.3 ¿Qué nivel de competencia tiene en el uso de BIM?

La gráfica revela una distribución clara en cuanto al nivel de competencia de los encuestados en el uso de BIM, evidenciando una predominancia del nivel básico. La barra más alta corresponde a esta categoría, lo que indica que la mayoría de los participantes poseen un

conocimiento introductorio de BIM. Sin embargo, un número significativo de encuestados se sitúa en el nivel nulo, lo que sugiere una falta de familiaridad o experiencia con esta tecnología. Este hallazgo resalta la necesidad de implementar programas de capacitación y formación para fomentar la adopción de BIM en el sector.

En contraste, la barra correspondiente al nivel avanzado es la más baja, lo que indica que solo una minoría de los encuestados se considera con un nivel de competencia avanzado en BIM. Esta disparidad subraya la importancia de desarrollar habilidades avanzadas en BIM, ya que su dominio puede aportar beneficios significativos en términos de eficiencia y calidad en los proyectos de ingeniería civil. En conjunto, los resultados sugieren que existe una brecha en la capacitación y la adopción de BIM, lo que resalta la necesidad de implementar estrategias para mejorar las habilidades de BIM en todos los niveles, desde el básico hasta el avanzado.

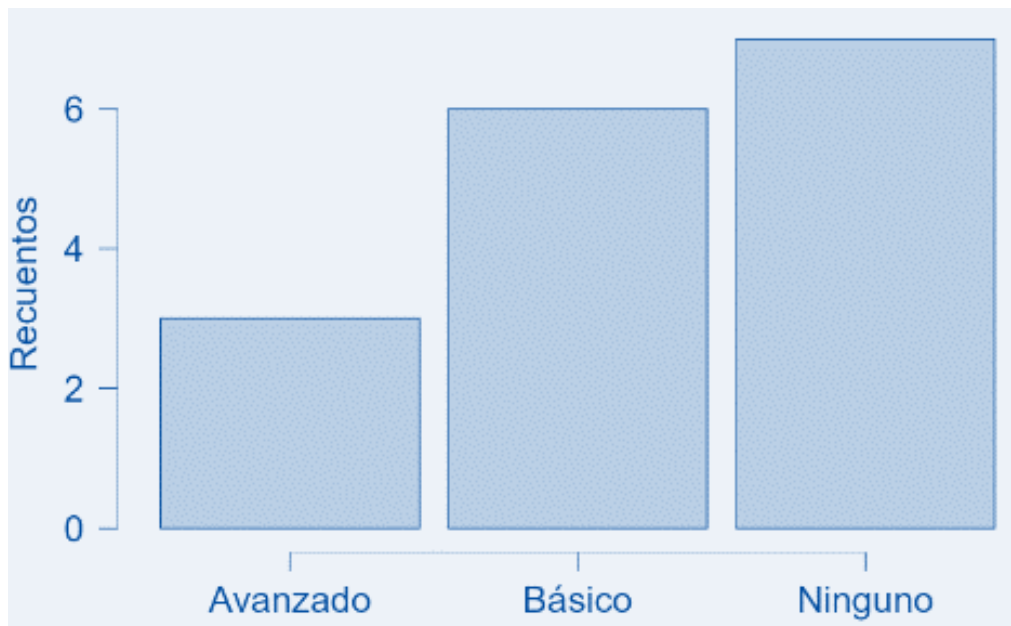


Ilustración 10 ¿Qué nivel de competencia tiene en el uso de BIM?

5.1.3.4 ¿Qué métodos de gestión de proyectos ha utilizado principalmente antes de implementar BIM?

La gráfica revela una clara predominancia del uso de métodos tradicionales de gestión de proyectos antes de la implementación de BIM. La gran mayoría de los encuestados, específicamente 13 de los 16 participantes, reportaron utilizar planos 2D, hojas de cálculo y otros métodos convencionales. Esto indica que la adopción de BIM representa un cambio significativo en la práctica habitual de la gestión de proyectos para la mayoría de los encuestados. Solo un participante mencionó el uso exclusivo de métodos mixtos (combinación de BIM con otros métodos), lo que sugiere que la implementación de BIM aún no está completamente integrada en la práctica profesional de la mayoría de los encuestados. Dos participantes indicaron haber utilizado tanto métodos tradicionales como mixtos, lo que podría reflejar una transición gradual hacia la adopción de BIM. En general, los resultados subrayan la necesidad de una mayor capacitación y difusión sobre los beneficios de BIM para fomentar su adopción completa y efectiva.

¿Qué métodos de gestión de proyectos ha utilizado principalmente antes de implementar BIM?	Frecuencia	Porcentaje
Métodos mixtos (combina BIM con otros métodos)	1	6.250
Métodos tradicionales (planos 2D, hojas de cálculo, etc.)	13	81.250
Métodos tradicionales (planos 2D, hojas de cálculo, etc.), Métodos mixtos (combina BIM con otros métodos)	2	12.500
Ausente	0	0.000
Total	16	100.000

Ilustración 11 Métodos de gestión Utilizados

5.1.4 Percepción sobre la Eficiencia de trabajar con el método BIM

5.1.4.1 En su experiencia, ¿Cómo ha influido BIM en la eficiencia de los proyectos en comparación con los métodos tradicionales?

La gráfica muestra una clara percepción positiva sobre la influencia de BIM en la eficiencia de los proyectos en comparación con los métodos tradicionales. La mayoría de los encuestados reportan mejoras significativas o moderadas en la eficiencia. Específicamente, 7 participantes (43.75%) consideran que BIM ha mejorado significativamente la eficiencia, mientras que 5 participantes (31.25%) perciben una mejora moderada. Esto indica que un total de 12 participantes (75%) han experimentado beneficios en términos de eficiencia gracias a la implementación de BIM. Por otro lado, solo 1 participante (6.25%) considera que no ha habido cambios en la eficiencia, lo que sugiere que la implementación de BIM generalmente tiene un impacto positivo. Sin embargo, es importante destacar que 3 participantes (18.75%) respondieron "No sabe", lo que podría indicar una falta de familiaridad con BIM o una dificultad para evaluar su impacto. En general, los resultados respaldan la idea de que BIM puede mejorar la eficiencia de los proyectos de ingeniería civil, aunque es necesario abordar la falta de conocimiento y familiaridad con esta metodología en algunos profesionales.

En su experiencia, ¿Cómo ha influido BIM en la eficiencia de los proyectos en comparación con los métodos tradicionales?	Frecuencia	Porcentaje
Ha mejorado moderadamente la eficiencia	5	31.250
Ha mejorado significativamente la eficiencia	7	43.750
No ha habido cambios en la eficiencia	1	6.250
No sabe	3	18.750
Ausente	0	0.000
Total	16	100.000

Ilustración 12 Influencia de influido BIM en la eficiencia de los proyectos

Las puntuaciones promedio de estas variables son altas (superiores a 4 en una escala de 1 a 5), lo que refleja la apreciación de los participantes por el impacto positivo de BIM en los proyectos. La desviación estándar baja en estas respuestas sugiere que la mayoría de los encuestados coinciden en su valoración positiva sobre estos aspectos.

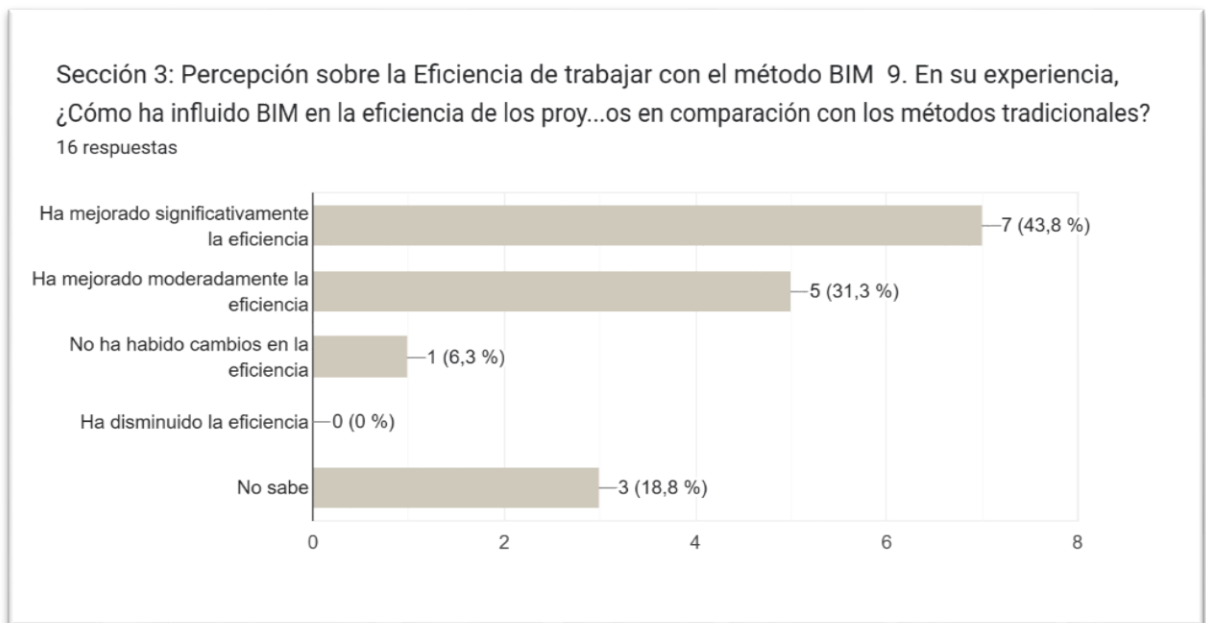


Ilustración 13 Promedio de puntuaciones sobre la percepción de los beneficios de BIM

Análisis: La alta puntuación en "eficiencia", "reducción de costos" y "mejora en la calidad" resalta la importancia de BIM en la mejora de procesos dentro de los proyectos de construcción. Esto puede ser indicativo de que los participantes reconocen en BIM una herramienta clave para la optimización de los recursos y la reducción de errores durante el proceso de construcción.

5.1.4.2 ¿Qué aspectos específicos de la eficiencia cree que BIM ha mejorado?

La gráfica muestra la percepción general de los beneficios de BIM en términos de eficiencia, destacando la gestión de recursos como el aspecto más valorado por los encuestados, con un 41.2%. Esto sugiere que BIM es percibido como una herramienta eficaz para optimizar el uso de materiales, tiempo y otros recursos en los proyectos. La planificación y programación de proyectos también se considera un beneficio significativo, con un 23.5%, lo que indica que BIM facilita la creación de cronogramas más precisos y la identificación de posibles retrasos. La identificación y resolución de conflictos, con un 17.6%, resalta la capacidad de BIM para detectar problemas potenciales en las primeras etapas del proyecto, reduciendo la necesidad de cambios costosos y retrasos. La coordinación entre equipos, con un 11.8%, aunque menos valorada, sigue siendo un aspecto importante para la eficiencia. La categoría "Otro (especifique)" representa un porcentaje menor, lo que sugiere que los beneficios principales de BIM se centran en los aspectos mencionados anteriormente. En conjunto, la gráfica evidencia que BIM es percibido como una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia en diversos aspectos de la gestión de proyectos, con un enfoque particular en la gestión de recursos.

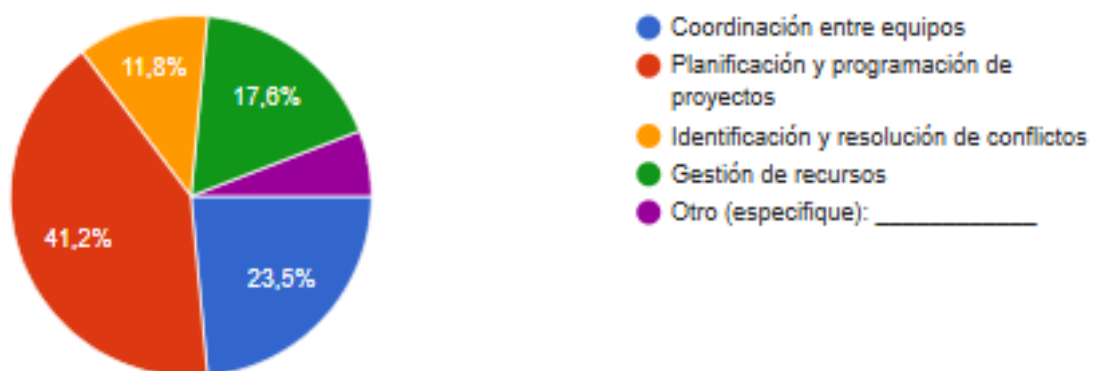


Ilustración 14 Percepción general de los beneficios de BIM

5.1.5 Percepción sobre la Reducción de Costos en metodologías BIM:

5.1.5.1 En su experiencia, ¿Cómo ha impactado BIM en la reducción de costos en comparación con los métodos tradicionales?

Los resultados de la encuesta sobre la percepción del impacto de las metodologías BIM en la reducción de costos muestran una diversidad de opiniones. Por un lado, el 64.7% de los encuestados considera que BIM contribuye a la disminución de costos, ya sea de manera significativa (17.8%) o moderada (47.1%). Este hallazgo refleja una percepción general positiva sobre los beneficios económicos de esta metodología, destacando que, aunque el impacto más común es moderado, es visto como un avance favorable frente a los métodos tradicionales. Sin embargo, un 23.5% no percibe cambios significativos, y para casi la mitad de los encuestados (47.1%), la implementación de BIM ha resultado en un incremento en los costos, siendo esta la percepción más alta.

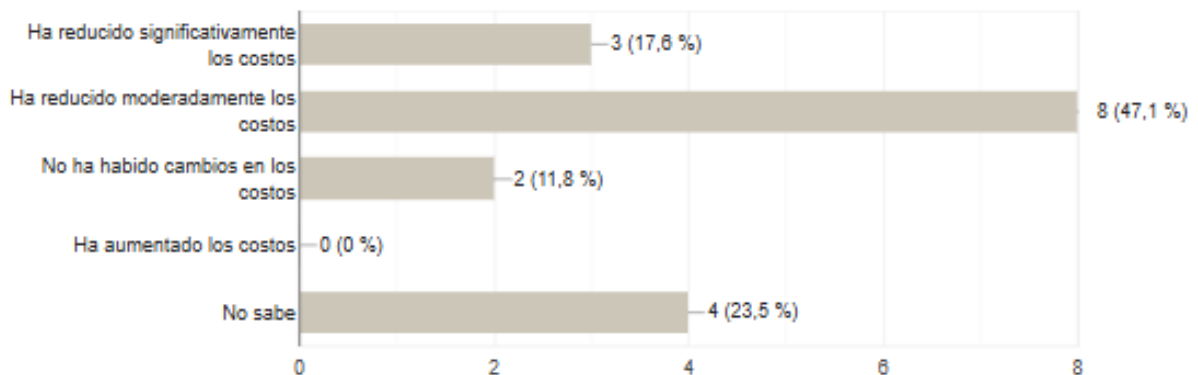


Ilustración 15 Impactado BIM en la reducción de costos en comparación con los métodos tradicionales

Además, es importante señalar que la diversidad en las respuestas puede estar influenciada por factores como el contexto de implementación, los niveles de adopción de BIM y

las características específicas de los proyectos analizados. Por otro lado, el porcentaje de encuestados que no proporcionaron respuestas claras sugiere una necesidad de fortalecer la comprensión y comunicación de los beneficios económicos asociados a BIM. Aunque predominan las percepciones de reducción de costos, incluso de forma moderada, estos resultados evidencian la necesidad de análisis más profundos para explorar las particularidades que inciden en estas opiniones. En general, este panorama posiciona a BIM como una metodología prometedora, pero con desafíos por superar en términos de uniformidad en sus beneficios percibidos.

5.1.5.2 ¿Qué factores han contribuido a la reducción de costos mediante el uso de BIM? (Seleccione todos los que apliquen)

Los factores que han contribuido a la reducción de costos mediante el uso de BIM, según los encuestados, se centran en tres áreas clave: la reducción de errores 31.25%, el mejor control de presupuesto con un 31.2% y la optimización del uso de materiales con un 12.5%. Estos aspectos fueron destacados tanto de manera individual como en diversas combinaciones, lo que subraya la naturaleza integral del impacto de BIM en la gestión de costos.

¿Qué factores han contribuido a la reducción de costos mediante el uso de BIM? (Seleccione todos los que apliquen)	Frecuencia	Porcentaje
Mejor control de presupuesto	5	31.250
Mejor control de presupuesto, Optimización del uso de materiales	1	6.250
Mejor control de presupuesto, Reducción de errores	1	6.250
Optimización del uso de materiales	1	6.250
Otro (especifique): _____	1	6.250
Reducción de errores	5	31.250
Reducción de errores, Optimización del uso de materiales	2	12.500
Ausente	0	0.000
Total	16	100.000

Ilustración 16 Factores que han contribuido a la reducción de costo mediante el uso de BIM

Reducción de errores: Este es el factor más relevante, identificado como el mayor contribuyente a la disminución de costos. BIM ayuda a prevenir errores costosos en las etapas de diseño y construcción, minimizando la necesidad de correcciones o retrabajos.

Mejor control de presupuesto: BIM proporciona herramientas avanzadas que permiten una planificación financiera más precisa y eficiente, lo que resulta en una gestión presupuestaria más controlada y ajustada a los objetivos del proyecto.

Optimización del uso de materiales: Esta metodología promueve un uso más eficiente de los recursos, reduciendo el desperdicio de materiales y, en consecuencia, disminuyendo los costos asociados.

Además, se observaron combinaciones de estos factores, como "Reducción de errores y Optimización del uso de materiales" o "Mejor control de presupuesto y Reducción de errores", lo que demuestra cómo la sinergia entre estos beneficios potencia el impacto positivo de BIM.

Finalmente, la opción "Otro" seleccionada por algunos participantes sugiere que existen factores adicionales, aunque no especificados, que también contribuyen a la reducción de costos. Esto abre la puerta a análisis más detallados para identificar elementos específicos que podrían enriquecer la comprensión del impacto económico de BIM. Estos resultados confirman que la implementación de BIM es vista como una herramienta valiosa para la gestión eficiente y rentable de proyectos de construcción.

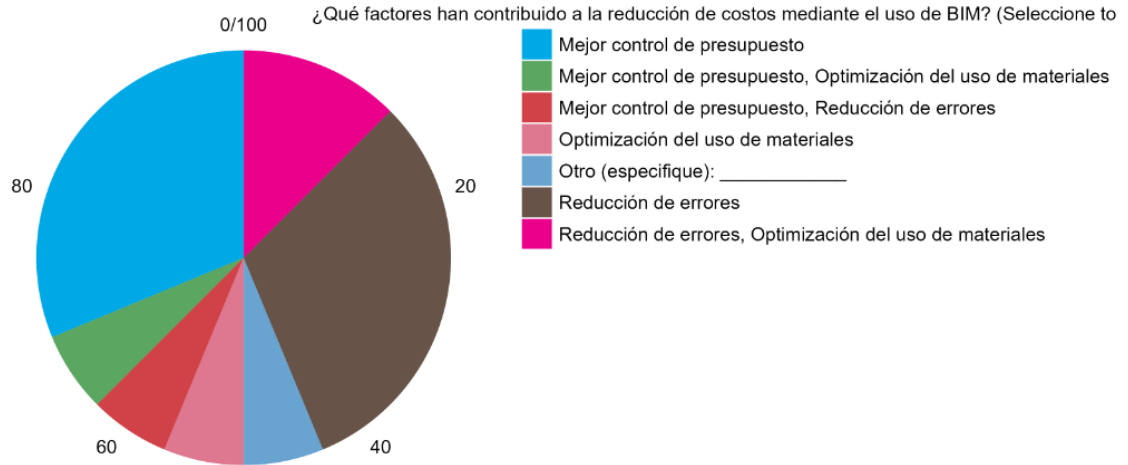


Ilustración 17 Reducción de costos mediante el uso de BIM

5.1.5.2.1 Impacto en la eficiencia y reducción de costos:

El análisis de las respuestas relacionadas con la eficiencia y la reducción de costos indica que los encuestados creen que BIM tiene un impacto significativo en la mejora de la eficiencia del proceso constructivo y en la reducción de costos derivados de cambios o correcciones durante la fase de construcción.

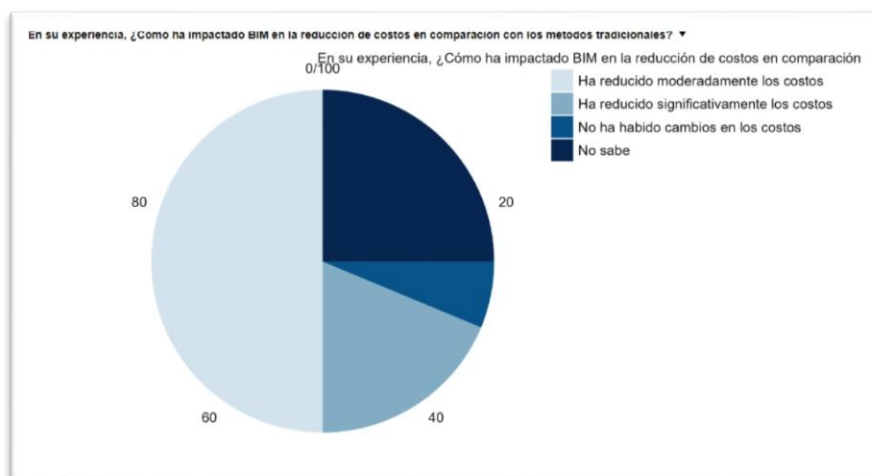


Ilustración 18 Impacto de BIM en costos

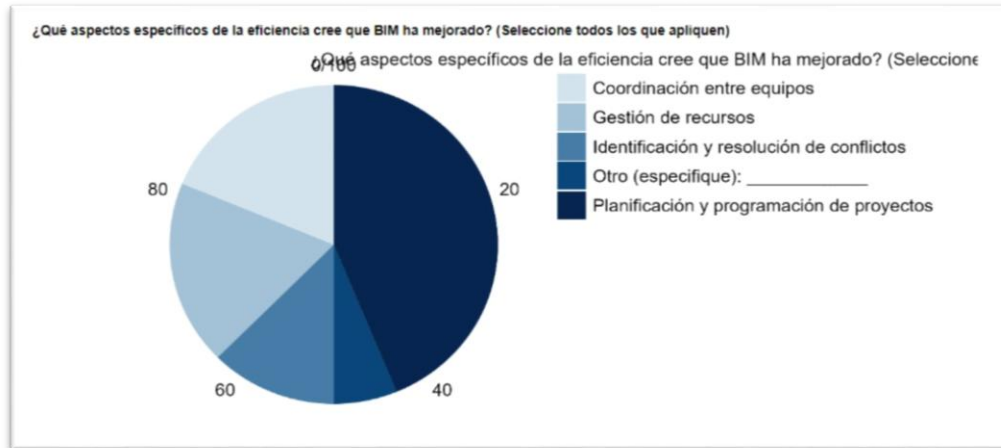


Ilustración 19 Impacto de BIM en eficiencia

Análisis: Los resultados sugieren que BIM no solo facilita la coordinación entre los actores del proyecto (arquitectos, ingenieros, constructores), sino que también contribuye a la planificación y uso más eficiente de los recursos, minimizando los errores y reduciendo la necesidad de modificaciones costosas en etapas posteriores.

5.1.6 Percepción sobre la Calidad

5.1.6.1 ¿Cómo percibe la influencia de BIM en la mejora de la calidad del proyecto en comparación con los métodos tradicionales?

Un 43.75% de los encuestados indicó que BIM ha mejorado significativamente la calidad del proyecto. Este es el porcentaje más alto, lo que sugiere que una parte considerable de los participantes ha experimentado un impacto positivo y notable en la calidad al utilizar BIM en comparación con los métodos tradicionales.

Además, un 25% de los encuestados mencionó que BIM ha mejorado moderadamente la calidad. Esto indica que, aunque no de manera tan pronunciada, una cuarta parte de los

participantes ha observado mejoras en la calidad de los proyectos gracias a la implementación de BIM.

Por otro lado, un 12.5% de los encuestados no percibió cambios en la calidad al utilizar BIM, lo que sugiere que, para una minoría, BIM no ha tenido un impacto significativo en la mejora de la calidad en comparación con los métodos tradicionales.

Finalmente, un 18.75% de los participantes respondió que no sabe si BIM ha influido en la calidad del proyecto. Esto podría indicar que algunos encuestados no tienen suficiente información o experiencia para evaluar el impacto de BIM en la calidad.

¿Cómo percibe la influencia de BIM en la mejora de la calidad del proyecto en comparación con los métodos tradicionales?	Frecuencia	Porcentaje
Ha mejorado moderadamente la calidad	4	25.000
Ha mejorado significativamente la calidad	7	43.750
No ha habido cambios en la calidad	2	12.500
No sabe	3	18.750
Ausente	0	0.000
Total	16	100.000

Ilustración 20 Influencia de BIM en la mejora de la calidad

La mayoría de los encuestados percibe que BIM ha tenido un impacto positivo en la mejora de la calidad del proyecto, ya sea de manera significativa o moderada. Sin embargo, una minoría no ha observado cambios o no está segura de su influencia. Estos resultados reflejan que, en general, BIM es visto como una herramienta beneficiosa para mejorar la calidad en comparación con los métodos tradicionales, aunque su impacto puede variar según el contexto y la experiencia de los usuarios.

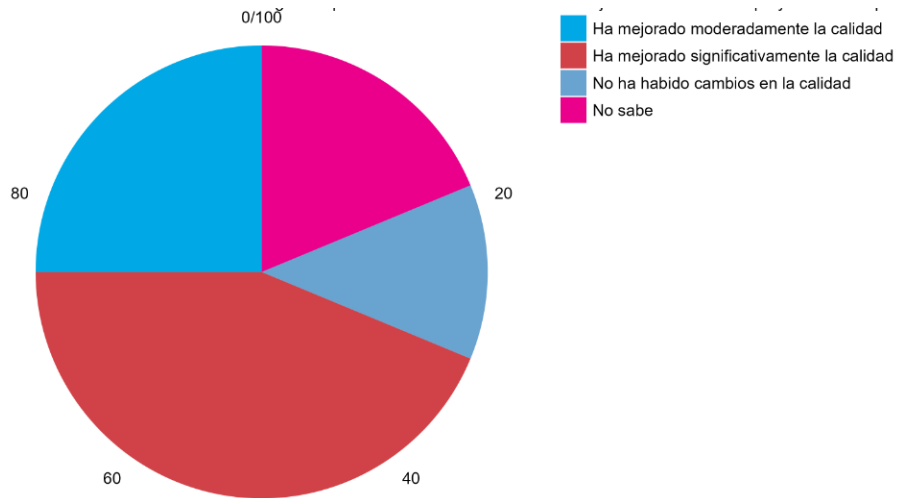


Ilustración 21 Calidad de proyectos en Metodología BIM

5.1.6.2 ¿Qué aspectos de la calidad han mejorado con la implementación de BIM? (Seleccione todos los que apliquen)

Los resultados de la encuesta indican que los aspectos de calidad más significativos que han mejorado con la implementación de BIM son la precisión en la construcción y la mejora en la documentación del proyecto, ambos con un 58.8% de respuestas (10 de los 16 encuestados). Esto sugiere que BIM tiene un impacto sustancial en la exactitud de la construcción y en la claridad de la documentación del proyecto. En contraste, el cumplimiento de estándares y normativas fue seleccionado por un 17.6% (3 de los 16 encuestados), lo que indica que, aunque BIM contribuye a este aspecto, no es percibido como el beneficio principal en términos de calidad. Finalmente, un 5.9% (1 de los 16 encuestados) mencionó "Otro (especifique)", lo que sugiere la existencia de otros factores no listados que también contribuyen a la mejora de la calidad con BIM.

Los principales aspectos de la calidad que han mejorado con la implementación de BIM son la mejora en la documentación del proyecto, el cumplimiento de estándares y normativas, y

la precisión en la construcción. Estos resultados destacan las áreas en las que BIM ha tenido un impacto positivo en la calidad de los proyectos de construcción.

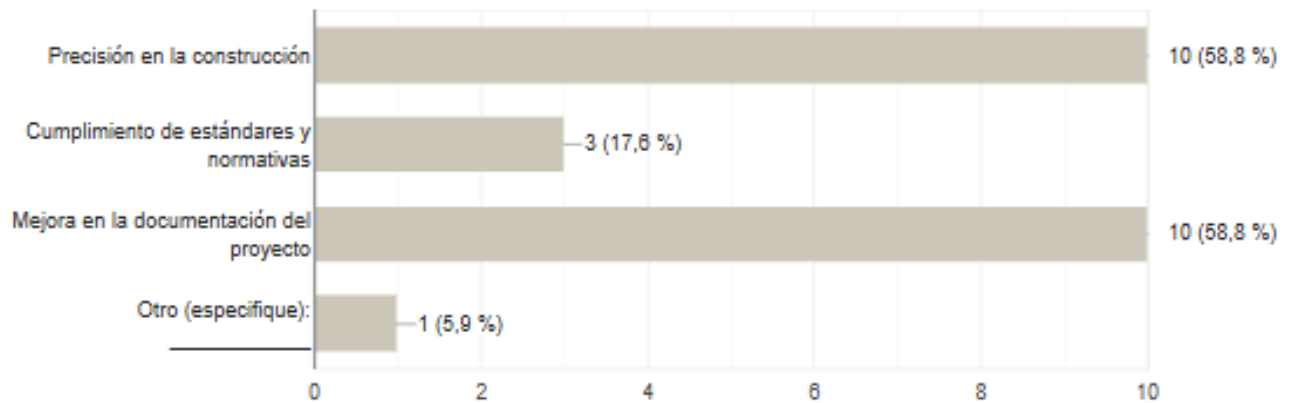


Ilustración 22 Mejoras en la calidad con BIM

5.1.7 Opinión General

5.1.7.1 En general, ¿recomendaría la implementación de BIM en futuros proyectos de ingeniería civil?

La mayoría de los encuestados ven valor en la implementación de BIM en proyectos de ingeniería civil. Sin embargo, la presencia de respuestas con reservas o indecisión sugiere que existen barreras o preocupaciones que deben abordarse. Aunque la mayoría recomienda BIM, los datos indican que hay un porcentaje significativo de encuestados que no están del todo seguros, o tienen reservas.

Mayoría recomienda BIM definitivamente: Un 62,5% de los encuestados (10 de 16) recomendaría "Sí, definitivamente" la implementación de BIM en futuros proyectos de ingeniería civil. Esto indica un fuerte respaldo a la metodología.

Reservas o indecisión: Un 18.8% (3 de 16) de los participantes no tiene una opinión clara sobre si recomendaría BIM, lo que podría deberse a una falta de experiencia suficiente con la herramienta o a incertidumbre sobre sus beneficios y aplicaciones. Además, un 18.8% adicional de los encuestados respondió "Sí, con algunas reservas", lo que refleja que, aunque reconocen ciertos aspectos positivos de BIM, aún existen preocupaciones o limitaciones percibidas en su uso.

Estos resultados sugieren que, si bien la mayoría de los participantes tiene una percepción favorable hacia BIM, hay un grupo significativo que muestra indecisión o reservas. Esto destaca la necesidad de abordar estas inquietudes y de proporcionar información más clara y detallada sobre los beneficios y las aplicaciones de la metodología BIM para aumentar la confianza y promover su adopción más amplia.

Contraste Binomial

Variable	Nivel	Recuentos	Total	Proporción	p
En general, ¿recomendaría la implementación de BIM en futuros proyectos de ingeniería civil?	No tengo una opinión clara	3	16	0.188	0.021
	Sí, con algunas reservas	3	16	0.188	0.021
	Sí, definitivamente	10	16	0.625	0.454

Nota. Proporciones contrastadas en relación al valor: 0.5.

Ilustración 23 Implementación de BIM en futuros proyectos de ingeniería civil

Significancia estadística:

El valor "p" (0.454) para la respuesta "Sí, definitivamente" indica que este resultado es estadísticamente no significativo en relación con el valor de 0.5. Esto significa que, aunque la mayoría recomienda BIM, no es un resultado abrumadoramente diferente de una distribución uniforme.

Los valores "p" (0.021) para las respuestas "No tengo una opinión clara" y "Sí, con algunas reservas" indican que estos resultados son estadísticamente significativos en relación con el valor de 0.5. Esto sugiere que estas respuestas son menos comunes de lo que se esperaría en una distribución uniforme.

Los resultados son positivos en general, pero destacan la necesidad de abordar las preocupaciones y mejorar la comprensión de BIM.

5.1.7.2 ¿Qué dificultades ha identificado en la implementación de BIM en los proyectos? (Seleccione todas las que apliquen)

El gráfico revela que la principal dificultad identificada en la implementación de BIM es la falta de formación o capacitación, con un 52.9% de las respuestas. Esto sugiere que una proporción significativa de encuestados considera que la falta de habilidades y conocimientos adecuados es un obstáculo importante para la adopción exitosa de BIM. Los costos de implementación también representan una barrera significativa, con un 29.4% de las respuestas, lo que indica que el aspecto económico es una preocupación relevante. La resistencia al cambio fue señalada por un 11.8% de los encuestados, lo que sugiere que la adaptación a nuevas metodologías y procesos también plantea desafíos. Finalmente, la falta de estándares claros fue mencionada por un 5.9% de los encuestados, lo que indica que la ausencia de directrices y protocolos bien definidos puede dificultar la implementación de BIM.

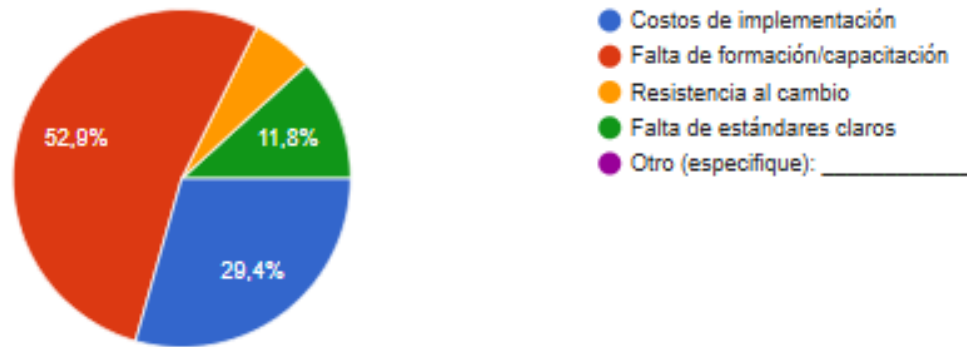


Ilustración 24 Dificultades en la implementación de BIM en los proyectos

Por otro lado, a pesar de estas dificultades, un 62.5% de los encuestados indicó que definitivamente recomendaría la implementación de BIM en futuros proyectos de ingeniería civil, lo que refuerza una percepción general positiva sobre su utilidad. Sin embargo, un 18.8% lo recomendaría con algunas reservas, lo que refleja ciertas preocupaciones que aún deben ser abordadas, mientras que otro 18.8% no tiene una opinión clara al respecto, posiblemente debido a una falta de experiencia o conocimiento sobre los beneficios y aplicaciones de BIM.

En resumen, aunque la mayoría de los encuestados valora BIM como una herramienta útil y la recomienda, existen obstáculos clave que deben superarse, como la capacitación, los costos y la resistencia al cambio. Abordar estas preocupaciones podría no solo facilitar su adopción, sino también aumentar la confianza y aceptación entre quienes aún tienen reservas o incertidumbres. Esto resalta la importancia de estrategias enfocadas en mejorar la formación y comunicación sobre los beneficios de BIM para maximizar su impacto en el ámbito de la

ingeniería civil

Variable	Nivel	Recuentos	Total	Proporción	p
¿Qué dificultades ha identificado en la implementación de BIM en los proyectos? (Seleccione todas las que apliquen)	Costos de implementación	5	16	0.313	0.210
	Falta de estándares claros	2	16	0.125	0.004
	Falta de formación/capacitación	8	16	0.500	1.000
	Resistencia al cambio	1	16	0.063	< .001

Nota. Proporciones contrastadas en relación al valor: 0.5.

Ilustración 25 Dificultades en la implementación de BIM en proyectos de ingeniería civil

Por otro lado, a pesar de estas dificultades, un 62.5% de los encuestados indicó que definitivamente recomendaría la implementación de BIM en futuros proyectos de ingeniería civil, lo que refuerza una percepción general positiva sobre su utilidad. Sin embargo, un 18.8% lo recomendaría con algunas reservas, lo que refleja ciertas preocupaciones que aún deben ser abordadas, mientras que otro 18.8% no tiene una opinión clara al respecto, posiblemente debido a una falta de experiencia o conocimiento sobre los beneficios y aplicaciones de BIM.

En resumen, aunque la mayoría de los encuestados valora BIM como una herramienta útil y la recomienda, existen obstáculos clave que deben superarse, como la capacitación, los costos y la resistencia al cambio. Abordar estas preocupaciones podría no solo facilitar su adopción, sino también aumentar la confianza y aceptación entre quienes aún tienen reservas o incertidumbres. Esto resalta la importancia de estrategias enfocadas en mejorar la formación y comunicación sobre los beneficios de BIM para maximizar su impacto en el ámbito de la ingeniería civil.

5.2 Propuesta al sector

Los resultados de nuestra encuesta revelan una sólida adopción de la metodología BIM en el sector de la construcción, pero también identifican áreas clave de mejora para optimizar su impacto. Esta propuesta presenta estrategias concretas para fortalecer la capacitación, fomentar la colaboración intergeneracional, expandir la implementación de BIM, mejorar las herramientas y recursos, y establecer un sistema de medición y seguimiento del impacto de BIM en los proyectos.

5.2.2 Hallazgos claves

- ✓ Adopción significativa de BIM: La industria reconoce el valor de BIM, pero existen barreras para su implementación plena.
- ✓ Brecha generacional: Los profesionales experimentados lideran la adopción, mientras que los más jóvenes necesitan mayor exposición a proyectos BIM complejos.
- ✓ Implementación desigual: BIM no se aplica de manera uniforme en todos los tipos de proyectos, limitando su potencial.
- ✓ Necesidad de mejoras en herramientas y recursos: La infraestructura tecnológica y el soporte técnico son cruciales para una adopción efectiva.
- ✓ Falta de medición y seguimiento: La evaluación del impacto de BIM es fundamental para la mejora continua.

5.2.3 Recomendaciones Estratégicas:

5.2.3.1 Potenciar la Capacitación y Formación:

- ✓ Desarrollar programas de formaciones modulares y accesibles para todos los niveles de experiencia.
- ✓ Implementar talleres prácticos y seminarios sobre casos de éxito y mejores prácticas.
- ✓ Crear una plataforma de aprendizaje en línea con recursos actualizados y soporte técnico.

5.2.3.2 Fomentar la Colaboración Intergeneracional:

- ✓ Establecer equipos de trabajo mixtos para facilitar la transferencia de conocimientos.
- ✓ Implementar programas de mentoría y tutorización para jóvenes profesionales.
- ✓ Crear comunidades de práctica y redes de colaboración para el intercambio de experiencias.

5.2.3.3 Ampliar la Implementación de BIM:

- ✓ Promover el uso de BIM en proyectos de todas las escalas, incluyendo proyectos de menor envergadura.
- ✓ Establecer incentivos públicos y privados para la adopción de BIM.
- ✓ Integrar BIM desde las etapas iniciales de planificación y diseño.

5.2.3.4 Optimizar Herramientas y Recursos:

- ✓ Incentivar la inversión en software y hardware de última generación.
- ✓ Desarrollar plataformas colaborativas basadas en la nube para facilitar la interoperabilidad.
- ✓ Proporcionar soporte técnico especializado y consultoría para la implementación de BIM.

5.2.3.5 Establecer un Sistema de Medición y Seguimiento:

- ✓ Definir indicadores clave de rendimiento (KPIs) para evaluar el impacto de BIM.
- ✓ Realizar estudios de caso y análisis post-implementación para identificar áreas de mejora.
- ✓ Crear un sistema de retroalimentación continua para ajustar y optimizar las estrategias de BIM.

5.3 DISCUSIÓN

Los resultados de la encuesta revelan una clara tendencia hacia la adopción de BIM como herramienta para mejorar la eficiencia en proyectos de ingeniería civil, lo cual se alinea con la literatura que destaca los beneficios de BIM en la gestión de recursos y la planificación de proyectos (Smith, 2009; Rojas, 2018). Sin embargo, la persistencia de métodos tradicionales de gestión de proyectos, como lo evidencian las respuestas de los encuestados, sugiere que la transición hacia BIM aún enfrenta desafíos significativos. La resistencia al cambio, identificada como un obstáculo principal, concuerda con las barreras mencionadas por (Castellanos, 2023) sobre la falta de regulación y la necesidad de una transformación progresiva en la implementación de BIM en Colombia.

La percepción de los encuestados sobre la mejora de la eficiencia con BIM, especialmente en la gestión de recursos, respalda los argumentos de García (2019) sobre la capacidad de BIM para mejorar el control de costos y la precisión en las estimaciones. No obstante, la variabilidad en los niveles de competencia en BIM entre los participantes, con una mayoría en el nivel básico o nulo, indica una brecha en la capacitación y la adopción efectiva de esta metodología. Esto subraya la necesidad de abordar el desconocimiento y la falta de confianza en la tecnología, como se menciona en los antecedentes, para superar las barreras en la adopción de BIM.

La diversidad de proyectos en los que han trabajado los encuestados, con una predominancia de la infraestructura vial, refleja la aplicabilidad de BIM en diferentes contextos de la ingeniería civil. Sin embargo, la limitada representación de profesionales con menos de 5 años de experiencia podría indicar una menor adopción de BIM entre las nuevas generaciones, lo que plantea interrogantes sobre la sostenibilidad de la implementación de esta metodología a largo plazo. En conclusión, los resultados de la encuesta confirman la percepción positiva sobre los beneficios de BIM, pero también resaltan la necesidad de abordar los desafíos relacionados

con la capacitación, la resistencia al cambio y la integración completa de BIM en la práctica profesional.

6. CONCLUSIONES

En general, los resultados obtenidos reflejan una percepción positiva y una adopción exitosa de BIM en la industria de la construcción. La mayoría de los participantes muestran un buen nivel de conocimiento y experiencia con esta metodología, lo que indica que BIM está siendo integrado de manera efectiva en las prácticas laborales. La correlación observada entre la edad y la experiencia con BIM sugiere que los profesionales más experimentados están liderando la implementación de esta metodología, aprovechando su conocimiento acumulado para maximizar sus beneficios en términos de eficiencia, reducción de costos y mejora en la calidad de los proyectos de construcción.

La implementación efectiva de estas estrategias permitirá a la industria de la construcción maximizar el potencial de BIM, impulsando la eficiencia, reduciendo costos y mejorando la calidad de los proyectos. Al invertir en capacitación, colaboración, tecnología y medición, podemos construir un futuro más innovador y sostenible para el sector.

La presente investigación ha permitido explorar la percepción y experiencia de los profesionales de la construcción en relación con la metodología BIM (Building Information Modeling), revelando una visión general positiva sobre su adopción en la industria. A través de los resultados obtenidos, se puede afirmar que BIM ha tenido un impacto significativo en el ámbito de la construcción, evidenciado por la creciente familiarización de los participantes con el concepto, así como la integración de esta tecnología en los procesos de trabajo. En este sentido, las conclusiones a continuación se presentan, contrastando los objetivos iniciales, la pregunta de investigación y la hipótesis planteada, con los resultados obtenidos en el proceso de la investigación.

Objetivos y Pregunta de Investigación

El objetivo principal de la investigación era evaluar la percepción y experiencia de los profesionales de la construcción respecto a la metodología BIM, y determinar el impacto de su implementación en términos de eficiencia, reducción de costos y mejora en la calidad de los proyectos. A través de los resultados obtenidos, se puede concluir que BIM tiene un impacto positivo significativo en estos tres aspectos clave. La mayoría de los encuestados indicó que la implementación de BIM ha mejorado la eficiencia en los proyectos, ha reducido los costos asociados con modificaciones imprevistas y ha elevado la calidad general de la construcción. Además, la pregunta de investigación relacionada con la adopción de BIM en el sector se ha resuelto positivamente, confirmando que un porcentaje considerable de profesionales está familiarizado y ha trabajado con esta tecnología.

Contraste con la Hipótesis Planteada

La hipótesis inicial sugería que los profesionales con más experiencia en la industria serían los más familiarizados y propensos a adoptar la metodología BIM, lo que fue confirmado por los resultados. La correlación observada entre la edad y la experiencia con BIM refuerza esta hipótesis, mostrando que los profesionales más experimentados no solo tienen un mayor conocimiento sobre BIM, sino que también están liderando la implementación de esta tecnología en los proyectos de construcción. Este hallazgo es coherente con las tendencias observadas en la literatura, que indican que la adopción de BIM en muchas industrias está liderada por los profesionales con más experiencia, quienes comprenden mejor la importancia de su integración y los beneficios a largo plazo.

Impacto en el Campo de Estudio

Los resultados obtenidos tienen un impacto significativo en el campo de la construcción, ya que destacan la efectividad de BIM como una herramienta que mejora la gestión de los proyectos, optimiza el uso de los recursos, reduce los errores y aumenta la calidad de los

resultados finales. La integración de BIM en la planificación y ejecución de proyectos constructivos puede transformar de manera sustancial la forma en que se gestionan los recursos humanos, materiales y tecnológicos en la industria. En consecuencia, la metodología BIM no solo representa una ventaja competitiva para las empresas que la adoptan, sino que también promueve una mejora generalizada en la sostenibilidad y la eficiencia operativa del sector.

Además, los hallazgos refuerzan la importancia de la capacitación continua en el uso de nuevas tecnologías, sugiriendo que para maximizar los beneficios de BIM es crucial que los profesionales, independientemente de su experiencia, continúen actualizándose y aprendiendo sobre los avances en la metodología. Esto también implica que la industria debe invertir en la actualización y mejora de las herramientas tecnológicas, así como en el desarrollo de plataformas colaborativas que permitan a los distintos actores de un proyecto trabajar de forma más eficiente.

Objetivos específicos de la Investigación

Evaluar la percepción de los profesionales de la ingeniería civil sobre la eficiencia de los proyectos que utilizan BIM en comparación con aquellos que emplean métodos tradicionales:

Los resultados de la encuesta indican que la mayoría de los profesionales percibe que BIM mejora significativamente la eficiencia de los proyectos en comparación con los métodos tradicionales. Un 43.75% de los encuestados afirmó que BIM ha mejorado significativamente la calidad del proyecto, mientras que un 25% mencionó una mejora moderada. Esto sugiere que BIM es visto como una herramienta que optimiza procesos, reduce errores y mejora la coordinación entre los diferentes actores del proyecto, lo que se traduce en una mayor eficiencia general.

Identificar las principales diferencias en la gestión de costos entre proyectos de ingeniería civil que implementan BIM y aquellos que utilizan enfoques tradicionales:

En cuanto a la gestión de costos, los resultados muestran una división en las percepciones. Aunque un 47.1% de los encuestados indicó que BIM ha aumentado los costos, un 17.8% y un 11.8% mencionaron que ha reducido significativa y moderadamente los costos, respectivamente. Esto podría reflejar que, mientras algunos proyectos han logrado optimizar costos a través de una mejor planificación y reducción de errores, otros han enfrentado gastos iniciales elevados debido a la inversión en tecnología y capacitación. Sin embargo, factores como el mayor control de presupuesto (41.2%) y la reducción de errores (52.9%) sugieren que BIM puede ofrecer beneficios a largo plazo en la gestión financiera.

Analizar cómo la implementación de BIM contribuye a la mejora de la calidad en los proyectos de ingeniería civil, a través de la reducción de errores y la optimización de procesos:

La implementación de BIM ha demostrado ser un factor clave en la mejora de la calidad de los proyectos. Un 68.8% de los encuestados destacó la mejora en la documentación del proyecto y el cumplimiento de estándares y normativas como aspectos positivos. Además, la reducción de errores fue mencionada por el 52.9% de los participantes, lo que indica que BIM ha permitido minimizar fallos durante la construcción, optimizando procesos y mejorando la precisión en la ejecución. Estos resultados respaldan la idea de que BIM no solo mejora la calidad técnica de los proyectos, sino que también contribuye a una mayor eficiencia y cumplimiento de los requisitos de calidad.

Podemos concluir, BIM es percibido como una herramienta que mejora la eficiencia, la gestión de costos y la calidad en los proyectos de ingeniería civil, aunque su implementación puede presentar desafíos iniciales. Para maximizar sus beneficios, es crucial abordar las

dificultades identificadas, como la falta de formación, los costos de implementación y la resistencia al cambio, mediante estrategias de capacitación, estandariz.

La implementación efectiva de estrategias que fomenten la capacitación continua, la colaboración entre profesionales, la inversión en tecnología y la medición del impacto de BIM permitirá a la industria de la construcción maximizar el potencial de esta metodología. Es crucial que los profesionales, independientemente de su experiencia, continúen actualizándose y aprendiendo sobre los avances en BIM. La industria debe invertir en la actualización de herramientas tecnológicas y en el desarrollo de plataformas colaborativas. acción y gestión del cambio.

Los resultados de esta investigación tienen un impacto significativo en el campo de la construcción, destacando la efectividad de BIM como una herramienta que mejora la gestión de proyectos, optimiza el uso de recursos, reduce errores y aumenta la calidad. La integración de BIM transforma la gestión de recursos humanos, materiales y tecnológicos, promoviendo la sostenibilidad y la eficiencia operativa.

7. Referencias

- BIM Forum Colombia,. (2021). *BIM Kit: Guía para la implementación de BIM en proyectos de construcción*. Obtenido de <https://www.bimforumcolombia.org>
- (DNP), D. N. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026. Gobierno de Colombia*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co>: <https://www.dnp.gov.co>
- Azhar, S. (15 de 06 de 2011). Modelado de información de construcción (BIM): tendencias, beneficios, riesgos y desafíos para la industria AEC. *Liderazgo y gestión en ingeniería*, 241–252. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.000012](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.000012)
- Bieńkowska, E. (02 de 2018). *eubim.eu*. Obtenido de [eubim.eu](https://www.eubim.eu): https://www.eubim.eu/downloads/EU_BIM_Task_Group_Handbook_FINAL.PDF
- Brad Hardin, D. M. (2015). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*. Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Bryde, D. (2013). Los beneficios del proyecto Building Information Modelling (BIM). *Revista internacional de gestión de proyectos*, 971-980.
- Carreño, Ú., López, Z. L., & Miranda, A. M. (01 de 2023). *El impulso del sector público en la implementación de Building Information Modelling en países de América Latina*. (BID, Ed.) Obtenido de El impulso del sector público en la implementación de Building Information Modelling en países de América Latina.: <http://dx.doi.org/10.18235/0004711>
- Castellanos, P. (02 de 05 de 2023). *EnObra.com*. Obtenido de Metodologías Bim, retos para el sector constructor en Colombia: <https://www.en-obra.com/es/noticias/metodologia-bim-lo-que-viene-para-el-sector-constructor-en-colombia>
- Chavez Montoya, V. J. (2022). *Gestión de proyectos de construcción mediante Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD) en Bolivia*. Ciudad de la Paz: Doctoral dissertation.
- David Bryde, M. B. (2013). Los beneficios del proyecto Building Information Modelling (BIM). *Revista internacional de gestión de proyectos*, 971-980.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026. Gobierno de Colombia*. Obtenido de Departamento Nacional de Planeación (DNP): <https://www.dnp.gov.co>
- Eastman, C. T. (2011). *Una guía para la modelización de información de construcción para propietarios, gerentes, diseñadores, ingenieros y contratistas*. Obtenido de <https://minvivienda.gov.co/>.
- Europea, U. (2014). *Directiva 2014/24/EU del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la contratación pública*. Obtenido de Diario Oficial de la Unión Europea.: <https://eur-lex.europa.eu>

- García, R. &. (2019). Desafíos en la gestión de proyectos de construcción: Eficiencia, costos y calidad. *Revista de Construcción y Arquitectura*, 123-138.
- Getuli, V., Pietro, C., Bruttini, A., & Isaac, S. (2020). BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A safety-oriented approach. *Automation in Construction*.
- Government, U. (2016). Government Construction Strategy: The UK Approach to BIM. *The UK Approach to BIM*, <https://www.gov.uk>.
- Grupo Cal y Mayor. (2024). *Tendencias en la implementación de la metodología BIM y su papel en el sector hídrico*. Mexico: https://www.calymayor.com.mx/mx/noticias/tendencias-en-la-implementacion-de-la-metodologia-bim.html?utm_source=chatgpt.com.
- Hernández, L. &. (20 de 02 de 2018). *La gestión de proyectos en la ingeniería Civil*. Bogotá: Editorial Universitaria.
- ICONTEC. (2020). *Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 19650*. Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- j, C. M., & Chavez, J. (2022). *Gestión de proyectos de construcción mediante BIM e Integrated Project Delivery (IPD) en Bolivia*. Bolivia: Universidad Autónoma de Bolivia.
- Jhonatan Quintero García, C. A. (2021). *Repositorio Institucional Universidades Católica de Colombia*. Obtenido de repository.ucatolica.edu.co: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/c65e489e-76cf-44ca-b8a3-69671951b957/content>
- Lacaze, L. (01 de 2021). *Encuesta BIM: América Latina y el Caribe 2020*. Obtenido de <https://doi.org/10.18235/0003023>
- Mier-Goyes, M. L., González-Salazar, A. M., & Pinzón-Ubaque, A. G. (2024). *Vigilancia 2.0: Intervención estratégica para superar desafíos en la formación en seguridad privada*. Bogotá: Universidad EAN.
- Pilar, M. M., Edith, C. P., & Elías, &. C.-C. (2019). Evaluación de Impacto Ambiental Mediante la Introducción de Indicadores a un modelo BIM de vivienda social. *Rev. hábitat sustentable vol.9 no.2 Concepción dic. 2019*.
- Rojas, F. Z. (2018). *Beneficios y desafíos del BIM en proyectos de ingeniería civil en Bogotá*. *Ingeniería e Investigación*. Colombia: Fedesarrollo.
- Sara, S., Samad, S., David, E., Li, H., & Cheng, W. (04 de 2020). BIM compatibility and its differentiation with interoperability challenges as an innovation factor. *Automation in Construction*, 112(103086). doi:10.1016/j.autcon.2020.103086

Smith, D. y. (2009). *Modelado de información de construcción: una guía de implementación estratégica para arquitectos, ingenieros, constructores y administradores de activos inmobiliarios*. Estados Unidos: John Wiley & Sons.

Succar, B. (2009). Building Information Modelling Framework: una base de investigación y entrega para las partes interesadas de la industria. *AUTOMATION IN CONSTRUCTION*, 357-375.

Tan, T., Grant, M., Eleni, P., & Zhening, L. (01 de 2021). Combining multi-criteria decision making (MCDM) methods with building information modelling (BIM): A review. *Automation in Construction*, 121(103451).

Úrsula Carreño, Z. L. (2023). *El impulso del sector público en la implementación de Building Information Modelling en países de América Latina*. Banco Interamericano de Desarrollo BID.
doi:<https://doi.org/10.18235/0004711>

Viña, D. A. (2024). *La maqueta digital se abre paso en la contratación de obra pública*. España:
https://cincodias.elpais.com/companias/2024-10-30/la-maqueta-digital-se-abre-paso-en-la-contratacion-de-obra-publica.html?utm_source=chatgpt.com.

Viña, D. A. (2024). La maqueta digital se abre paso en la contratación de obra pública. *CincoDias*.