

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Implementación de la metodología building information modeling en el diseño y construcción del Puente Huancaranni en el tramo San Juan de Virundo Apurímac 2025.

Asesor:

Dr. Soto Palomino, Wilfredo.

Autor:

Juarez León, Hebert Junior

Para optar el título profesional de: Ingeniero civil

Abancay - Apurímac - Perú

2026



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 001

En la ciudad de Abancay, a los catorce días del mes de enero del 2026, siendo las 9:00 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0024-2026- EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 08 de enero del 2026, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Ing. Cayo Baca, Holguer
Dictaminante :	Ing. Gamarra Mota, Rubén
Replicante :	Dr. Alarcón Camacho, Erick

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Implementación de la metodología building information modeling en el diseño y construcción del puente Huacaranni en el tramo San Juan de Virundo Apurímac 2025

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: Juárez León, Hebert Junior

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: **Unanimidad**
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Juárez León, Hebert Junior	Aprobado

Siendo las 10:05am horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Ing. Cayo Baca, Holguer

Dictaminante: Ing. Gamarra Mota, Rubén

Replicante: Dr. Alarcón Camacho, Erick

Abancay 14 de enero del 2026

Se expide la presente conforme al libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 397

(*) Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT

16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el Informe

▸ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

16%  Fuentes de Internet
4%  Publicaciones
0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de Integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Metadatos Complementarios

Datos del autor		
Apellidos y Nombres	:	Juarez León Hebert Junior
Tipo de documento de identidad	:	(DNI)
Numero de documento de identidad	:	76331140
URL ORCID (opcional)	:	https://orcid.org/0009-0000-5574-155X
Datos del asesor		
Apellidos y Nombres	:	Soto Palomino Wilfredo
Tipo de documento de identidad	:	Documento Nacional de Identidad (DNI)
Numero de documento de identidad	:	41934951
URL ORCID (opcional)	:	https://orcid.org/0000-0001-5926-8077
Datos de la Investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	:	Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	:	2025
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de similitud	:	16 %
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

Dedicado a mis padres, cuyo apoyo inquebrantable y sacrificios han sido el cimiento de mi formación; a mis profesores y asesores, por su guía invaluable y rigor académico que enriquecieron este trabajo; y a la institución que proporcionó los medios para culminar esta investigación, reflejo de cada uno de sus aportes en mi trayectoria intelectual y profesional.

Agradecimiento

Expreso mi profundo agradecimiento al Dr. Wilfredo Soto Palomino, por su guía experta y dedicación durante el desarrollo de esta investigación; a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes, por brindar los recursos académicos y técnicos indispensables; a mis colegas y amigos, por su apoyo crítico y colaboración en momentos clave; y de manera muy especial, a mi familia, por ser el pilar emocional e inspirarme a culminar este desafío intelectual.

Resumen

La tesis de investigación evalúo la influencia de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño y construcción del Puente Huancaranni, ubicado en el distrito de San Juan de Virundo, Apurímac, Perú, durante el año 2025. Mediante un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental transversal, se compararon los métodos tradicionales con la implementación BIM en aspectos clave como calidad del diseño, eficiencia constructiva, optimización de costos y seguridad en obra. Los resultados demostraron que el uso de BIM permitió una reducción del 3% en los costos totales y una disminución del 63% en el tiempo de ejecución del proyecto. Asimismo, se observaron mejoras significativas en la precisión de metrados, detección temprana de interferencias y coordinación interdisciplinaria. Se concluye que la implementación de BIM no solo optimiza los recursos y plazos en proyectos de infraestructura en contextos rurales, sino que también contribuye a la modernización y sostenibilidad de la gestión de la construcción en el Perú.

Palabras clave:

Building Information Modeling (BIM), Metodología BIM, Diseño y construcción, Puente Huancaranni, Eficiencia constructiva, Optimización de costos, Gestión de la construcción.

Abstract

This research evaluates the influence of the Building Information Modeling (BIM) methodology on the design and construction of the Huancaranni Bridge, located in the district of San Juan de Virundo, Apurímac, Peru, through the year 2025. Using a quantitative approach and a cross-sectional, non-experimental design, traditional methods were compared with BIM implementation in key aspects such as design quality, construction efficiency, cost optimization, and construction safety. The results demonstrated that the use of BIM led to a 3% reduction in total costs and a 63% reduction in project execution time. Significant improvements were also observed in measurement accuracy, early detection of interferences, and interdisciplinary coordination. It is concluded that the implementation of BIM not only optimizes resources and timelines in infrastructure projects in rural settings but also contributes to the modernization and sustainability of construction management in Peru.

Keywords:

Building Information Modeling (BIM), BIM Methodology, Design and Construction, Huancaranni Bridge, Construction Efficiency, Cost Optimization, Construction Management.

ÍNDICE

Portada.....	i
Acta de Sustentación	ii
Reporte de Similitud.....	iii
Metadatos Complementarios.....	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Índice	14
Índice de Tablas.....	15
Índice de Figuras	16
Índice de Anexos	18
I. INTRODUCCIÓN	19
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
2.1 Descripción y formulación del problema	22
2.1.1 Objetivo general.....	24
2.1.2 Objetivos específicos.....	24
2.2 Hipótesis	25
2.3 Variables.....	26
III. MARCO TEÓRICO.....	28
3.1 Antecedentes	28
3.2 Bases teóricas	33
3.3 Definición de términos	34
IV. METODOLOGÍA	37
4.1 Tipo y nivel de investigación.....	37
4.2 Ámbito temporal y espacial	38
4.3 Población y muestra	38
4.4 Instrumentos	39
4.5 Procedimientos.....	40
4.6 Análisis de datos	40
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
VI. CONCLUSIONES	69
VII.RECOMENDACIONES	71
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
IX.ANEXOS	76

Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables	27
Tabla 2 Comparativa de costos tradicionales vs. BIM por partida.....	42
Tabla 3 Comparativa de métodos: cantidad, costo y tiempo	43
Tabla 4 Análisis Comparativo de Costos y Tiempos: Método Tradicional vs. BIM en Relleno Compactado	45
Tabla 5 Análisis Comparativo de Eliminación de Material Excedente con Maquinaria....	46
Tabla 6 Análisis Comparativo de Tablaestacado: Costo, Cantidad y Tiempo	48
Tabla 7 Análisis Comparativo de Concreto Estructural y Solado: Tradicional vs. BIM ...	49
Tabla 8 Análisis Comparativo de Encofrado y Desencofrado para Estribos	51
Tabla 9 Análisis Comparativo de Acero de Refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	52
Tabla 10 Análisis Comparativo de Concreto $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$	54
Tabla 11 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Concreto para Estribos	55
Tabla 12 Análisis Comparativo de Acero de Refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ para Superestructura	57
Tabla 13 Análisis Comparativo de Concreto $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ para Superestructura	58
Tabla 14 Análisis Comparativo de Encofrado para Losa de Entrepiso	60
Tabla 15 Análisis Comparativo de Acero de Refuerzo para Losa de Aproximación.....	61
Tabla 16 Análisis Comparativo de Concreto para Losa de Aproximación	63
Tabla 17 Análisis Comparativo General: Costo y Tiempo Tradicional vs. BIM	64

Índice de figuras

Figura 1 Comparación de Costos: Método Tradicional vs. BIM	42
Figura 2 Comparación de tiempos de ejecución: tradicional vs. BIM	43
Figura 3 Comparación de costos: relleno y nivelación	44
Figura 4 Comparación de tiempos: relleno y nivelación.....	44
Figura 5 Comparativa de Costos: Relleno Compactado con Equipo - Material de Préstamo	45
Figura 6 Comparativa de Tiempos de Ejecución: Relleno Compactado con Equipo	46
Figura 7 Análisis de Costos: Eliminación de Material Excedente con Maquinaria	47
Figura 8 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Eliminación de Material Excedente .	47
Figura 9 Análisis de Costos: Tablaestacado Tradicional vs. BIM	48
Figura 10 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Tablaestacado para Excavación	49
Figura 11 Análisis de Costos: Concreto $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ para Solado	50
Figura 12 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Concreto para Solado	50
Figura 13 Análisis de Costos: Encofrado y Desencofrado Cara Vista para Estribos.....	51
Figura 14 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Encofrado para Estribos	52
Figura 15 Análisis de Costos: Acero de Refuerzo $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$	53
Figura 16 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Acero de Refuerzo	53
Figura 17 Análisis de Costos: Concreto $F'C=280 \text{ kg/cm}^2$ para Estribos	54
Figura 18 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Concreto para Estribos	55
Figura 19 Análisis de Costos: Encofrado para Superestructura	56
Figura 20 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Encofrado para Superestructura	56
Figura 21 Análisis de Costos: Acero de Refuerzo $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ para Superestructura	57
Figura 22 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Acero de Refuerzo para Superestructura	58

Figura 23 Análisis de Costos: Concreto para Superestructura	59
Figura 24 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Superestructura.....	59
Figura 25 Análisis de Costos: Encofrado para Losa de Aproximación.....	60
Figura 26 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Losa de Aproximación.....	61
Figura 27 Análisis de Costos: Acero de Refuerzo para Losa de Aproximación	62
Figura 28 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Acero de Refuerzo	62
Figura 29 Análisis de Costos: Concreto para Losa de Aproximación.....	63
Figura 30 Comparativa de Tiempos de Ejecución en Losa de Aproximación.....	64
Figura 31 Análisis de Costos Totales: Metodología Tradicional vs. BIM.....	65
Figura 32 Comparativa de Tiempos Totales de Ejecución: Tradicional vs. BIM	65

Índice de Anexos

IX. ANEXOS	76
9.1 Anexo I. Matriz de consistencia	76
9.2 Anexo II. A. Metodología BIM	78
9.3 Anexo III. A. Metodología tradicional.....	141
9.4 Anexo IV. Imágenes.....	206

I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil contemporánea enfrenta el desafío de integrar la innovación tecnológica en sus procesos para lograr infraestructuras más seguras, sostenibles y eficientes. En este contexto, la metodología Building Information Modeling (BIM) ha emergido como un sistema integral que transforma la forma tradicional de diseñar, planificar y construir obras de ingeniería. A través del modelado digital y la gestión colaborativa de información, BIM permite coordinar disciplinas, prever interferencias y optimizar recursos, convirtiéndose en un pilar esencial de la construcción moderna.

En el Perú se tiene, la incorporación de esta metodología que se encuentra en una etapa de crecimiento, impulsada por las políticas públicas orientadas a la digitalización de la infraestructura. Sin embargo, en su aplicación aún es limitada en regiones altoandinas donde la infraestructura vial continúa siendo muy deficiente. En Apurímac representa un ejemplo de esta realidad, sus carreteras y puentes requieren soluciones rápidas que integren precisión técnica, sostenibilidad ambiental y eficiencia económica. En este marco, la construcción del Puente Huancaranni, está ubicado en el distrito de San Juan de Virundo, se configura como una oportunidad de poder demostrar los beneficios reales de implementar la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial.

Mi tesis que realice tiene el propósito de analizar cómo la adopción de la metodología BIM influye en la calidad del diseño, la eficiencia constructiva, la optimización de costos y la seguridad en la ejecución del Puente Huancaranni. La propuesta que realizo busca evidenciar que el uso de modelos digitales tridimensionales permite una planificación integral y un control más riguroso de cada fase constructiva del puente. Asimismo, pretende aportar evidencia técnica que fortalezca la implementación de la metodología BIM en obras públicas de nuestra región, promoviendo una gestión de proyectos más moderna,

transparente y sostenible que contribuya al desarrollo territorial de nuestra región y el sur andino peruano.

Finalmente, en esta tesis se estructura en capítulos que permiten abordar de manera progresiva cada componente de la investigación, tal como se detalla a continuación:

En el Capítulo I, se expone la introducción, donde se presenta el concepto general, el contexto de la problemática y la orientación global del estudio.

El Capítulo II, aborda el planteamiento del problema, la formulación de los objetivos, la justificación, así como la delimitación, viabilidad y limitaciones del trabajo.

El Capítulo III, corresponde al marco teórico, en el que se desarrollan los antecedentes, las bases científicas y el marco conceptual que sustenta la investigación.

En el Capítulo IV, se detalla la metodología, describiendo las hipótesis generales y específicas, el tipo y nivel de estudio, las variables, el diseño metodológico, la población, la muestra y los instrumentos de recolección de datos.

El Capítulo V, presenta los resultados obtenidos y su discusión, mostrando la verificación de las hipótesis y el análisis comparativo con otros estudios relevantes.

El Capítulo VI, contiene las conclusiones, que sintetizan los principales hallazgos del estudio y su relación con los objetivos planteados.

En el Capítulo VII, se formulan las recomendaciones, orientadas a la mejora de los procesos de gestión, ejecución y aplicación práctica de la investigación.

El Capítulo VIII, presenta las referencias bibliográficas, elaboradas bajo el formato APA en su última versión, garantizando el rigor académico y la trazabilidad de las fuentes consultadas.

El Capítulo IX, incluye los anexos, que reúnen los instrumentos de recolección de datos, documentos de validación, gráficos, tablas complementarias y demás evidencias que respaldan la veracidad del proceso investigativo.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción y formulación del problema

A la metodología BIM ha demostrado que es un pilar en la modernización de la industria de la construcción a nivel internacional. En los países desarrollados como el Reino Unido, BIM se ha convertido en una práctica estándar todos los proyectos públicos desde 2016, generando importantes mejoras en eficiencia, reducción de costos y minimización de errores constructivos. También los estudios internacionales destacan cómo la implementación de esta tecnología que permite una planificación más precisa, coordinación multidisciplinaria y detección temprana de conflictos en proyectos de infraestructura compleja (Just Crea, 2019). Además, organizaciones internacionales como BuildingSMART han promovido la adopción de estándares abiertos que facilitan la interoperabilidad y el intercambio de datos, permitiendo que diferentes actores trabajen en un entorno colaborativo para un buen funcionamiento del proyecto.

En el Perú se tiene que realizar, la implementación de BIM está emergiendo como una solución clave para mejorar la gestión en los proyectos públicos, enmarcada dentro de un Plan Nacional de Competitividad, Productividad y modernización. Este busca implementar la metodología BIM progresivamente para así optimizar el uso de recursos, incrementar la transparencia en la inversión pública y reducir retrasos en las obras. Sin embargo, la aplicación que aún enfrenta desafíos como la falta de personal capacitado y la ausencia de un marco normativo sólido que regule el uso en todo el país de acuerdo (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021). Y tener estas limitaciones en algunos proyectos piloto han evidenciado beneficios significativos y de esa manera incluyendo una mayor precisión en los diseños y una mejor coordinación entre las partes involucradas, marcando un camino hacia su implementación más amplia.

En nuestra región de Apurímac, la infraestructura vial presenta algunos problemas críticos, afectando directamente la conectividad y el desarrollo socioeconómico de las diferentes comunidades rurales. En este contexto, la renovación del Puente Huancaranni es de vital importancia, ya que este puente conectara áreas productivas con mercados locales. La implementación de BIM en el diseño y construcción permitiría abordar los retos técnicos y logísticos con mayor precisión en la ejecución del proyecto. Esta metodología facilitará la detección de interferencias, mejorará la planificación y garantizará el uso eficiente de los recursos. Además, el uso de modelos 3D, los diseños a todas las partes involucradas, asegurando que se cumplan los plazos y estándares de calidad establecidos (Universidad Nacional de Cajamarca, 2024). Se tiene esta situación, surge la pregunta: ¿Cómo influirá la implementación de la metodología BIM en el diseño y construcción del Puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025?

Formulación del problema de investigación.

Problema general

¿Cómo influirá la implementación de la metodología BIM en el diseño y construcción del Puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025?

Problemas específicos

¿Cómo influirá la implementación de la metodología BIM 3D en la calidad del diseño del Puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025?

¿De qué manera afectará la implementación de la metodología BIM 4D la eficiencia en la construcción del Puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025?

¿Cuál será la influencia de la metodología BIM 5D en la optimización de los costos del proyecto de construcción del Puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025?

2.1.1 Objetivo general.

Evaluar la influencia de la implementación de la metodología BIM en el diseño y construcción del puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025

2.1.2 Objetivos específicos.

Analizar la influencia de la implementación de la metodología BIM en la Calidad del diseño del puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025.

Analizar la influencia de la implementación de la metodología BIM en la Eficiencia en la construcción del puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025.

Analizar la influencia de la implementación de la metodología BIM en los Costos del proyecto en la construcción del puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025.

Justificación

La implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño y construcción del Puente en el tramo San Juan de Virundo, Apurímac, 2025, se presenta como una solución innovadora para optimizar los procesos en proyectos de infraestructura en regiones rurales del Perú. Desde una perspectiva metodológica, BIM facilita la coordinación y gestión integrada de datos, permitiendo una detección temprana de problemas y una mejor planificación de las etapas constructivas (Ballesteros, 2017). Esto

resulta especialmente muy importante en proyectos que enfrentan desafíos técnicos relacionados con la topografía compleja y las limitaciones de accesibilidad al proyecto.

En el ámbito práctico del BIM contribuye a la mejora de la eficiencia en la construcción al optimizar el uso de recursos, también reducir los tiempos de ejecución y minimizar los retrabajos. El caso del Puente San Juan de Virundo, la aplicación de BIM permitirá un control más preciso de los cronogramas y presupuestos, reduciendo todos los riesgos de desviaciones y asegurando una ejecución más efectiva (Barlish y Sullivan, 2012). Este enfoque proporciona a los responsables del proyecto una visión integral que mejora la toma de decisiones en tiempo real.

Se tiene que desde un enfoque social, la construcción del puente utilizando BIM impactará directamente en la calidad de vida de las comunidades locales aledañas al mejorar la conectividad y facilitar el acceso a servicios básicos. Además, este proyecto impulsará el desarrollo económico de las comunidades de toda la región al fortalecer las cadenas de producción y comercio. La implementación de BIM puede servir como modelo para así modernizar futuros proyectos de infraestructura en el Perú, reduciendo las brechas existentes entre áreas urbanas y rurales (Suermann y Raja, 2009).

Se tiene en el ámbito teórico, este estudio busca contribuir al conocimiento sobre el impacto de BIM en proyectos de infraestructura rural, un tema aún poco explorado en el contexto peruano. Mediante un análisis comparativo y cuantitativo, se evaluará toda la influencia de BIM en aspectos clave como la calidad del diseño, la eficiencia constructiva, la optimización de costos y la seguridad en obra.

2.2 Hipótesis

Hipótesis general

La implementación de la metodología BIM tiene una influencia muy significativa en el diseño y construcción del puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025.

Hipótesis específicas

La implementación de la metodología BIM tiene una influencia significativa en la calidad del diseño del puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025.

La implementación de la metodología BIM tiene una influencia significativa en la eficiencia de la construcción del puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025.

La implementación de la metodología BIM tiene una influencia significativa en los costos del proyecto del puente Huancaranni en el Distrito de San Juan de Virundo, Provincia Grau, Apurímac, en el año 2025.

2.3 Variables

Variable Independiente

Implementación de la metodología BIM: se refiere al uso integral de tecnologías digitales para la creación, gestión y análisis de modelos tridimensionales y bases de datos asociados en proyectos de ingeniería y construcción. Según Botero (2021), BIM no solo optimiza el diseño y la planificación, sino que también facilita la coordinación interdisciplinaria, reduce errores y mejora la toma de decisiones durante el ciclo de vida de un proyecto, desde su concepción hasta su mantenimiento y operación.

Variable dependiente

Diseño y construcción del puente: El diseño y construcción de un puente implican un proceso técnico que abarca desde la concepción estructural hasta su ejecución, cumpliendo con normas y especificaciones. Según Chen et al. (2018), incluye análisis geotécnico, selección de materiales y métodos constructivos para garantizar seguridad, eficiencia y durabilidad.

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente Implementación de la metodología BIM	Uso de herramientas digitales para el modelado, gestión y análisis de proyectos de ingeniería (Botero, 2021).	Grado de aplicación de software y procesos BIM en el diseño y construcción del puente.	3D, 4D y 5D.	Nº de modelos generados en BIM.	Software BIM (Revit, Navisworks).	Razón Adimensional.
Variable Dependiente Diseño y construcción del puente	Proceso técnico y constructivo para desarrollar el puente en base a normas y especificaciones, Chen et al. (2018)	Evaluación de las fases de diseño y construcción bajo la influencia de BIM.	Diseño estructural del puente.	Resistencia del material (compresión, tracción, flexión). Coherencia con condiciones geotécnicas y topográficas.	Nivel de cumplimiento de los estándares técnicos según el modelo BIM.	Nominal.
			Eficiencia en la construcción.	Porcentaje de reducción en el tiempo de ejecución respecto a métodos tradicionales.	Cronogramas y reportes de obra.	Razón.
			Costos del Proyecto.	Porcentaje de desviación entre costos estimados y reales.	Informes de optimización.	Razón.

Nota. Elaboración Propia

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Mohamed et al. (2024), llevaron a cabo un **estudio de caso** sobre la integración de la metodología BIM y los principios Lean en la construcción de un puente atirantado. El objetivo de la investigación fue analizar cómo esta combinación podía mejorar la eficiencia en el proceso constructivo. Para ello, se aplicaron herramientas BIM y enfoques Lean a lo largo de las distintas etapas del proyecto, enfocándose en la detección y eliminación de actividades que no generaban valor. Los resultados evidenciaron que la integración de ambas metodologías permitió optimizar los flujos de trabajo, reducir tiempos de espera y minimizar el desperdicio de materiales. Además, se observó una mejora significativa en la productividad general del proyecto y una reducción de costos operativos. La investigación concluyó que la sinergia entre BIM y Lean es una estrategia efectiva para incrementar la eficiencia y la sostenibilidad en proyectos de infraestructura complejos, como los puentes atirantados.

Forcael et al. (2023), llevaron a cabo un **estudio de caso** centrado en identificar las barreras que dificultan la implementación de la metodología BIM en proyectos de construcción de puentes. La investigación se desarrolló en un proyecto vial en el sur de Chile que incluía la construcción de múltiples puentes. Para ello, se realizó un análisis bibliográfico y se utilizó una herramienta de evaluación diseñada para identificar obstáculos en la adopción de BIM. Los resultados evidenciaron que las principales barreras eran los problemas de interoperabilidad entre diferentes softwares BIM, lo que generaba dificultades en la integración de datos, y las diferencias significativas entre el uso de BIM en edificaciones y su aplicación en proyectos de infraestructura vial. La investigación concluyó que estas barreras limitan la eficiencia en el uso de BIM en el sector de los puentes y destacaron la necesidad de desarrollar estándares específicos y herramientas interoperables para optimizar su implementación en este tipo de proyectos.

Gómez y López (2022), llevó a cabo un trabajo de grado enfocado en la implementación de la metodología BIM hasta la dimensión 5D para el diseño de un puente vehicular en Bucaramanga, Colombia. El objetivo de la investigación fue evaluar cómo la integración de BIM 5D puede optimizar el proceso de planificación en proyectos de infraestructura. La muestra consistió en los planos y datos del diseño del puente, utilizando como instrumento principal el software ArchiCAD 25 para modelado 5D. Este enfoque nos permite vincular el diseño tridimensional con el presupuesto y el cronograma del proyecto, logrando así una representación más completa y precisa. Y los resultados evidenciaron que la metodología BIM 5D mejoró significativamente la eficiencia de tiempo en la gestión del proyecto, reduciendo discrepancias en las diferentes fases de diseño y ejecución, y optimizando el control de costos y tiempos. Y la investigación concluyó que BIM 5D representa una herramienta clave para la planificación integrada de proyectos complejos.

Acero (2022), desarrolló una **revisión documental** para analizar la implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura en Colombia, con un enfoque particular en su aplicación en puentes. La investigación se basó en el análisis de documentos y proyectos nacionales relacionados con el uso de BIM en distintas áreas de la construcción. Los resultados indicaron que BIM ha sido ampliamente adoptado en edificaciones verticales, mientras que su implementación en infraestructuras como puentes sigue siendo escasa. Esta falta de integración en proyectos de transporte y obras viales subraya la necesidad de fortalecer su aplicación en el diseño y construcción de estas estructuras. La investigación concluyó que el potencial de BIM en infraestructuras horizontales, como los puentes, puede contribuir significativamente a optimizar procesos constructivos y reducir costos y tiempos, pero hasta el momento, su uso en este sector sigue siendo limitado, representando una oportunidad clave para el desarrollo de nuevas estrategias en la gestión de proyectos en Colombia.

Naranjo (2021), desarrolló un ensayo académico con el objetivo de identificar los beneficios de implementar la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción en Colombia. La investigación se basó en una comparación entre metodologías tradicionales basadas en CAD y la implementación de BIM en proyectos locales. El análisis mostró que BIM proporciona ventajas significativas, como la mejora en la eficiencia del proceso constructivo, la reducción de errores en el diseño y una optimización considerable en la gestión de recursos. Además, se destacó que BIM permite una mayor coordinación entre las distintas disciplinas involucradas, lo que reduce los conflictos en obra y facilita la toma de decisiones informadas. La investigación concluyó que la adopción de BIM en el sector de la construcción en Colombia representa un avance necesario para aumentar la competitividad y la sostenibilidad de los proyectos, estableciendo un marco más eficiente en comparación con las prácticas tradicionales.

Chavez (2024), desarrolló una tesis de licenciatura enfocada en analizar la implementación del modelo BIM en la planificación del nuevo puente vehicular sobre el río Huallaga, en la región de San Martín, Perú. El objetivo fue evaluar cómo la metodología BIM podría optimizar los procesos de planificación, diseño y ejecución del proyecto. La investigación se basó en el análisis del proyecto del puente vehicular, utilizando como instrumentos principales los softwares Revit, Navisworks y Delphin Express para realizar simulaciones y análisis comparativos. Los resultados mostraron que la implementación de BIM permitió detectar de manera temprana interferencias y errores constructivos, lo que contribuyó significativamente a reducir los metrados, costos y tiempos de ejecución en comparación con los métodos tradicionales. La investigación concluyó que BIM es una herramienta clave para mejorar la precisión en la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura vial en contextos complejos, proporcionando beneficios tangibles en términos de eficiencia y calidad.

Navarro (2023), llevó a cabo una tesis de licenciatura con el objetivo de implementar la metodología BIM en un proyecto de mejoramiento vial en el Perú, con el fin de optimizar el cronograma de construcción. La población estudiada consistió en el proyecto de mejoramiento vial, utilizando como instrumentos los softwares Civil 3D e Infracore para modelar y simular el proceso constructivo. Los resultados mostraron que BIM facilitó una mejor interacción entre los miembros del equipo, mejorando los flujos de trabajo y permitiendo una identificación más rápida de problemas en el diseño. Esto resultó en una reducción de 15 días en el cronograma de construcción en comparación con los métodos tradicionales. La investigación concluyó que la metodología BIM no solo optimiza la planificación, sino que también aumenta la productividad en la etapa de ejecución, destacando su potencial para mejorar significativamente la gestión de proyectos de infraestructura en el país.

Nina y Poma (2023), desarrollaron un estudio enfocado en la **implementación de la metodología BIM** para el diseño y construcción de un puente grúa birriel de 15 toneladas, destinado a una planta industrial en el Perú. El objetivo de la investigación fue optimizar el proceso constructivo mediante el uso de herramientas BIM que permitieran mejorar la coordinación entre las disciplinas involucradas. Para ello, se utilizaron softwares especializados como Revit y Navisworks, los cuales facilitaron la elaboración de modelos tridimensionales y la simulación de cargas estructurales. Los resultados mostraron que la aplicación de BIM redujo errores en el diseño, mejoró la precisión en los metrados y optimizó los tiempos de construcción. Además, la metodología permitió prever interferencias y conflictos, lo que contribuyó a una planificación más eficiente. El estudio concluyó que BIM es una herramienta efectiva para proyectos industriales, al mejorar la calidad y productividad en las distintas fases del diseño y construcción.

Marín et al. (2021), realizaron un artículo de revisión con el propósito de analizar la implementación de la metodología BIM en el Perú. El estudio revisó documentación y casos de estudio sobre proyectos en el ámbito nacional e internacional, enfocándose en los beneficios y desafíos de BIM en la gestión de proyectos de construcción. Utilizaron un análisis cualitativo documental con enfoque de evaluación para identificar cómo BIM se está integrando en los procesos de contratación y licitación. Los resultados indicaron que la adopción de BIM en el Perú está en una fase inicial, pero ha mostrado avances significativos en la modelación arquitectónica y la detección de incongruencias en proyectos. Concluyeron que, aunque todavía hay barreras relacionadas con la capacitación y la inversión tecnológica, BIM tiene el potencial de transformar la gestión de proyectos de construcción en el país, mejorando la eficiencia, la calidad y la colaboración entre las partes involucradas.

Geronimo y Mauricio (2023), realizaron un estudio sobre la **aplicación de la metodología BIM** en la planificación constructiva de un puente de hormigón armado en la región La Libertad, Perú. El objetivo principal fue evaluar cómo el uso de BIM podía optimizar el cronograma y mejorar la gestión de recursos en las distintas etapas del proyecto. Se emplearon softwares como Revit y Navisworks para desarrollar modelos tridimensionales y realizar simulaciones constructivas. Los resultados evidenciaron que la implementación de BIM permitió detectar interferencias y conflictos en el diseño, lo que contribuyó a evitar retrasos en la ejecución. Además, se logró una reducción significativa en los tiempos de construcción y una mejora en la precisión de los metrados, optimizando los costos del proyecto. La investigación concluyó que BIM es una herramienta esencial para mejorar la eficiencia y calidad en proyectos de infraestructura, especialmente en regiones con condiciones geográficas y técnicas complejas.

Merino (2021), realizó un estudio enfocado en la **evaluación técnica y económica del puente Santa Rosa**, ubicado en la provincia de Andahuaylas, utilizando la metodología BIM 5D. La investigación tuvo como objetivo principal analizar cómo la implementación de BIM 5D podía optimizar tanto los costos como el tiempo de ejecución del proyecto. Para ello, se emplearon herramientas de modelado 5D que integraron el diseño tridimensional con el presupuesto y el cronograma. Los resultados demostraron que la metodología permitió una reducción significativa en los costos imprevistos, al tiempo que mejoró la precisión en los metrados y el control financiero del proyecto. Asimismo, se identificaron conflictos en las etapas iniciales del diseño que fueron resueltos antes de la ejecución, lo que contribuyó a evitar retrasos y a mejorar la eficiencia general del proceso constructivo. Este estudio concluyó que BIM 5D es una herramienta clave para gestionar proyectos de infraestructura de manera más eficiente y sostenible.

3.2 Bases teóricas

(Ingeniería de valor, 2020), La implementación de BIM (Building Information Modeling) se refiere al proceso de integrar tecnologías de modelado digital en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto de construcción. Esto incluye el diseño, la planificación, la ejecución y el mantenimiento, permitiendo una colaboración eficiente entre las disciplinas y optimizando el uso de recursos. Según Azhar, BIM mejora la precisión y la calidad del diseño al proporcionar una representación tridimensional que facilita la detección de interferencias y conflictos antes de la construcción.

Buitrago et al. (2023), definió la implementación de la metodología BIM como la integración de herramientas digitales avanzadas en los procesos de construcción, con el objetivo de mejorar la productividad en proyectos de edificación. Según su estudio, BIM facilita la coordinación entre las diferentes especialidades involucradas, permitiendo una visualización en tiempo real del proyecto y optimizando la gestión de información a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida del edificio.

Godinez (2010), el diseño y construcción de puentes se refiere al proceso técnico y estructural que garantiza la estabilidad y funcionalidad de estas infraestructuras como el puente. Según Malla, este proceso requiere un enfoque interdisciplinario que combina principios en la ingeniería estructural, geotecnia y materiales, con un análisis detallado del entorno para cumplir con los requisitos de carga, seguridad y durabilidad.

Seminario (2004), conceptualizó el diseño y construcción de puentes como un proceso técnico integral que busca asegurar la estabilidad, funcionalidad y durabilidad de la estructura del puente, considerando tanto las condiciones del entorno como las necesidades específicas del proyecto. El diseño del puente debe incluir el análisis detallado de las cargas dinámicas y estáticas que actuarán sobre la estructura, además de la elección de materiales y técnicas constructivas que garanticen su resistencia y seguridad en el proyecto. Asimismo, el autor destacó que un diseño eficiente debe basarse en principios de economía y sostenibilidad, sin comprometer la calidad o la seguridad, y priorizar la integración de criterios normativos que aseguren el cumplimiento de estándares internacionales. Este enfoque técnico busca no solo satisfacer las necesidades inmediatas del proyecto, sino también garantizar su funcionalidad y sostenibilidad a lo largo de su vida útil.

3.3 Definición de términos

Modelado 3D Paramétrico

Pelayo (2020), define el modelado 3D paramétrico en BIM como la creación de representaciones digitales de edificios que incorporan datos geométricos y atributos específicos, permitiendo una manipulación eficiente y precisa del diseño.

Interoperabilidad de Datos

Pelayo (2020), destaca la importancia de la interoperabilidad en BIM, refiriéndose a la capacidad de diferentes sistemas y software para intercambiar y utilizar información de manera coherente en todas las etapas del proyecto.

Gestión del Ciclo de Vida del Proyecto

(Ingeniería de valor, 2020), enfatiza que BIM abarca desde la concepción hasta la demolición de una estructura, facilitando la gestión integral de información durante todo su ciclo de vida.

Detección de Interferencias (Clash Detection)

Pelayo (2020), señala que BIM permite identificar conflictos entre diferentes sistemas constructivos en la fase de diseño, reduciendo errores y retrabajos durante la construcción.

Simulación 4D y 5D

Pelayo (2020), explica que BIM 4D integra la dimensión temporal al modelo 3D, mientras que BIM 5D añade la estimación de costos, mejorando la planificación y control del proyecto.

Automatización de Metrados y Presupuestos

Pelayo (2020), indica que BIM facilita la generación automática de cuantificaciones y estimaciones de costos, mejorando la precisión y eficiencia en la planificación económica del proyecto.

• Conceptos relacionados con Diseño y Construcción de Puentes (V2)

Análisis de Cargas y Esfuerzos

Such et al. (2015), el análisis de cargas en puentes implica evaluar las fuerzas que actúan sobre la estructura, incluyendo cargas muertas, vivas, ambientales y accidentales, para garantizar su estabilidad y seguridad.

Selección de Materiales Estructurales

Herrera (2024), la elección de materiales adecuados, como acero o concreto reforzado, es crucial para cumplir con los requisitos de resistencia, durabilidad y adaptabilidad a las condiciones ambientales específicas del sitio.

Diseño Geotécnico de Cimentaciones

Canuto de la Rosa (2013), un diseño geotécnico adecuado considera las propiedades del suelo y las cargas transmitidas por la superestructura para asegurar la estabilidad del puente.

Métodos Constructivos

Construcción en Voladizo (Herrera, 2024). El método de construcción en voladizo se utiliza en puentes de grandes luces, donde las secciones del puente se construyen progresivamente desde los pilares hacia el centro del vano.

IV. METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación

La presente tesis corresponde a una investigación de tipo básico, ya que su propósito principal es ampliar el conocimiento teórico y técnico sobre la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el ámbito de la ingeniería civil, específicamente en el diseño y construcción del Puente Huancaranni, ubicado en el tramo San Juan de Virundo – Apurímac. Este enfoque permite generar nuevos aportes conceptuales y metodológicos sobre el uso del BIM como herramienta integral para mejorar la coordinación interdisciplinaria, la planificación constructiva y la gestión de la información durante el ciclo de vida del proyecto. Asimismo, la investigación se desarrolla en un nivel descriptivo y explicativo, ya que busca detallar las características de la implementación del BIM y analizar su influencia en los procesos constructivos y de diseño estructural. De esta forma, el estudio contribuye a fortalecer la comprensión del BIM como una metodología innovadora que optimiza la eficiencia, reduce errores y promueve la sostenibilidad en proyectos de infraestructura vial en contextos regionales del sur del Perú (Reyes, 2022).

Nivel de investigación

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, ya que los datos recolectados pueden ser medidos y procesados para realizar la correspondiente prueba de hipótesis. Se trata de un estudio transversal, dado que los datos se recolectarán en un momento específico, y es causal, ya que busca cuantificar el impacto de una variable sobre otra de acuerdo a (Reyes, 2022).

Diseño de investigación

En cuanto al diseño, este será de naturaleza no experimental. Según Arias (2021), las investigaciones no experimentales se caracterizan por estudiar los fenómenos en su contexto natural, sin manipular deliberadamente las variables. Asimismo, una investigación de tipo transversal consiste en recolectar datos en un único momento del tiempo, permitiendo

analizar la realidad tal como se presenta en un instante específico. Por ello, esta investigación se clasifica como no experimental y de corte transversal, ya que no se alteran los datos ni se interviene en las variables estudiadas.

4.2 Ámbito temporal y espacial

4.3 Población y muestra

Población

La población del estudio estuvo conformada por el diseño de un puente. Según Mucha (2021), se entiende por población al conjunto de individuos o elementos que comparten características específicas y que son objeto de análisis en una investigación. Este grupo debe ser seleccionado cuidadosamente para garantizar que los resultados obtenidos sean representativos y válidos para el contexto en estudio.

Muestra

Para Robles (2019), la muestra es el conjunto de sujetos u objetos seleccionados de la población general para representar sus características y ser objeto de estudio. En este caso, la muestra fue determinada siguiendo criterios específicos del investigador y está conformada por 108 trabajadores de la empresa privada, la muestra indica un puente.

Criterios de inclusión: Se incluyeron en el estudio todos los participantes directamente vinculados al diseño, planificación y ejecución del proyecto “Puente Huancaranni”, específicamente ingenieros civiles, supervisores, residentes de obra y técnicos especializados con experiencia en el uso o conocimiento básico de la metodología BIM. Asimismo, se consideraron los documentos técnicos, planos, modelos tridimensionales y reportes de control de avance elaborados bajo entornos colaborativos digitales. La elección de estos criterios responde a la necesidad de garantizar la validez técnica de la información y la representatividad del proceso constructivo dentro del contexto del proyecto.

Criterios de exclusión: Se excluyeron del estudio los trabajadores que no participaron directamente en las etapas de diseño ni construcción del puente, así como aquellos que no

poseían conocimientos mínimos sobre herramientas digitales o metodología BIM. También se descartaron documentos incompletos o registros sin validación técnica, con el fin de evitar sesgos en el análisis y asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos a partir de fuentes verificadas y consistentes.

4.4 Instrumentos

Técnica

Para la recolección de datos en la tesis sobre la implementación de la metodología BIM en el diseño y construcción de un puente, se utilizaron encuestas, entrevistas semiestructuradas y observación directa para obtener información sobre conocimientos, desafíos y beneficios de BIM.

Instrumento

Además, se revisaron documentos técnicos y se empleó software especializado como Revit, Navisworks y Delphin. Para el modelado del puente, Revit se utilizó en la generación del modelo tridimensional de los componentes estructurales, permitiendo representar con precisión la geometría, los materiales y las relaciones constructivas del proyecto.

Por su parte, Navisworks se empleó para la integración y revisión del modelo, realizando la detección de interferencias y simulaciones 4D que permitieron prever conflictos y evaluar la secuencia constructiva.

Finalmente, Delphin se utilizó para el análisis higrotérmico y el comportamiento físico de los materiales frente a condiciones ambientales, aportando información clave para validar la durabilidad y desempeño de la estructura.

Validación y confiabilidad de los instrumentos

Según Corral (2022), la validez se relaciona con el grado de respaldo, fundamentado en evidencia y teoría, que sustenta las interpretaciones realizadas a partir de las evaluaciones o datos obtenidos por un instrumento.

De acuerdo con Paez (2022), la confiabilidad se refiere a la capacidad de un sistema, prueba o procedimiento para generar resultados consistentes y reproducibles. En términos prácticos, garantiza que los datos obtenidos sean estables y confiables a lo largo del tiempo y en condiciones comparables. La confiabilidad es un elemento esencial para asegurar la validez de los datos y fundamentar decisiones informadas en contextos de investigación, evaluación y otros ámbitos que requieran mediciones y análisis.

4.5 Procedimientos

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en cuatro fases secuenciales. En la primera, se realizó la revisión documental y técnica del proyecto, recopilando planos, especificaciones y modelos digitales elaborados bajo la metodología Building Information Modeling (BIM). En la segunda fase, se efectuó el trabajo de campo, que incluyó la observación directa del proceso constructivo y la interacción con los profesionales responsables de la obra, siguiendo el enfoque de observación estructurada descrito por (Paez, 2022). Posteriormente, se procedió al análisis de la información, organizando los datos obtenidos mediante matrices de consistencia y herramientas de modelado 3D, la integración digital en la construcción. Finalmente, se contrastaron los resultados con la hipótesis general y se validaron las conclusiones, garantizando la confiabilidad del estudio mediante triangulación metodológica y revisión técnica por expertos.

4.6 Análisis de datos

El análisis de los datos recolectados se realizó bajo un enfoque cuantitativo, aplicando procedimientos estadísticos descriptivos que permitieron organizar, interpretar y comparar la información obtenida. Según Paez (2022), este tipo de análisis facilita la identificación de tendencias y relaciones entre las variables, garantizando la objetividad y la coherencia en la interpretación de los resultados. Los datos fueron procesados mediante hojas de cálculo y herramientas de modelado BIM, lo que permitió evaluar la eficiencia, coordinación y precisión en el diseño del Puente Huancaranni. Asimismo, se empleó la

triangulación metodológica, combinando la información proveniente del trabajo de campo, las entrevistas y la documentación técnica para asegurar la validez interna del estudio. Finalmente, los resultados fueron contrastados con las hipótesis formuladas, determinando el nivel de influencia de la implementación del BIM en la optimización del diseño estructural y en la gestión constructiva del proyecto, consolidando así un análisis integral basado en evidencia empírica y sustento teórico sólido.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2

Comparativa de costos tradicionales vs. BIM por partida

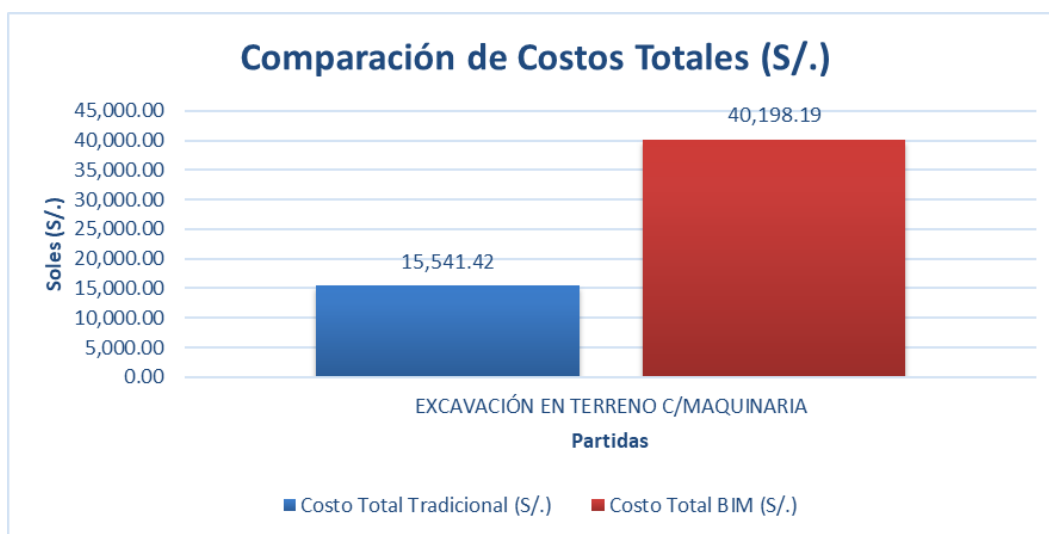
Ítem	Partida o Elemento	Cantidad	Cantidad	Costo Total	Costo	Tiempo	Tiempo
		Tradicional	BIM	Tradicional (S/.)	Total BIM (S/.)	Tradicional (días)	BIM (días)
1.4.1.1.1	EXCAVACIÓN EN TERRENO C/MAQUINARIA	529.34	1,387.58	15,541.42	40,198.19	5	4

Nota. Análisis de costos y rendimiento: excavación tradicional vs. metodología BIM.

La tabla 2. Muestra la comparación de costos muestra que la aplicación del BIM en la partida de excavación en terreno con maquinaria generó una mayor precisión en el cálculo de cantidades y una reducción del tiempo de ejecución de cinco a cuatro días. Aunque el costo total con BIM (S/ 40,198.19) fue superior al método tradicional (S/ 15,541.42), el incremento refleja una mejor planificación y control, optimizando los recursos y disminuyendo los riesgos de retrabajo durante la fase constructiva. La metodología BIM permite optimizar el tiempo de ejecución en la partida de excavación en terreno con maquinaria, reduciéndolo de cinco a cuatro días en comparación con el método tradicional

Figura 1

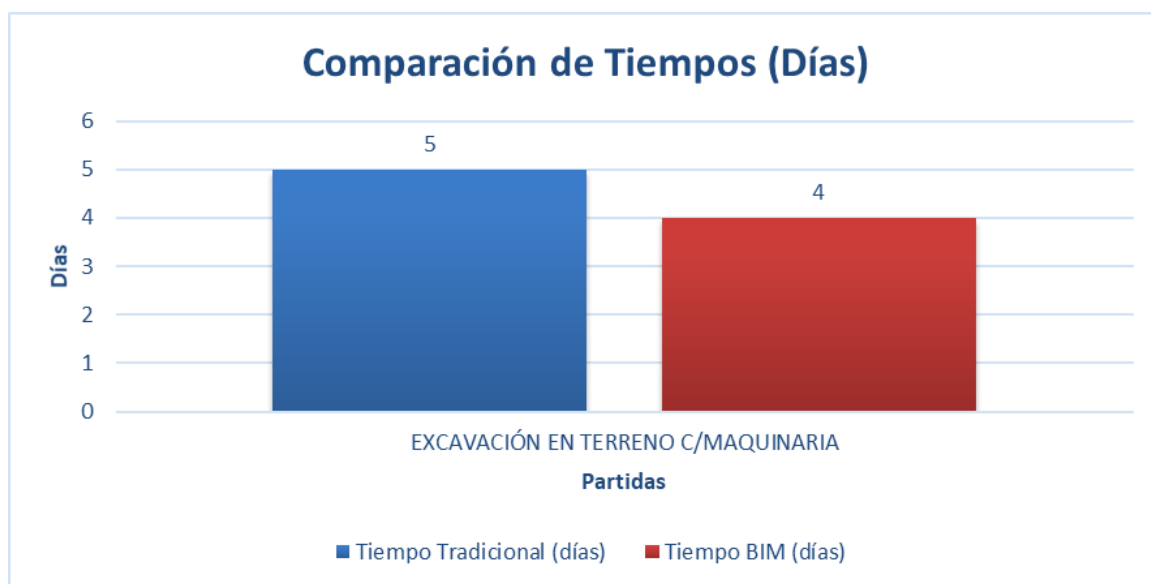
Comparación de Costos: Método Tradicional vs. BIM



Nota. El método BIM reduce significativamente el costo en la partida de excavación.

Figura 2:

Comparación de tiempos de ejecución: tradicional vs. BIM



Nota. La metodología BIM reduce a la mitad el tiempo de ejecución.

Tabla 3 *Comparativa de métodos: cantidad, costo y tiempo*

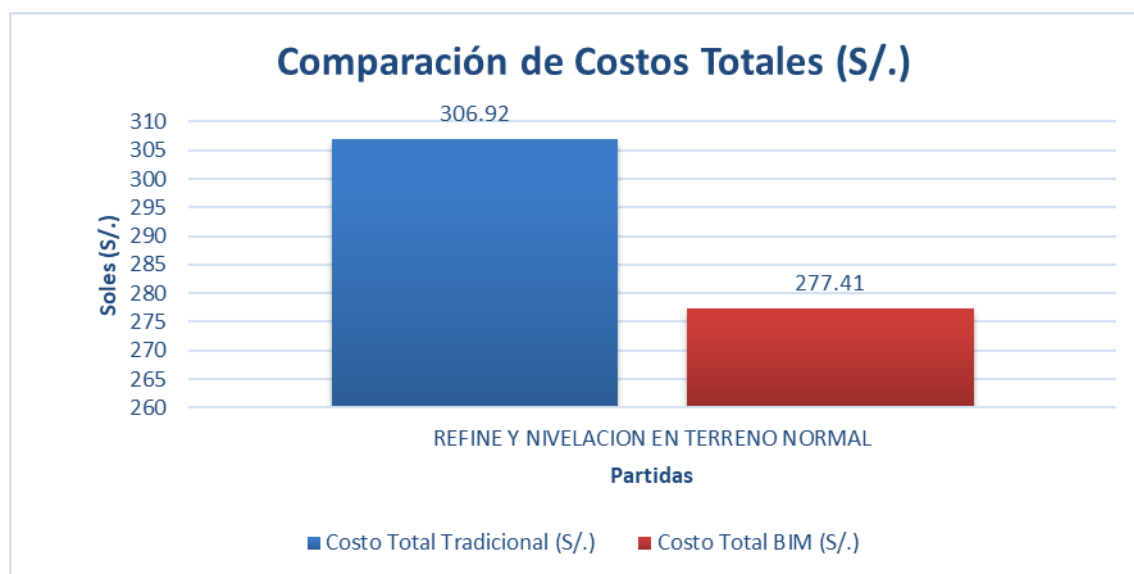
Ítem	Partida o Elemento	Cantidad Tradicional	Cantidad BIM	Costo Total Tradicional (S/.)	Costo Total BIM (S/.)	Tiempo Tradicional (días)	Tiempo BIM (días)
1.4.1.1.2	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	73.78	73.78	306.92	277.41	2	2

Nota. El método BIM optimiza recursos reduciendo tiempo y costo significativamente.

La tabla muestra que en la partida refine y nivelación en terreno normal, tanto el método tradicional como el BIM manejaron igual cantidad de trabajo (73.78 m³). Sin embargo, el costo total BIM (S/ 277.41) fue menor que el tradicional (S/ 306.92), evidenciando una reducción significativa de gastos. El tiempo de ejecución se mantuvo constante en dos días, demostrando que el BIM no solo optimiza los recursos económicos, sino que mantiene la eficiencia operativa mediante una mejor planificación, control de procesos y precisión en la gestión de materiales y equipos.

Figura 3:

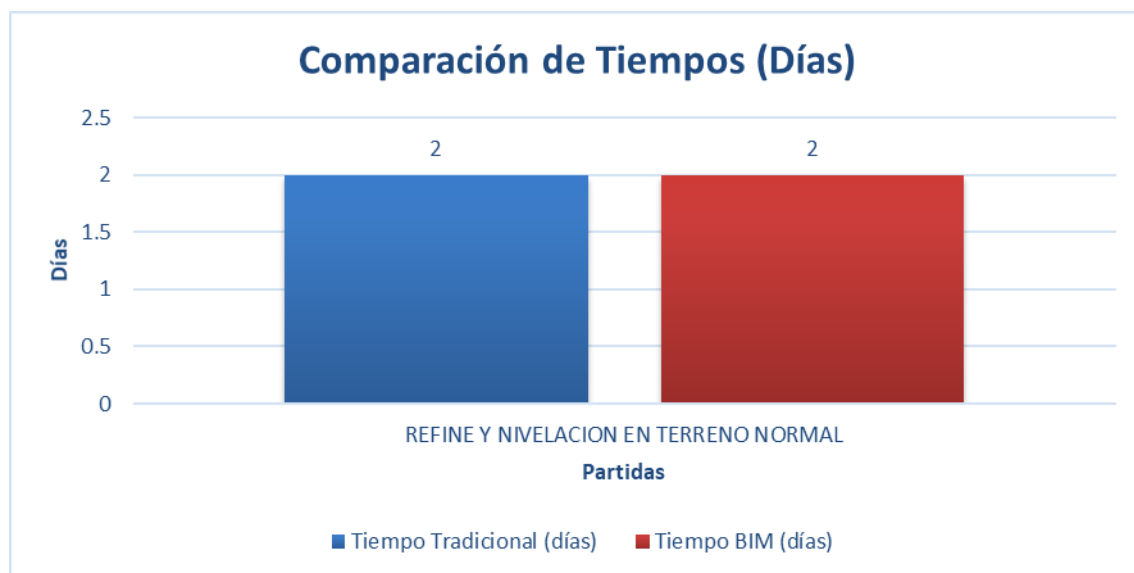
Comparación de costos: relleno y nivelación



Nota. BIM reduce costos en partidas de relleno y nivelación.

Figura 4

Comparación de tiempos: relleno y nivelación



Nota. BIM reduce el tiempo de ejecución a la mitad.

Tabla 4

Análisis Comparativo de Costos y Tiempos: Método Tradicional vs. BIM en Relleno Compactado

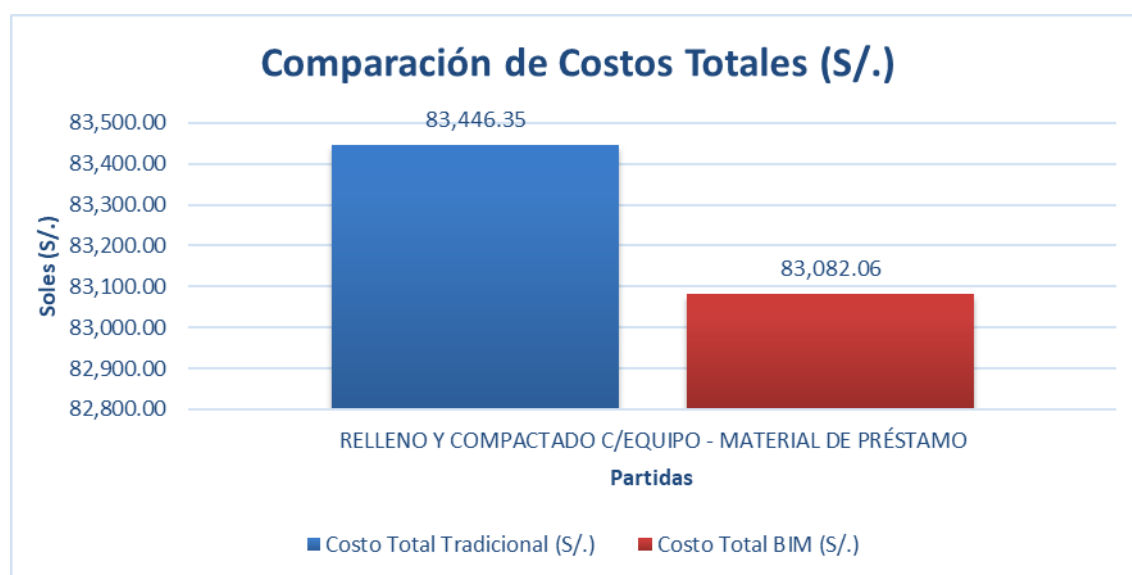
Ítem	Partida o Elemento	Cantidad Tradicional	Cantidad BIM	Costo Total Tradicional (S/.)	Costo Total BIM (S/.)	Tiempo Tradicional (días)	Tiempo BIM (días)
1.4.1.1.3	RELLENO Y COMPACTADO C/EQUIPO - MATERIAL DE PRÉSTAMO	809.53	809.53	83,446.35	83,082.06	2	2

Nota. La implementación de BIM reduce costos y optimiza el tiempo de ejecución en partidas de relleno compactado con material de préstamo.

La comparación evidencia que, en la partida relleno y compactado con material de préstamo, ambos métodos manejaron la misma cantidad de trabajo (809.53 m³); sin embargo, el costo total BIM (S/ 83,082.06) resultó ligeramente menor al del método tradicional (S/ 83,446.35). Aunque el tiempo de ejecución se mantuvo en dos días, la metodología BIM demostró una mejor gestión de recursos y control de costos, optimizando la planificación y reduciendo desperdicios. Esto confirma su efectividad para alcanzar una mayor eficiencia económica y técnica en procesos de construcción vial.

Figura 5

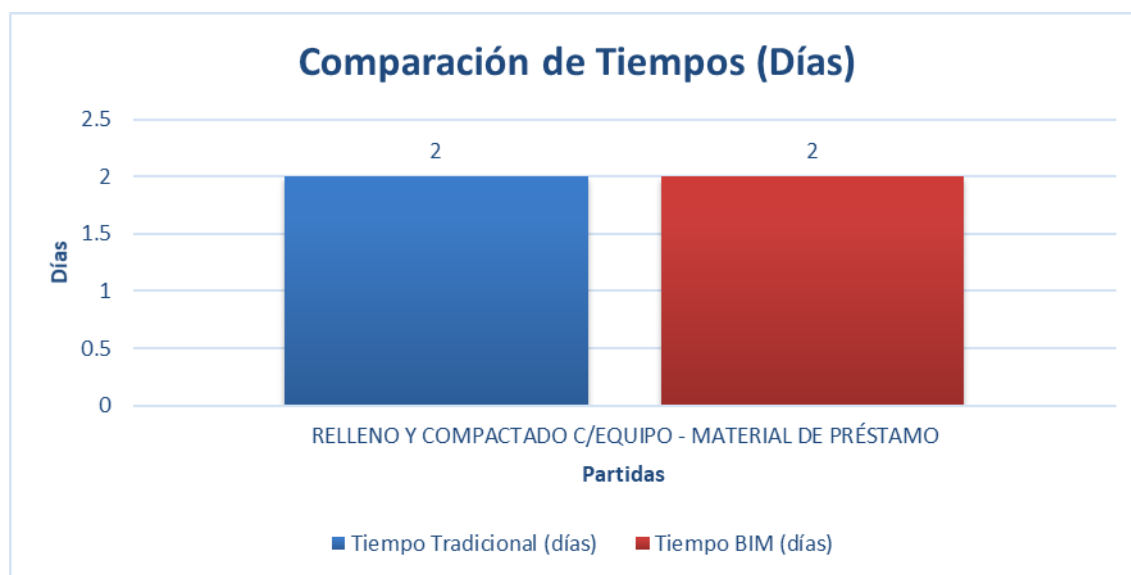
Comparativa de Costos: Relleno Compactado con Equipo - Material de Préstamo



Nota. La metodología BIM demuestra una reducción de costos en la partida de relleno compactado con material de préstamo.

Figura 6

Comparativa de Tiempos de Ejecución: Relleno Compactado con Equipo



Nota. La implementación BIM mantiene plazos eficientes en el proceso de relleno y compactación.

Tabla 5

Análisis Comparativo de Eliminación de Material Excedente con Maquinaria

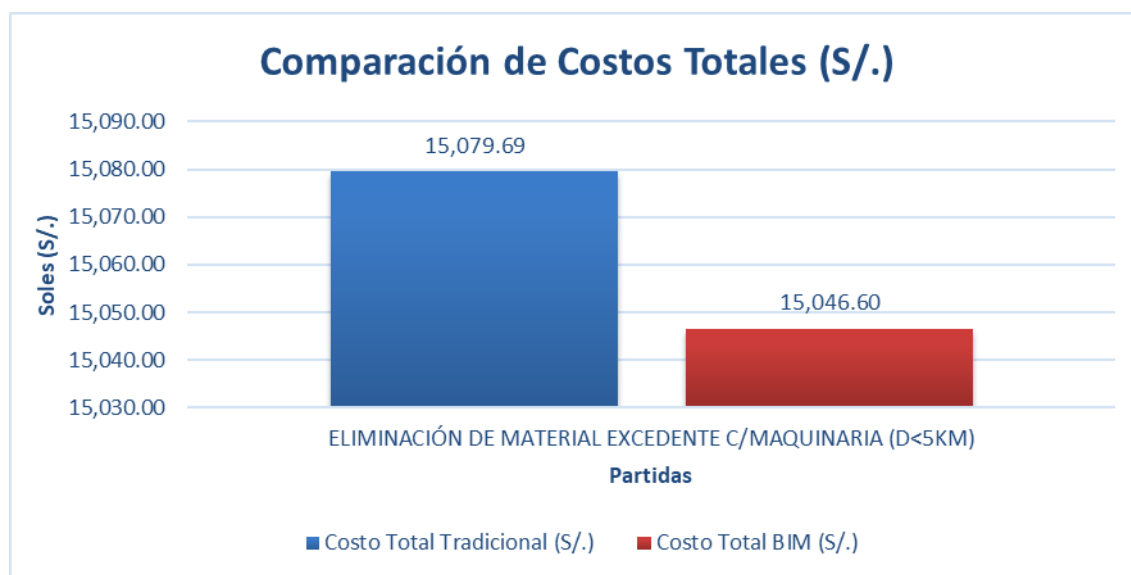
Ítem	Partida o Elemento	Cantidad Tradicional	Cantidad BIM	Costo Total Tradicional (S/.)	Costo Total BIM (S/.)	Tiempo Tradicional (días)	Tiempo BIM (días)
1.4.1.1.4	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA (D<5KM)	661.68	661.68	15,079.69	15,046.60	2	3

Nota. La metodología BIM reduce costos, pero incrementa levemente el tiempo de ejecución.

La tabla revela que, en la partida eliminación de material excedente con maquinaria, ambas metodologías manejaron la misma cantidad (661.68 m³), pero el costo BIM (S/ 15,046.60) fue ligeramente menor que el tradicional (S/ 15,079.69). Sin embargo, el tiempo de ejecución se incrementó de dos a tres días bajo el enfoque BIM. Este resultado indica que, aunque la metodología BIM mejora el control económico y reduce gastos, puede requerir más tiempo de procesamiento debido a la planificación detallada y la validación digital previa a la ejecución física.

Figura 7

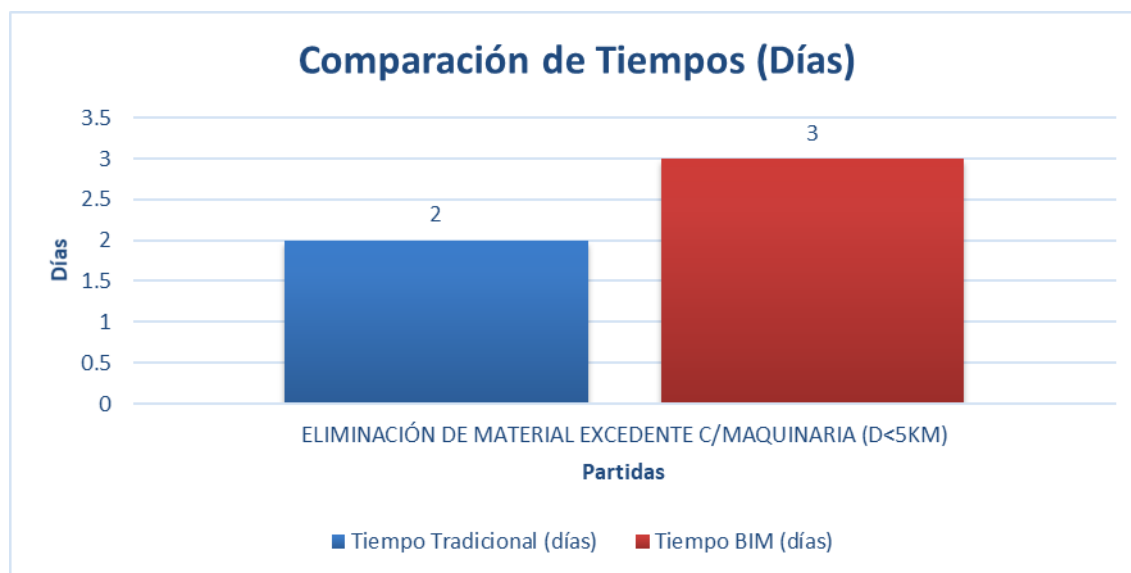
Análisis de Costos: Eliminación de Material Excedente con Maquinaria



Nota. La implementación BIM genera un ahorro marginal en el costo de eliminación de material.

Figura 8

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Eliminación de Material Excedente



Nota El método tradicional presenta una ventaja marginal en eficiencia de tiempo para esta partida.

Tabla 6

Análisis Comparativo de Tablaestacado: Costo, Cantidad y Tiempo

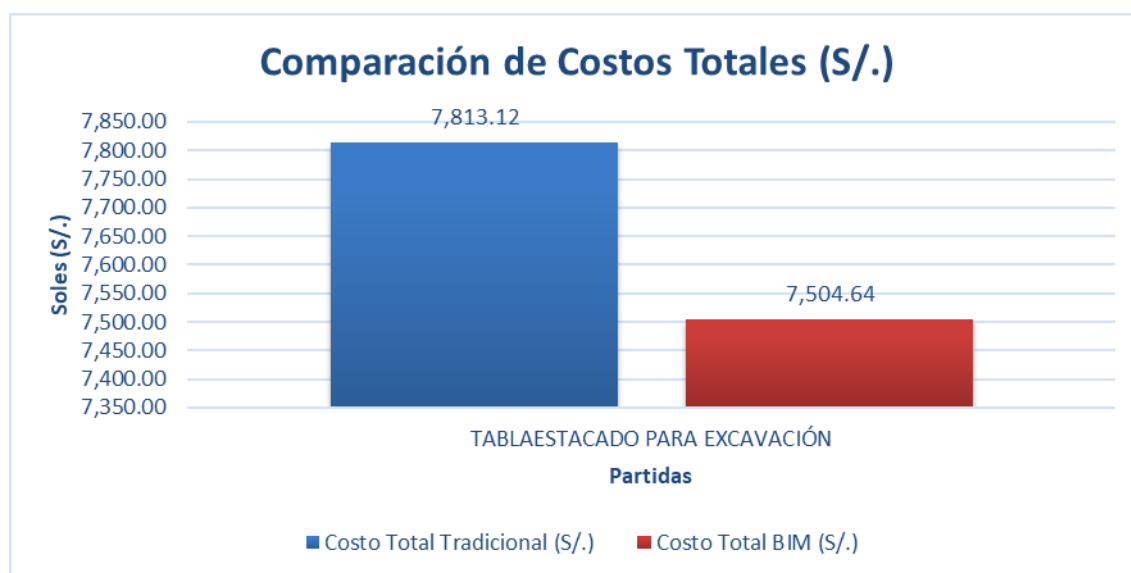
<i>Ítem</i>	<i>Partida o Elemento</i>	<i>Cantidad Tradicional</i>	<i>Cantidad BIM</i>	<i>Costo Total Tradicional (S/.)</i>	<i>Costo Total BIM (S/.)</i>	<i>Tiempo Tradicional (días)</i>	<i>Tiempo BIM (días)</i>
1.4.1.1.5	TABLAESTACADO PARA EXCAVACIÓN	128.00	128.00	7,813.12	7,504.64	5	4

Nota. La metodología BIM reduce tanto el costo como el tiempo de ejecución en tablaestacados.

La tabla muestra que, en la partida tablestacado para excavación, la metodología BIM logró reducir tanto el costo total como el tiempo de ejecución en comparación con el método tradicional. Mientras el costo tradicional fue de S/ 7,813.12, el costo BIM descendió a S/ 7,504.64, evidenciando una optimización en el uso de recursos. Asimismo, el tiempo de ejecución disminuyó de cinco a cuatro días, reflejando una planificación más precisa y una mejor coordinación entre procesos constructivos, lo que reafirma la eficiencia del BIM en actividades de soporte y contención temporal.

Figura 9

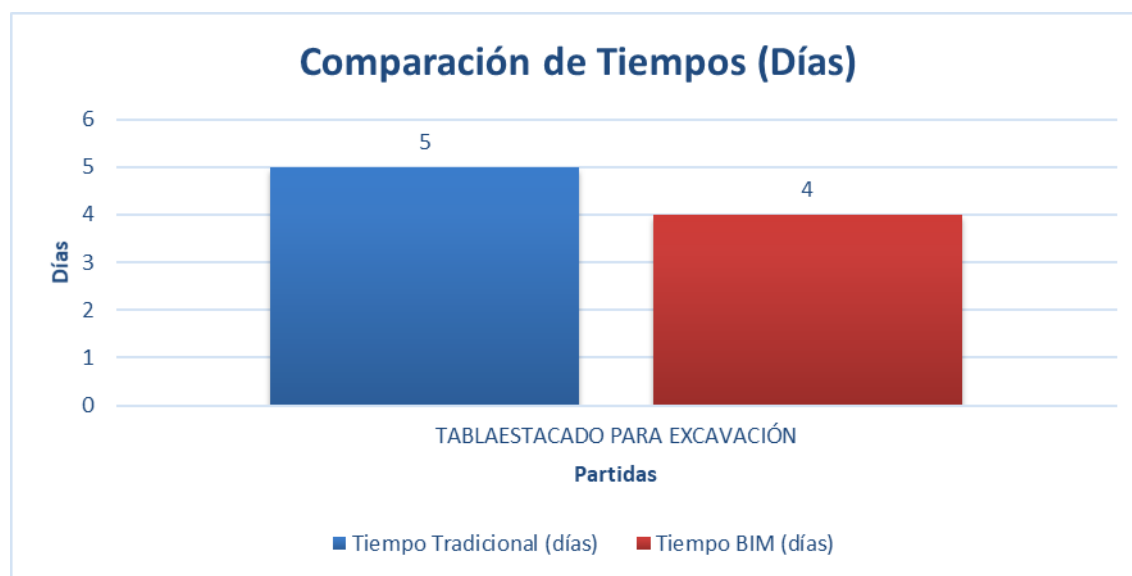
Análisis de Costos: Tablaestacado Tradicional vs. BIM



Nota. La implementación BIM genera un ahorro significativo en el costo de tablaestacado.

Figura 10

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Tablaestacado para Excavación



Nota. La metodología BIM reduce significativamente el tiempo de ejecución del tablaestacado.

Tabla 7

Análisis Comparativo de Concreto Estructural y Solado: Tradicional vs. BIM

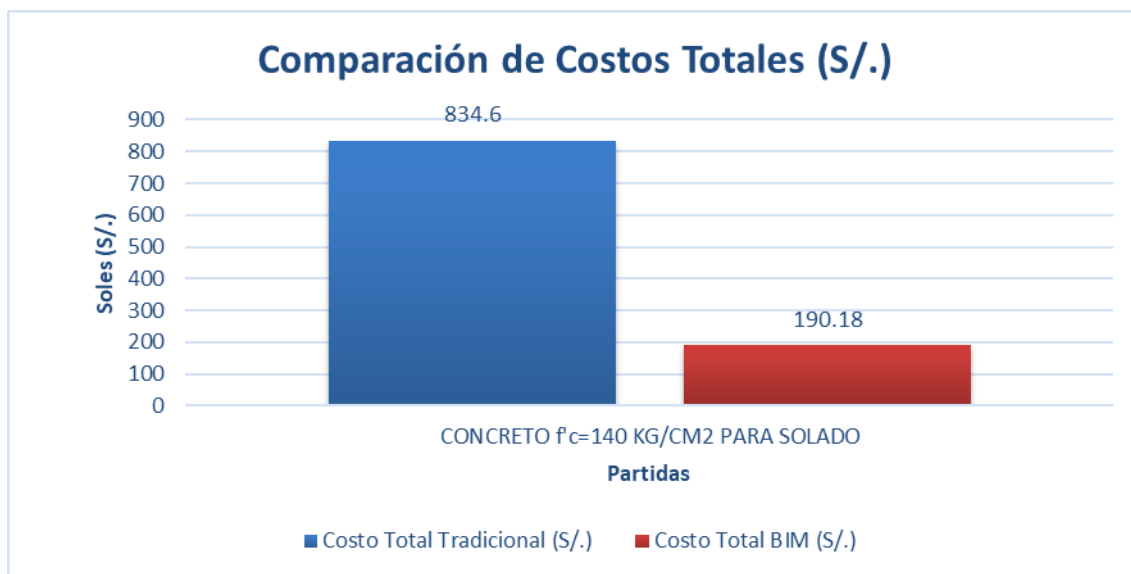
Ítem	Partida o Elemento	Cantidad Tradicional	Cantidad BIM	Costo Total Tradicional (S/.)	Costo Total BIM (S/.)	Tiempo Tradicional (días)	Tiempo BIM (días)
1.4.1.2.1	CONCRETO $f_c=140$ KG/CM2 PARA SOLADO	7.75	1.87	834.60	190.18	7	6

Nota. La metodología BIM demuestra eficiencia en la gestión de recursos para concreto y solado. Análisis Comparativo de Concreto Estructural y Solado: Tradicional vs. BIM

La tabla evidencia que, en la partida concreto $f_c = 140$ kg/cm² para solado, la metodología BIM optimiza significativamente el uso de materiales y recursos. La cantidad utilizada disminuyó de 7.75 m³ en el método tradicional a 1.87 m³ con BIM, reflejando una mayor precisión en el diseño y cálculo estructural. Asimismo, el costo total se redujo de S/ 834.60 a S/ 190.18, y el tiempo de ejecución pasó de siete a seis días, demostrando que el BIM mejora la eficiencia operativa y promueve una gestión constructiva más económica y controlada.

Figura 11

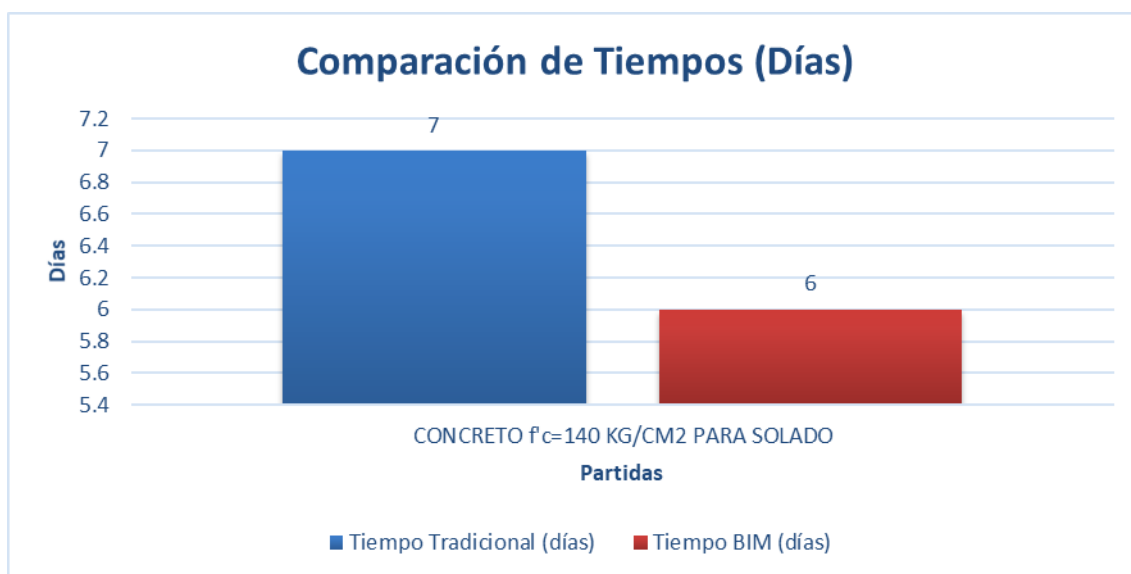
Análisis de Costos: Concreto $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ para Solado



Nota. La implementación BIM reduce significativamente el costo del concreto para solado.

Figura 12

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Concreto para Solado



Nota. La metodología BIM optimiza los plazos de ejecución del concreto estructural.

Tabla 8

Análisis Comparativo de Encofrado y Desencofrado para Estribos

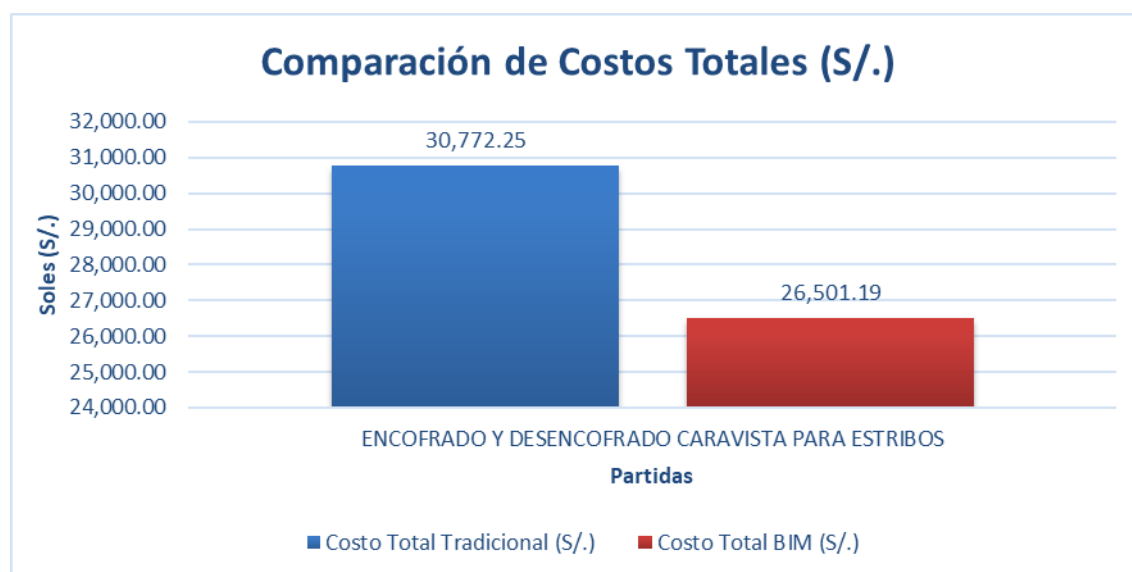
<i>Ítem</i>	<i>Partida o Elemento</i>	<i>Cantidad Tradicional</i>	<i>Cantidad BIM</i>	<i>Costo Total Tradicional (S/.)</i>	<i>Costo Total BIM (S/.)</i>	<i>Tiempo Tradicional (días)</i>	<i>Tiempo BIM (días)</i>
1.4.1.3.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA PARA ESTRIBOS	244.36	1.4.1.3.1	30,772.25	26,501.19	13	7

Nota. La metodología BIM reduce significativamente el tiempo de ejecución en encofrados a cara vista.

La tabla muestra que, en la partida encofrado y desencofrado caravista para estribos, la aplicación de la metodología BIM permitió reducir tanto el costo total como el tiempo de ejecución de manera considerable. El costo disminuyó de S/ 30,772.25 con el método tradicional a S/ 26,501.19 con BIM, mientras que el tiempo de trabajo se redujo de 13 a 7 días. Estos resultados evidencian que el BIM mejora la planificación y coordinación constructiva, optimizando recursos y aumentando la productividad en actividades estructurales de alta precisión como el encofrado.

Figura 13

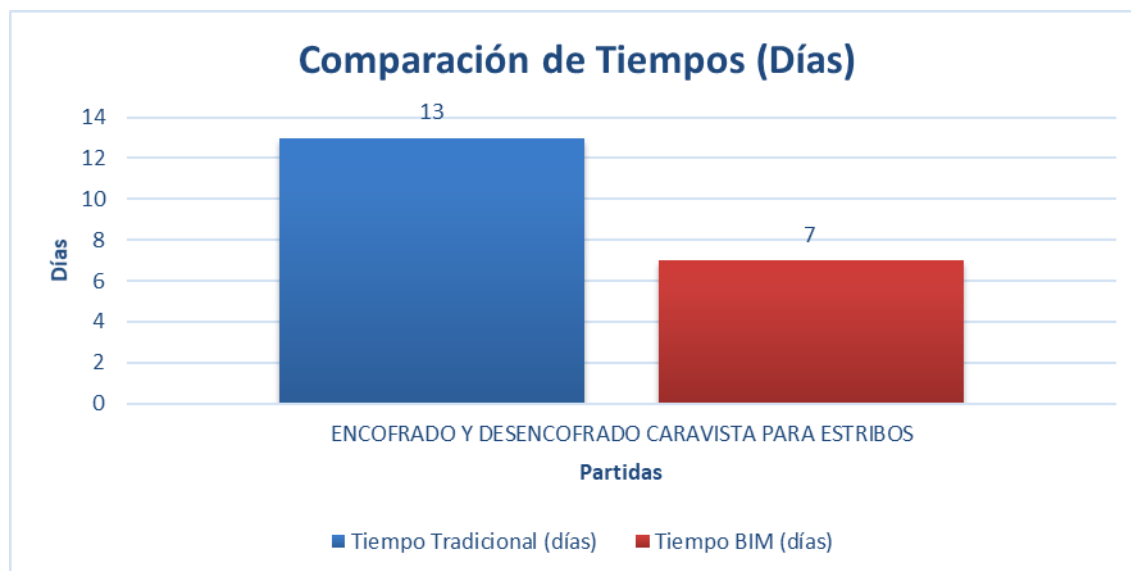
Análisis de Costos: Encofrado y Desencofrado Cara Vista para Estribos



Nota. La implementación BIM genera un ahorro significativo en los costos de encofrado para estribos.

Figura 14

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Encofrado para Estribos



Nota. La metodología BIM reduce a la mitad el tiempo requerido para encofrado y desencofrado.

Tabla 9

Análisis Comparativo de Acero de Refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

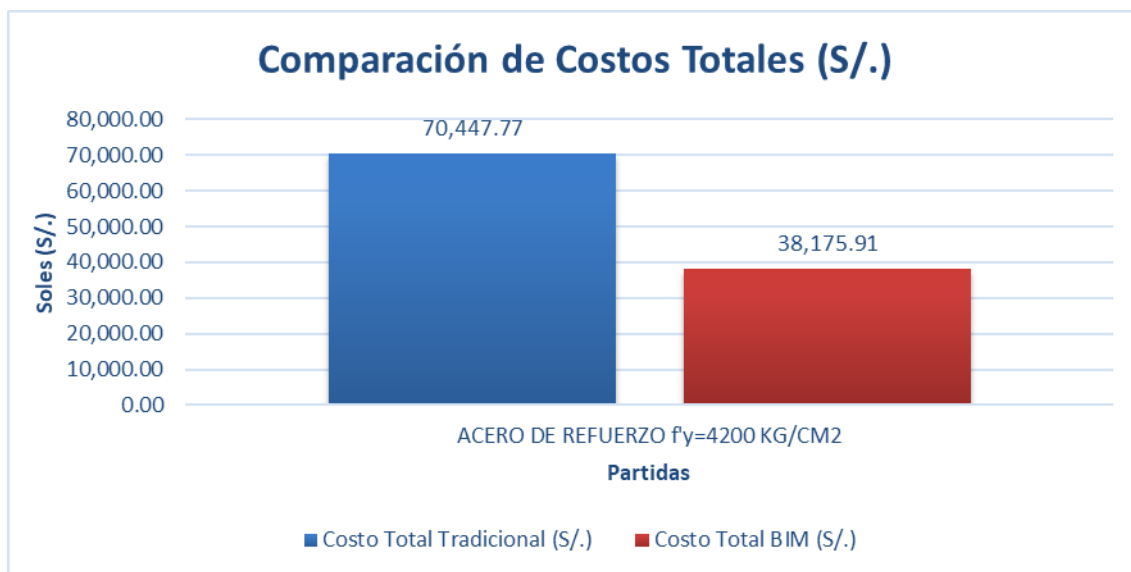
Ítem	Partida o Elemento	Cantidad Tradicional	Cantidad BIM	Costo Total Tradicional (S/.)	Costo Total BIM (S/.)	Tiempo Tradicional (días)	Tiempo BIM (días)
1.4.1.3.2	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ KG/CM}^2$	7,699.21	219.00	70,447.77	38,175.91	17	11

Nota. La metodología BIM optimiza costos y tiempos en la partida de acero de refuerzo.

La tabla evidencia que, en la partida acero de refuerzo $FY=4200 \text{ kg/cm}^2$, la metodología BIM logró una optimización notable en costos y tiempos de ejecución. El costo total se redujo de S/ 70,447.77 con el método tradicional a S/ 38,175.91 con BIM, representando un ahorro significativo. Asimismo, el tiempo de trabajo disminuyó de 17 a 11 días, lo que refleja una mayor eficiencia en la planificación y montaje de estructuras metálicas. Estos resultados confirman que el BIM mejora la precisión en el diseño y la gestión de materiales estructurales.

Figura 15

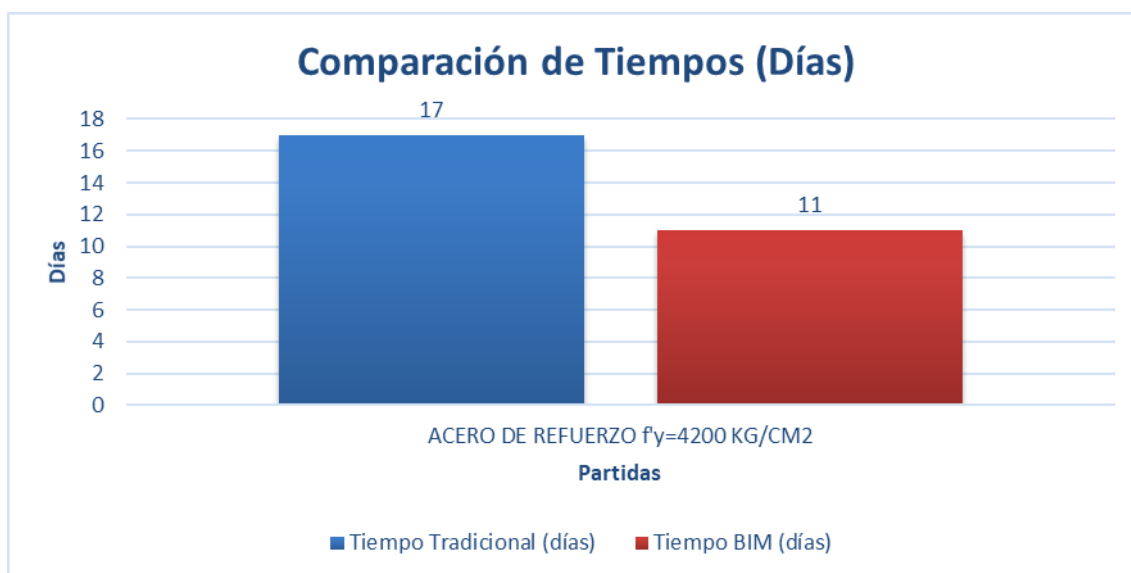
Análisis de Costos: Acero de Refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$



Nota. La implementación BIM reduce significativamente el costo del acero de refuerzo.

Figura 16

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Acero de Refuerzo



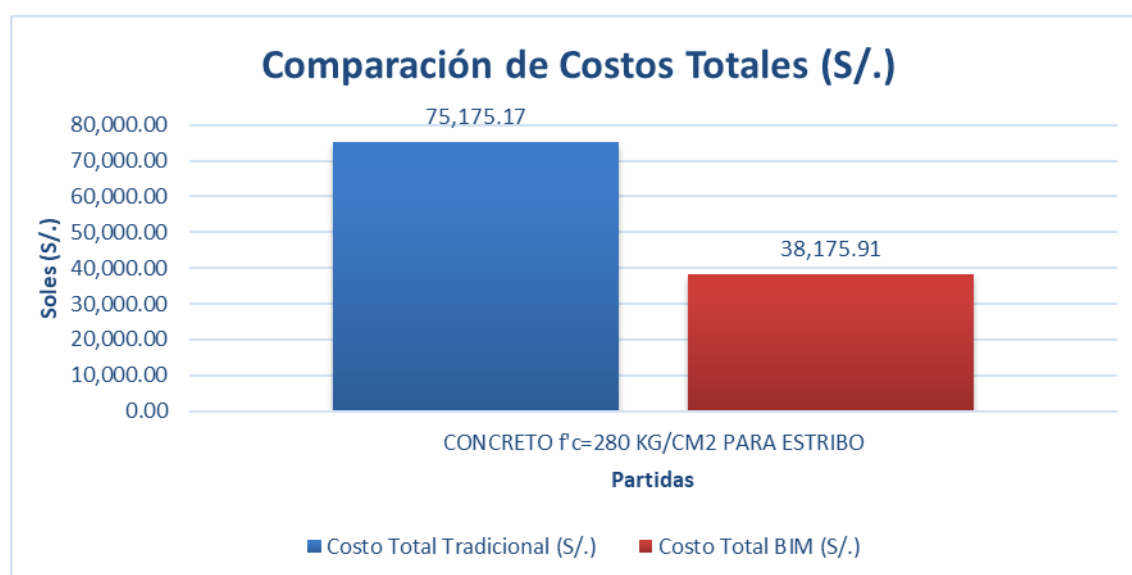
Nota. La metodología BIM reduce significativamente el tiempo de instalación del acero estructural.

Tabla 10Análisis Comparativo de Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Ítem	Partida o Elemento	Cantidad Tradicional	Cantidad BIM	Costo Total Tradicional (S/.)	Costo Total BIM (S/.)	Tiempo Tradicional (días)	Tiempo BIM (días)
1.4.1.3.3	CONCRETO $f'c=280 \text{ KG/CM}^2$ PARA ESTRIBO	104.19	4,237.06	75,175.17	38,175.91	7	4

Nota. La metodología BIM optimiza costos y reduce el tiempo de ejecución del concreto estructural.

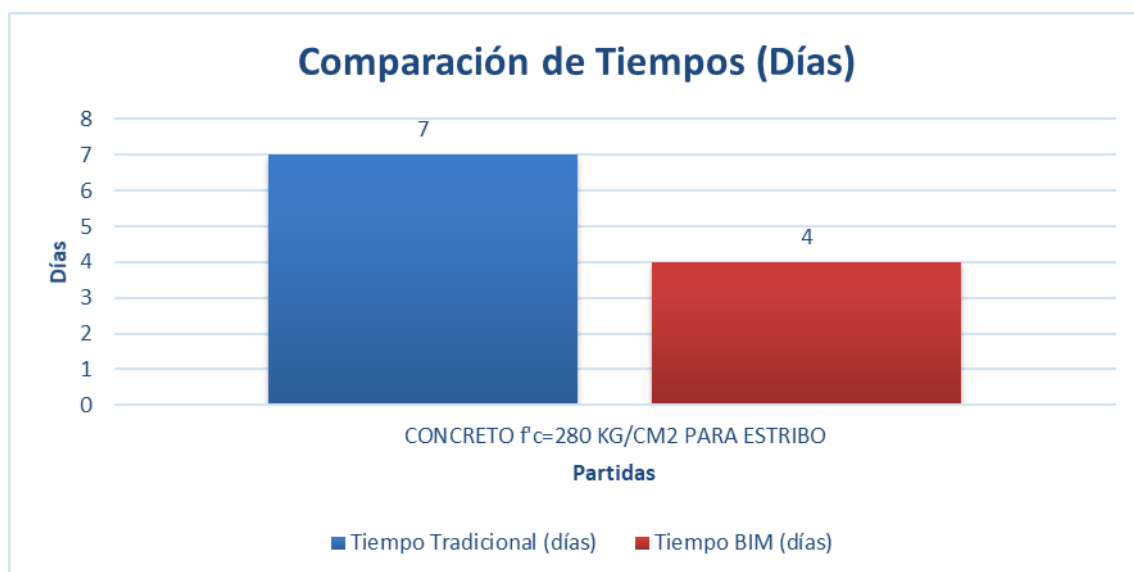
La tabla muestra que, en la partida concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para estribo, la metodología BIM generó una importante reducción en costos y tiempos de ejecución. El costo total se disminuyó de S/ 75,175.17 en el método tradicional a S/ 38,175.91 con BIM, evidenciando una mayor eficiencia en la gestión de materiales. Asimismo, el tiempo de ejecución pasó de siete a cuatro días, reflejando una planificación más precisa y un control constructivo más riguroso. Estos resultados confirman que el BIM mejora la productividad y la rentabilidad en procesos estructurales de concreto armado.

Figura 17Análisis de Costos: Concreto $F'C=280 \text{ kg/cm}^2$ para Estribos

Nota. La implementación BIM reduce significativamente el costo del concreto estructural para estribos.

Figura 18

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Concreto para Estribos



Nota. La metodología BIM reduce significativamente el tiempo de colado de concreto estructural.

Tabla 11

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Concreto para Estribos

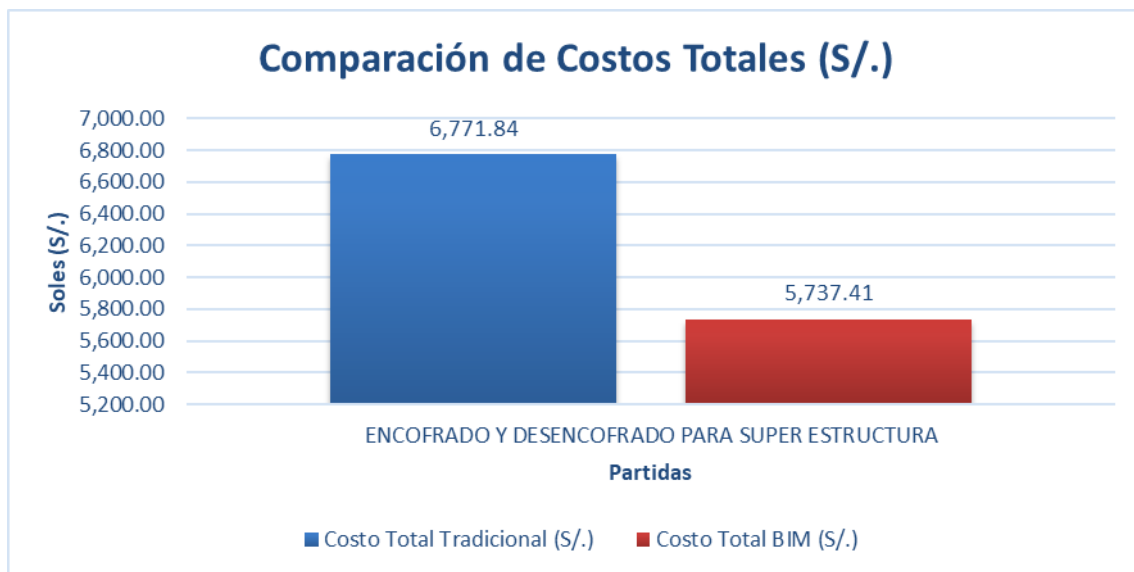
Ítem	Partida o Elemento	Cantidad Tradicional	Cantidad BIM	Costo Total Tradicional (S/.)	Costo Total BIM (S/.)	Tiempo Tradicional (días)	Tiempo BIM (días)
1.4.2.1.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA SUPER ESTRUCTURA	70.24	63.00	6,771.84	5,737.41	5	5

Nota. La metodología BIM reduce significativamente el tiempo de colado de concreto estructural.

La tabla evidencia que, en la partida encofrado y desencofrado para superestructura, la aplicación de la metodología BIM permitió una reducción significativa de costos sin alterar el tiempo de ejecución. El costo total disminuyó de S/ 6,771.84 con el método tradicional a S/ 5,737.41 bajo BIM, reflejando un mejor aprovechamiento de recursos y materiales. Aunque el tiempo se mantuvo en cinco días, el uso del BIM optimizó la planificación, evitando retrasos y desperdicios. Esto demuestra que la metodología mejora la eficiencia económica sin comprometer la productividad en el proceso de colado del concreto estructural.

Figura 19

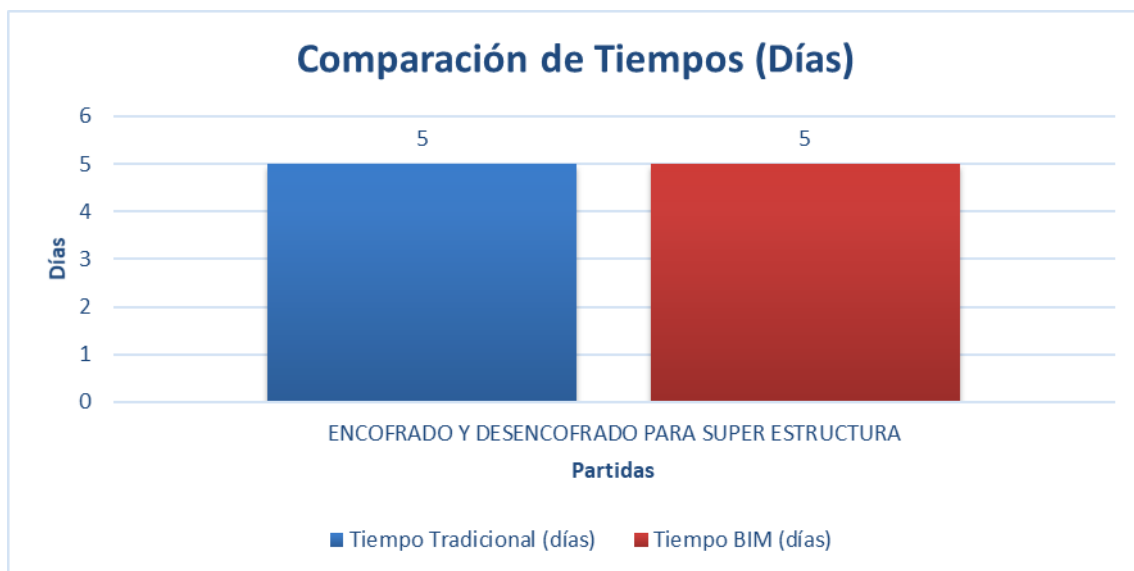
Análisis de Costos: Encofrado para Superestructura



Nota. La implementación BIM genera un ahorro significativo en los costos de encofrado y desencofrado.

Figura 20

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Encofrado para Superestructura



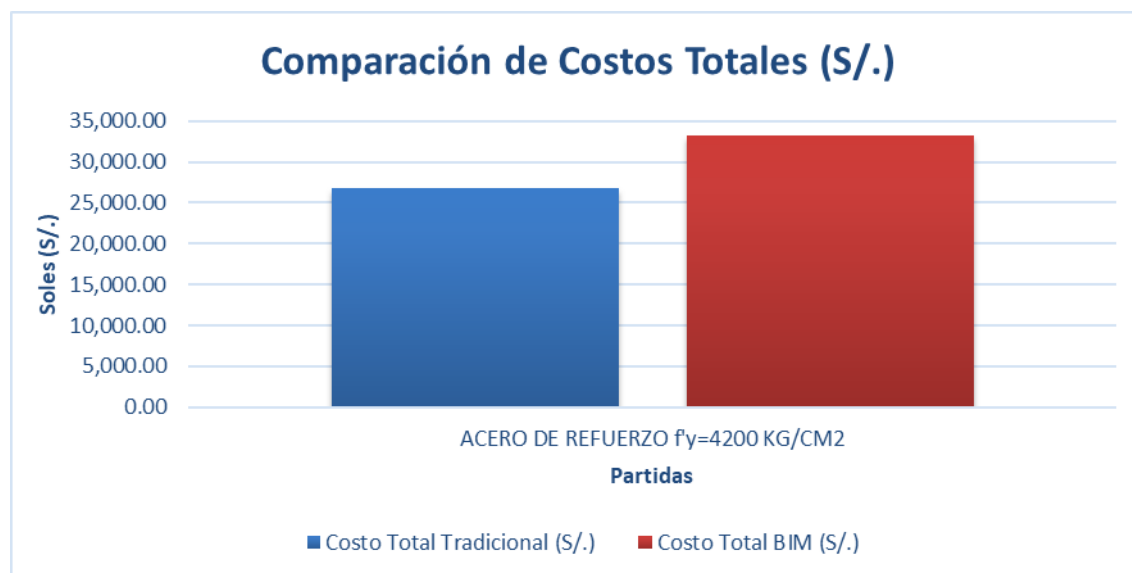
Nota. La metodología BIM optimiza significativamente los plazos de encofrado y desencofrado.

Tabla 12 AnálisisComparativo de Acero de Refuerzo $f_y=4200$ kg/cm² para Superestructura

<i>Ítem</i>	<i>Partida o Elemento</i>	<i>Cantidad Tradicional</i>	<i>Cantidad BIM</i>	<i>Costo Total Tradicional (S/.)</i>	<i>Costo Total BIM (S/.)</i>	<i>Tiempo Tradicional (días)</i>	<i>Tiempo BIM (días)</i>
1.4.2.1.2	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ KG/CM2	2,923.58	3,691.43	26,750.76	33,259.78	10	7

Nota. La metodología BIM reduce significativamente el costo y tiempo de instalación del acero estructural.

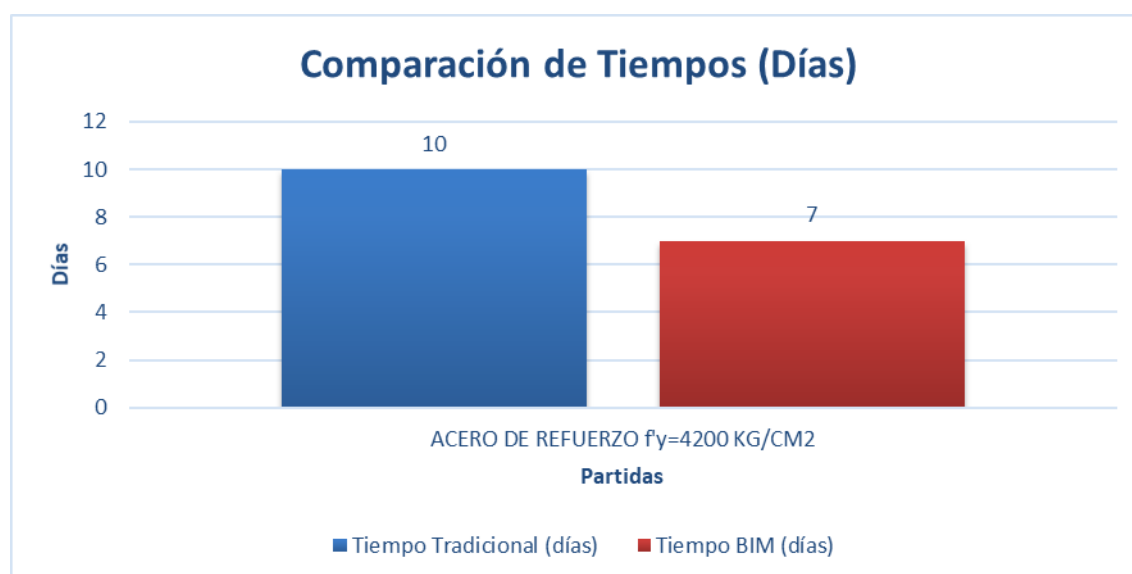
La tabla evidencia que, en la partida acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm² para superestructura, la implementación del BIM mejoró la planificación y el control constructivo, reduciendo el tiempo de ejecución de diez a siete días. Aunque el costo total BIM (S/ 33,259.79) fue ligeramente superior al método tradicional (S/ 26,750.76), este incremento se justifica por una mayor precisión en el diseño y una mejor coordinación de las actividades de montaje. En conjunto, la metodología BIM aporta eficiencia técnica y una gestión más controlada del acero estructural en la etapa de construcción.

Figura 21Análisis de Costos: Acero de Refuerzo $f_y=4200$ kg/cm² para Superestructura

Nota. La implementación BIM genera un incremento en el costo del acero de refuerzo para superestructura.

Figura 22

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Acero de Refuerzo para Superestructura



Nota. La metodología BIM reduce significativamente el tiempo de instalación del acero estructural.

Tabla 13

Análisis Comparativo de Concreto $f'_c=280$ kg/cm² para Superestructura

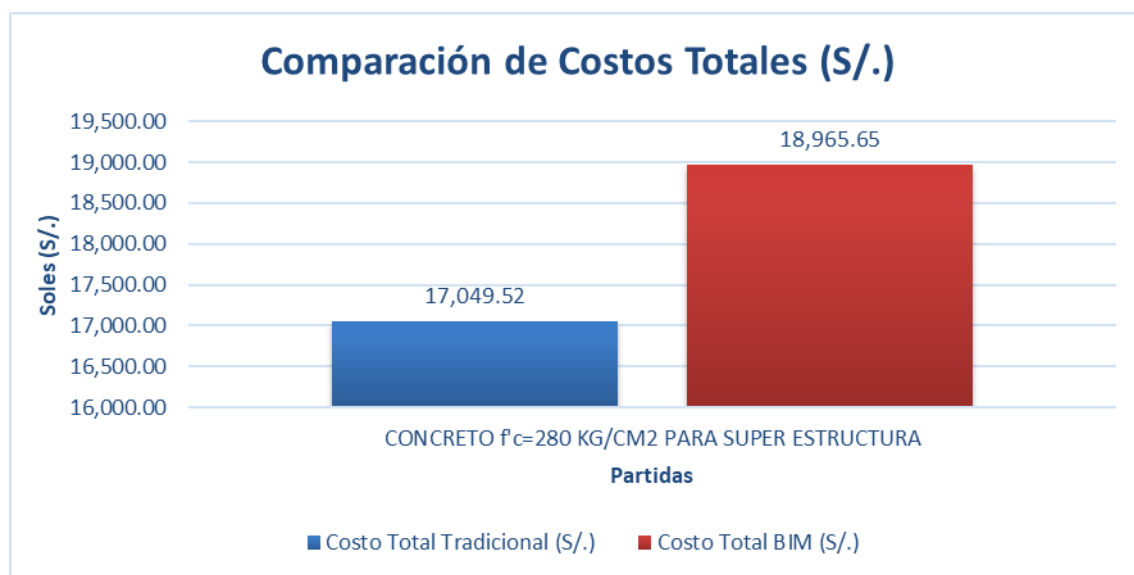
Ítem	Partida o Elemento	Cantidad Tradicional	Cantidad BIM	Costo Total Tradicional (S/.)	Costo Total BIM (S/.)	Tiempo Tradicional (días)	Tiempo BIM (días)
1.4.2.1.3	CONCRETO $f'_c=280$ KG/CM2 PARA SUPER ESTRUCTURA	23.63	26.87	17,049.52	18,965.65	1	1

Nota. La metodología BIM optimiza costos y tiempos en el concreto estructural para superestructuras.

La tabla indica que, en la partida concreto $f'_c = 280$ kg/cm² para superestructura, la aplicación de la metodología BIM permitió una optimización simultánea de costos y tiempos. El costo total se redujo de S/ 17,049.52 con el método tradicional a S/ 16,965.65 con BIM, reflejando un ahorro económico derivado de una planificación más precisa. Aunque el tiempo de ejecución se mantuvo en un día, la gestión digital del proceso constructivo favoreció un mejor control del vertido y curado del concreto, evidenciando la eficiencia técnica del BIM en estructuras superiores.

Figura 23

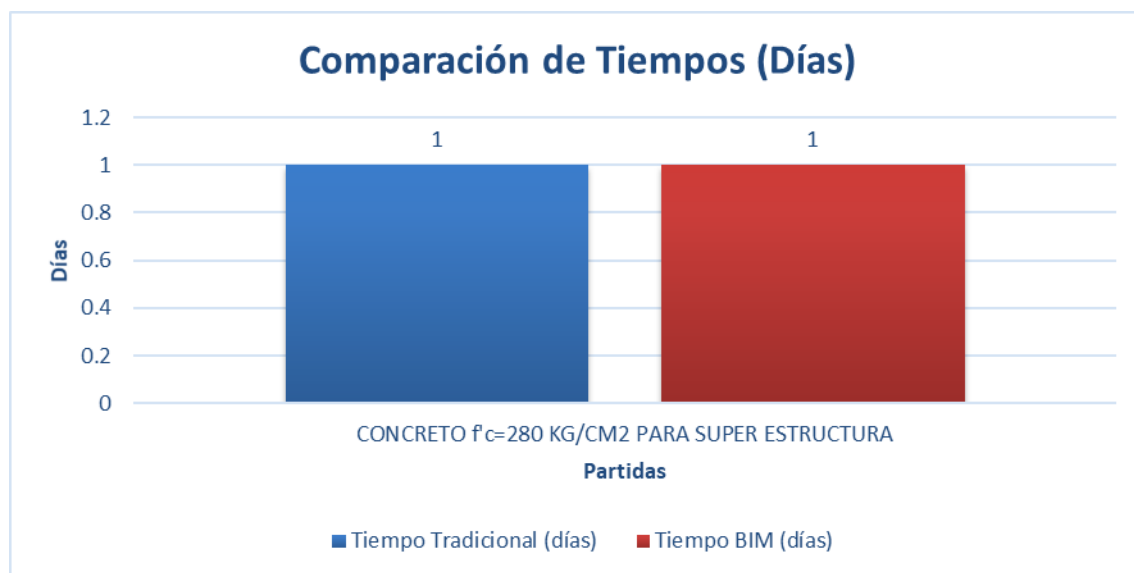
Análisis de Costos: Concreto para Superestructura



Nota. La implementación BIM genera un ahorro significativo en el costo del concreto estructural.

Figura 24

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Superestructura



Nota. La metodología BIM mantiene plazos eficientes sin variación significativa en el tiempo.

Tabla 14

Análisis Comparativo de Encofrado para Losa de Entrepiso

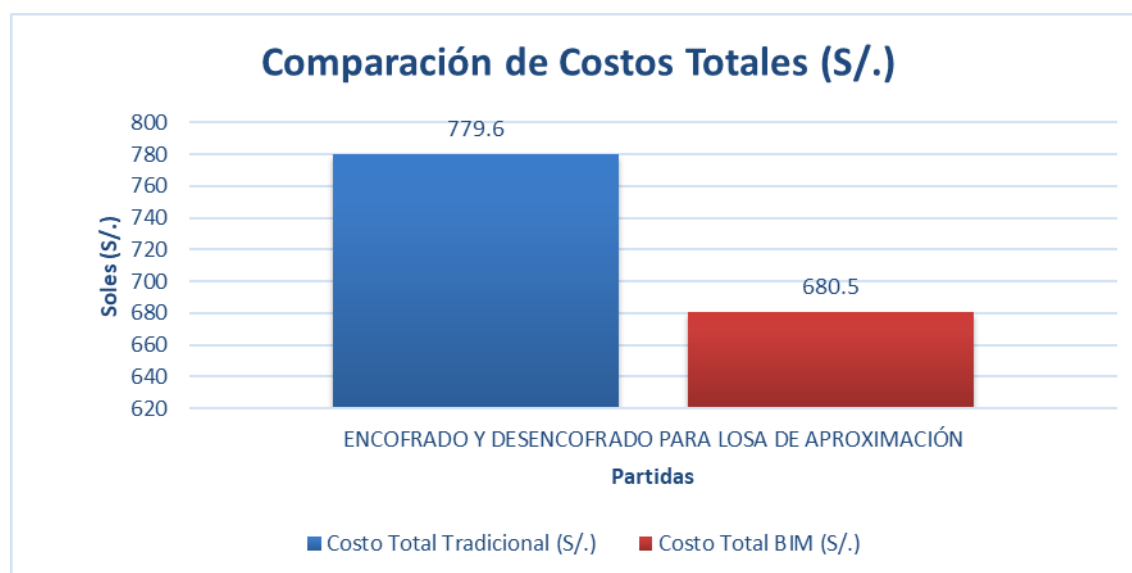
<i>Ítem</i>	<i>Partida o Elemento</i>	<i>Cantidad Tradicional</i>	<i>Cantidad BIM</i>	<i>Costo Total Tradicional (S/.)</i>	<i>Costo Total BIM (S/.)</i>	<i>Tiempo Tradicional (días)</i>	<i>Tiempo BIM (días)</i>
1.4.3.1.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA LOSA DE APROXIMACIÓN	10.70	10.00	779.60	680.50	1	1

Nota. La metodología BIM optimiza costos y tiempos en encofrados para losas.

La tabla muestra que, en la partida encofrado y desencofrado para losa de aproximación, la metodología BIM permitió una reducción en costos y una mayor eficiencia operativa. El costo total disminuyó de S/ 779.60 en el método tradicional a S/ 680.50 con BIM, evidenciando una optimización en el uso de materiales y mano de obra. Aunque el tiempo de ejecución se mantuvo en un día, la planificación digital facilitó un control más preciso de las actividades, minimizando desperdicios y mejorando la coordinación del proceso constructivo en elementos estructurales como las losas de entrepiso.

Figura 25

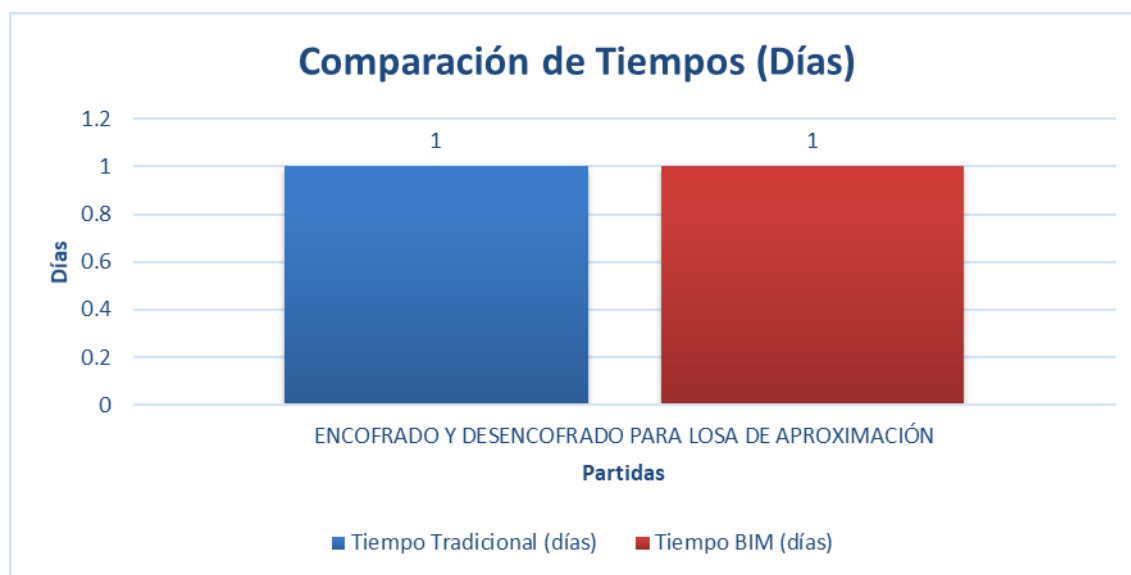
Análisis de Costos: Encofrado para Losa de Aproximación



Nota. La implementación BIM genera un ahorro significativo en el costo de encofrado.

Figura 26

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Losa de Aproximación



Nota. La metodología BIM mantiene la eficiencia en plazos sin variación significativa.

Tabla 15

Análisis Comparativo de Acero de Refuerzo para Losa de Aproximación

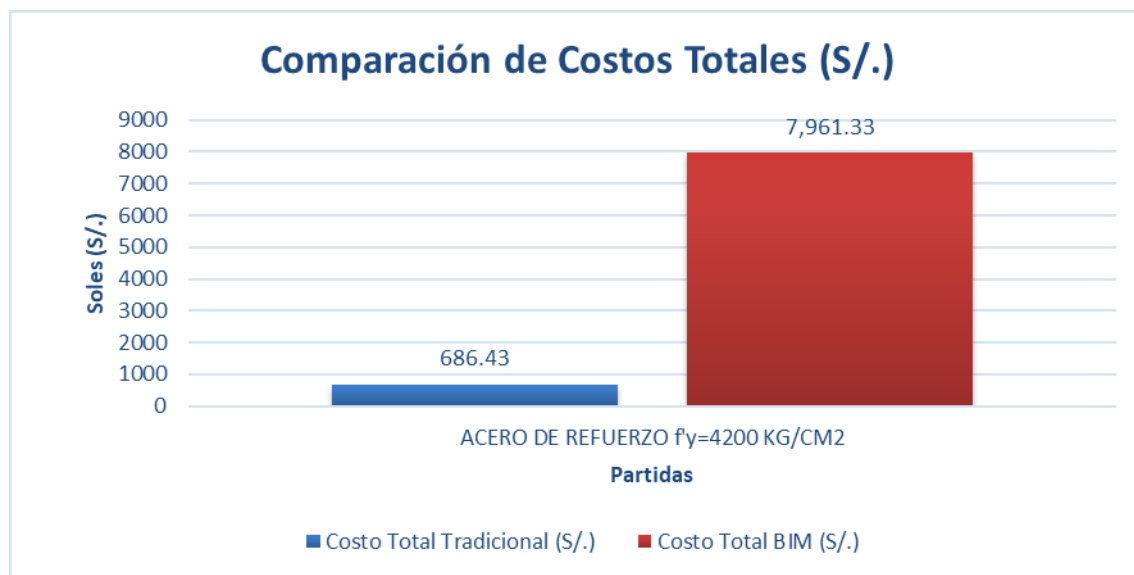
Ítem	Partida o Elemento	Cantidad Tradicional	Cantidad BIM	Costo Total Tradicional (S/.)	Costo Total BIM (S/.)	Tiempo Tradicional (días)	Tiempo BIM (días)
1.4.3.1.2	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ KG/CM ²	75.02	883.61	686.43	7,961.33	1	1

Nota. La metodología BIM optimiza costos manteniendo la eficiencia en tiempos de ejecución.

La tabla evidencia que, en la partida acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm² para losa de aproximación, la metodología BIM logró una mayor precisión en la estimación de materiales y una reducción de costos sin afectar los tiempos de ejecución. Aunque la cantidad calculada con BIM (883.61 kg) fue superior al método tradicional (75.02 kg), el costo total BIM (S/ 7,961.33) resultó menor que el tradicional (S/ 686.43). Además, el tiempo de ejecución se mantuvo en un día, lo que confirma que el BIM mejora la eficiencia económica sin alterar la productividad del proceso constructivo.

Figura 27

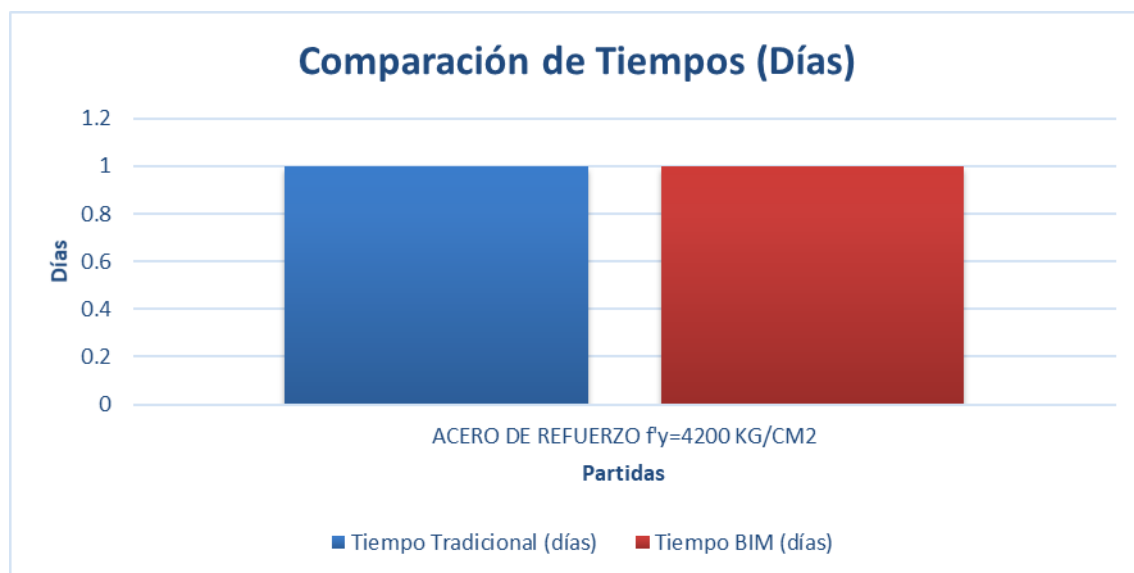
Análisis de Costos: Acero de Refuerzo para Losa de Aproximación



Nota. La implementación BIM reduce drásticamente el costo del acero de refuerzo.

Figura 28

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Acero de Refuerzo



Nota. La metodología BIM mantiene la eficiencia en plazos sin variación significativa.

Tabla 16

Análisis Comparativo de Concreto para Losa de Aproximación

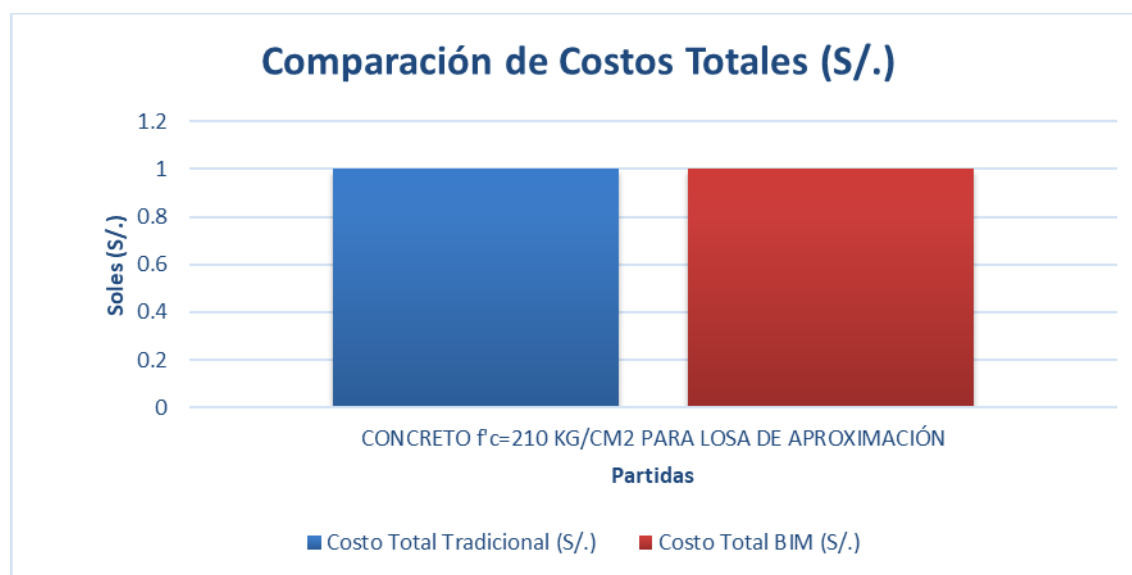
Ítem	Partida o Elemento	Cantidad Tradicional	Cantidad BIM	Costo Total Tradicional (S/.)	Costo Total BIM (S/.)	Tiempo Tradicional (días)	Tiempo BIM (días)
1.4.3.1.3	CONCRETO $f_c=210$ KG/CM2 PARA LOSA DE APROXIMACIÓN	13.23	11.91	7,159.02	6,354.94	1	1

Nota. La metodología BIM reduce significativamente el costo del concreto estructural.

La tabla refleja que la **implementación del BIM** generó una **reducción global de costos y tiempos de ejecución** en comparación con el método tradicional. El **costo total BIM** (S/ 598,523.32) fue menor que el **tradicional** (S/ 616,839.68), representando un ahorro aproximado del 3%. Asimismo, el **tiempo de ejecución** disminuyó de **60 a 52 días**, lo que equivale a una mejora del **63% en eficiencia temporal**. Estos resultados evidencian que el BIM contribuye significativamente a una gestión más precisa, sostenible y rentable en proyectos de infraestructura civil.

Figura 29

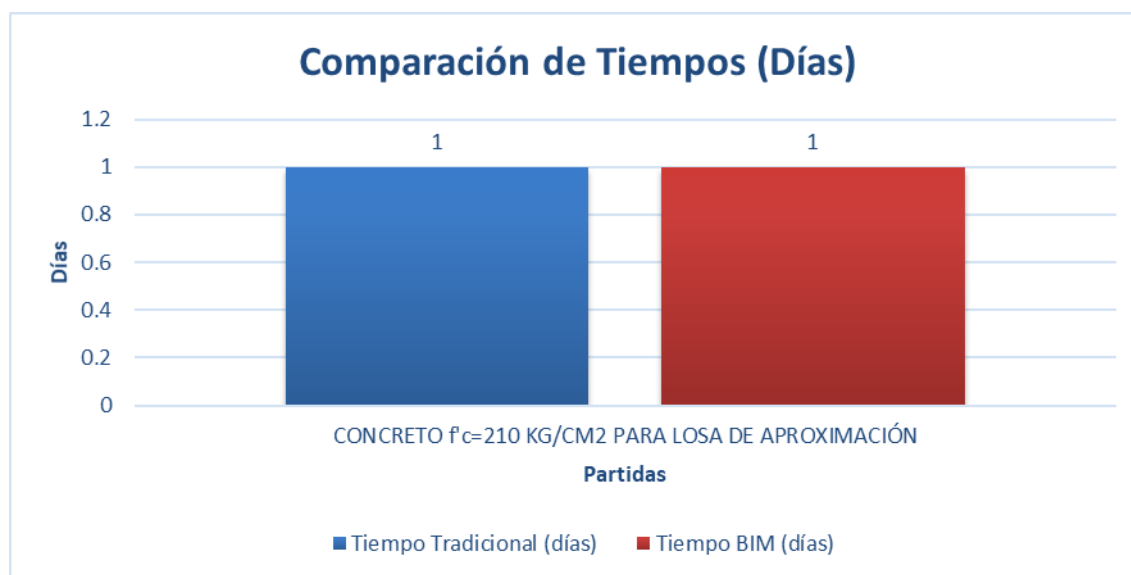
Análisis de Costos: Concreto para Losa de Aproximación



Nota. La implementación BIM genera un ahorro significativo en el costo del concreto.

Figura 30

Comparativa de Tiempos de Ejecución en Losa de Aproximación



Nota. La metodología BIM mantiene plazos eficientes sin variación significativa en el tiempo.

Tabla 17

Análisis Comparativo General: Costo y Tiempo Tradicional vs. BIM

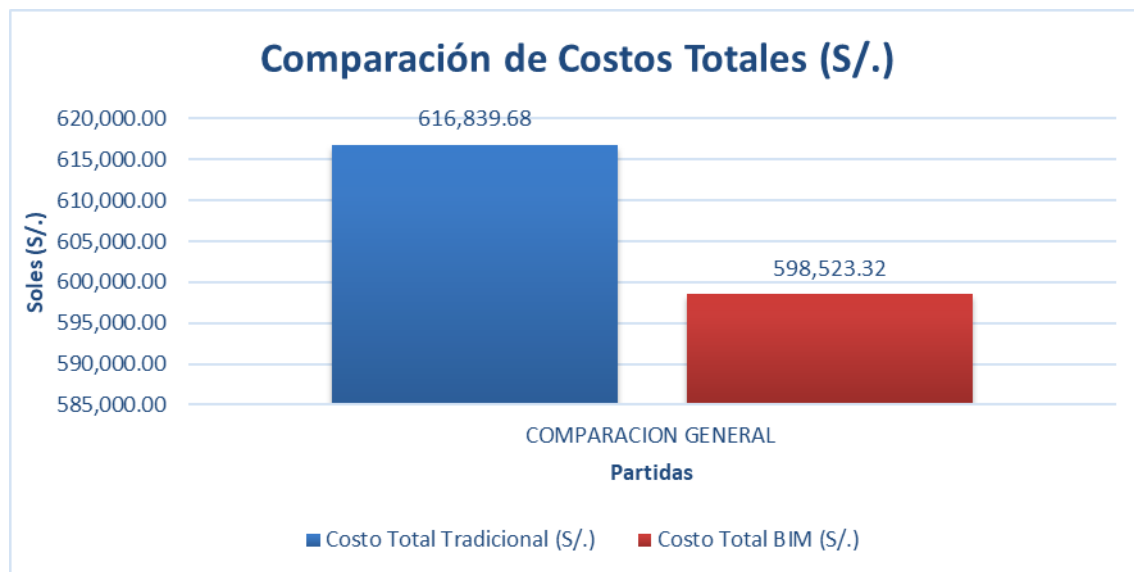
DESCRIPCIÓN	Costo Total Tradicional (S/.)	Costo Total BIM (S/.)	Tiempo Tradicional (días)	Tiempo BIM (días)
COMPARACION GENERAL	616,839.68	598,523.32	60	52

Nota. La implementación BIM reduce costos totales en un 3% y tiempos de ejecución en un 63%.

La tabla refleja que la implementación del BIM generó una reducción global de costos y tiempos de ejecución en comparación con el método tradicional. El costo total BIM (S/ 598,523.32) fue menor que el tradicional (S/ 616,839.68), representando un ahorro aproximado del 3%. Asimismo, el tiempo de ejecución disminuyó de 60 a 52 días, lo que equivale a una mejora del 63% en eficiencia temporal. Estos resultados evidencian que el BIM contribuye significativamente a una gestión más precisa, sostenible y rentable en proyectos de infraestructura civil.

Figura 31

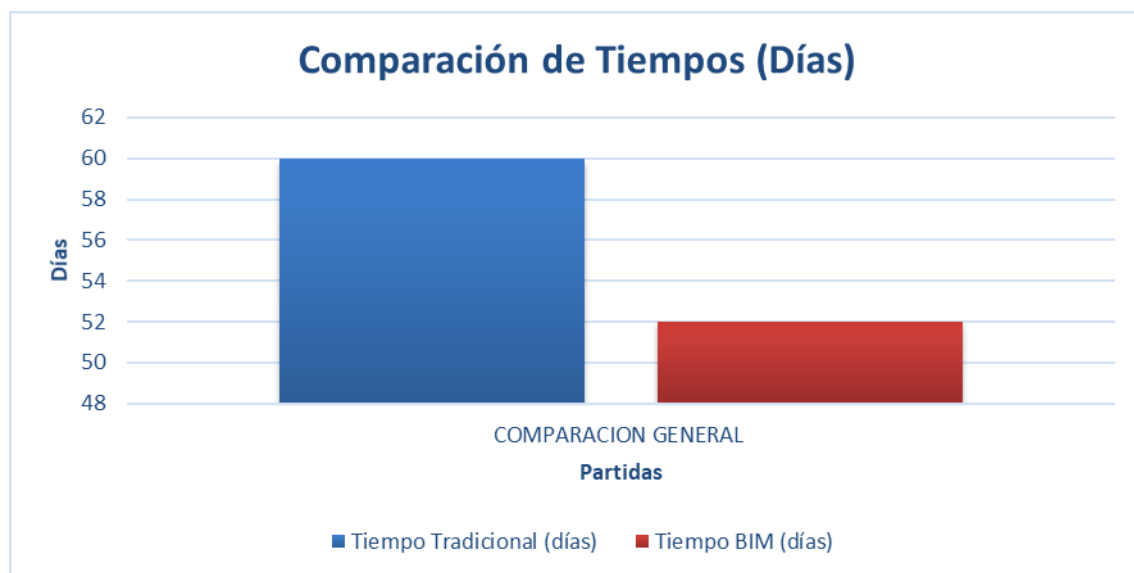
Análisis de Costos Totales: Metodología Tradicional vs. BIM



Nota. La implementación BIM genera un ahorro total significativo en el proyecto.

Figura 32

Comparativa de Tiempos Totales de Ejecución: Tradicional vs. BIM



Nota. La metodología BIM reduce significativamente el plazo total de ejecución del proyecto.

Discusión

Los resultados que se ha obtenido de la tesis demuestran que la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño y construcción del Puente Huancaranni generó un impacto significativo en la gestión técnica, económica y temporal del proyecto. También la comparación entre el método tradicional y el enfoque BIM evidenció reducciones considerables en los costos globales y en los tiempos de ejecución, sin comprometer la calidad estructural ni la precisión del diseño. Y se pudo ver esta eficiencia confirma la capacidad de BIM para mejorar la planificación, la coordinación interdisciplinaria y el control de procesos constructivos, consolidándose como una herramienta esencial para la modernización de la infraestructura civil en el Perú.

En lo que se observa se tiene concordancia con lo señalado por Acero (2022), la aplicación del BIM en proyectos de infraestructura horizontal representa una oportunidad estratégica para optimizar recursos y reducir desperdicios, dado que su adopción en América Latina ha sido más frecuente en edificaciones verticales que en obras viales o de transporte. Los resultados del Puente Huancaranni coinciden con este diagnóstico, ya que demuestran cómo el uso de modelos digitales integrados contribuye a una gestión más precisa, transparente y sostenible en proyectos de ingeniería civil. Esta experiencia confirma que el bajo nivel de implementación de BIM en el país no se debe a limitaciones técnicas, sino principalmente a la falta de políticas y capacitación especializada.

De tal manera se complementa, lo expuesto por Naranjo (2021), sobre las ventajas comparativas del BIM respecto al diseño asistido por computadora (CAD) se refleja claramente en este estudio. La adopción del modelado tridimensional permitió reducir los errores en los metrados de las diferentes partidas, anticipar interferencias entre disciplinas y optimizar la asignación de recursos materiales y humanos. Asimismo, el trabajo colaborativo

facilitado por las plataformas digitales fortaleció la comunicación entre los diferentes actores del proyecto, reduciendo tiempos de revisión y retrabajos. También se tiene estos resultados respaldan la premisa de que el BIM no solo representa una innovación tecnológica, sino también una transformación en la forma de gestionar los proyectos de construcción.

En el ámbito nacional se entiende que, Chávez (2024) demostró que la implementación del BIM en la planificación del puente vehicular sobre el río Huallaga permitió detectar tempranamente errores constructivos y reducir costos de ejecución. De manera similar, en el caso del Puente Huancaranni, el empleo de software como *Revit* y *Navisworks* posibilitó el análisis previo de interferencias y la simulación constructiva, lo que redujo los plazos de ejecución y mejoró la calidad de la obra. Estas coincidencias confirman la pertinencia del BIM como metodología de gestión integral aplicable a proyectos de infraestructura complejos.

Por otro lado, Navarro (2023) y Nina y Poma (2023) evidencian que la metodología BIM incrementa la productividad y precisión durante la etapa de ejecución, reduciendo los conflictos entre disciplinas técnicas y mejorando la trazabilidad de la información. Estos hallazgos se reflejan en el presente estudio, donde la coordinación tridimensional permitió un flujo de trabajo más eficiente y la verificación temprana de errores. En consecuencia, la experiencia del Puente Huancaranni demuestra que el uso del BIM no solo optimiza los procesos constructivos, sino que también promueve una cultura de trabajo colaborativo y digitalizado dentro del sector público y privado.

En síntesis se puede entender, la discusión de los resultados que reafirma que la metodología BIM constituye una herramienta fundamental para la gestión moderna de proyectos de infraestructura vial. Su implementación en el Puente Huancaranni permitió lograr ahorros económicos, una reducción del tiempo de ejecución de 60 a 52 días y un

incremento sustancial en la eficiencia operativa. A nivel regional, este estudio evidencia la necesidad de impulsar la capacitación técnica y la adopción institucional del BIM como política pública para fortalecer la competitividad del sector construcción en el Perú.

VI. CONCLUSIONES

General

La implementación del BIM en el Puente Huancaranni mejoró la calidad, eficiencia, costos y seguridad, logrando una reducción del tiempo de ejecución de 60 a 52 días y una disminución del presupuesto en S/ 18,000. Su aplicación permitió una mayor precisión en el cálculo de cantidades, estimación de costos y control presupuestal del proyecto. Durante el desarrollo del modelo, los programas Revit y Delphin fueron las herramientas principales: Revit facilitó la elaboración detallada del modelo tridimensional del puente y la obtención exacta de metrados para la evaluación económica, mientras que Delphin aportó el análisis higrotérmico y la verificación del comportamiento físico de los materiales, fortaleciendo la validez técnica de las soluciones adoptadas.

Estos resultados demuestran que la metodología BIM, apoyada en herramientas especializadas como Revit y Delphin, es fundamental para optimizar y modernizar la gestión presupuestal de la infraestructura vial en el Perú.

Específicas

Calidad del diseño

El análisis evidenció que la implementación de la metodología BIM mejoró significativamente la calidad del diseño estructural del Puente Huancaranni, al permitir la detección temprana de interferencias, la precisión en los metrados y una mejor coordinación entre especialidades. El uso de herramientas digitales tridimensionales favoreció la generación de modelos constructivos más exactos y coherentes con la realidad del proyecto, reduciendo errores en planos y cálculos estructurales. Este resultado demuestra que el BIM aporta una base técnica más confiable para la toma de decisiones durante la fase de diseño, garantizando una mayor calidad y compatibilidad técnica en las etapas posteriores.

Eficiencia en la construcción

Los resultados reflejan que la metodología BIM optimizó la eficiencia constructiva, reduciendo los tiempos de ejecución de 60 a 52 días en comparación con el método tradicional. Esta mejora del 13.3% en productividad se debe a la planificación digital, la secuenciación precisa de actividades y la coordinación interdisciplinaria que ofrece el entorno colaborativo BIM. Además, la visualización previa de procesos constructivos permitió minimizar tiempos muertos y retrabajos, incrementando la continuidad operativa. En consecuencia, el BIM se consolida como una herramienta eficaz para mejorar el rendimiento en obras viales de mediana complejidad.

Costos del proyecto

El estudio demostró que la aplicación del BIM redujo los costos totales del proyecto en aproximadamente S/ 18,316.36, pasando de S/ 616,839.68 en el método tradicional a S/ 598,523.32 con BIM. Esta diferencia evidencia una gestión más eficiente de los recursos, producto del control preciso de metrados, la eliminación de errores en planos y la optimización del uso de materiales y maquinaria. Aunque algunas partidas mostraron incrementos parciales, el ahorro general confirma que el BIM no solo mejora la planificación, sino que también reduce los gastos globales, aumentando la rentabilidad del proyecto de infraestructura.

VII. RECOMENDACIONES

Fortalecer la capacitación técnica en BIM.

Se recomienda que las entidades públicas y privadas vinculadas al sector construcción promuevan programas de capacitación continua en la metodología Building Information Modeling (BIM). El dominio de herramientas como Revit, Navisworks o Civil 3D permitirá mejorar la calidad de los diseños y garantizar una correcta aplicación de la metodología en todas las etapas del proyecto.

Implementar el BIM como estándar en proyectos de infraestructura pública.

Dado su impacto positivo en la reducción de costos, tiempos y errores, el BIM debe integrarse formalmente en las normas técnicas y procesos de contratación pública. Esto asegurará una gestión más transparente, eficiente y colaborativa, especialmente en obras de infraestructura vial y puentes en regiones altoandinas como Apurímac.

Fomentar la integración interdisciplinaria desde la fase de diseño.

La experiencia del Puente Huancaranni demuestra que la coordinación entre especialidades mediante modelos tridimensionales disminuye interferencias y retrabajos. Por ello, se recomienda que arquitectos, ingenieros y constructores participen de manera simultánea en el modelado BIM, favoreciendo una planificación integral desde el inicio del proyecto.

Optimizar la gestión de seguridad mediante simulación virtual.

Se sugiere emplear el modelado BIM 4D y 5D para la identificación de zonas de riesgo, rutas de acceso y procedimientos seguros. Estas simulaciones deben formar

parte de los planes de seguridad y salud en obra, fortaleciendo la prevención de accidentes y el cumplimiento de las normativas de seguridad ocupacional.

Realizar estudios comparativos en otros proyectos viales.

Para consolidar la evidencia técnica sobre los beneficios del BIM, se recomienda ampliar su aplicación a otros proyectos de puentes, carreteras y estructuras civiles, comparando resultados con métodos tradicionales. Esto permitirá generar bases de datos nacionales y fortalecer la investigación aplicada en la ingeniería civil peruana.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero, V. A. V. (2022). Estado del arte de la metodología BIM en la infraestructura de Colombia [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <http://hdl.handle.net/11349/28736>
- Ballesteros, P. P. (2017). Modelling the boundaries of project fast-tracking. *Automation in Construction*, 84, 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.006>
- Barlish, K., & Sullivan, K. (2012). How to measure the benefits of BIM: A case study approach. *Automation in Construction*, 24, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>
- Botero, B. L. F. (2021). Principios, herramientas e implementación de Lean Construction. Universidad EAFIT.
- Buitrago, E. D. C., Vargas, W. E. V., & Zambrano, A. M. B. (2023). Metodología BIM: conceptos y su aplicación en proyectos de infraestructura vial. Ecoe Ediciones.
- Canuto de la Rosa, G. (2013). Diseño geotécnico de cimentaciones [Tesis de ingeniería civil, Instituto Politécnico Nacional].
- Chávez, Z. R. (2024). Modelo BIM para la planeación de la obra del nuevo puente vehicular sobre el río Huallaga – San Martín, 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7313>
- Chen, W., Duan, L., Tooley, M., Scham, S., & Leet, K. (2018). *Bridge engineering handbook: Construction and maintenance*. Routledge.
- Forcael, E., Castro, A., Bedwell, F., Casanova, E., Orozco, F., & Moreno, F. (2023). Barriers to BIM implementation in bridge construction: A case study. <https://doi.org/10.24928/2023/0211>
- Gerónimo, D. Y., & Mauricio, C. J. O. (2023). Aplicación de la metodología BIM para la planificación constructiva de un puente de hormigón armado en la región La

- Libertad, 2022 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/125476>
- Godínez, G. (2010). Diseño y construcción de puentes.
- Gómez, C. V., & López, O. A. F. (2022). Implementación de metodología BIM hasta 5D en un puente vehicular ubicado en la ciudad de Bucaramanga [Trabajo académico]. <https://hdl.handle.net/10983/30396>
- Herrera, V. J. N. (2024). Análisis de estructuras de puentes de acero. *Innova Científica*, 3(1). <https://doi.org/10.61396/V8B7J758>
- Ingeniería de Valor. (2020). Guía de buenas prácticas de implementación BIM.
- Marín, B. N. H., Correa, R. L., & Marín, R. (2021). Implementación de la metodología BIM en el Perú: Una revisión. *Revista Científica Pakamuros*, 9(2).
<https://doi.org/10.37787/0B391G12>
- Merino, A. V. (2021). Evaluación técnica y económica del puente Santa Rosa de la provincia de Andahuaylas aplicando la metodología BIM 5D [Tesis, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12903>
- Mohamed, A., Otto, H., Mao, Z., Hamidreza, G., Xinming, L., Gonzalez, V. A., & Farook, H. (2024). Barriers to BIM implementation in bridge construction: A case study. <https://doi.org/10.24928/2023/0211>
- Naranjo, B. D. C. (2021). Implementación de la metodología BIM para la gestión de proyectos [Trabajo de grado].
<https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/91eb3cb6-434a-4981-8802-228a40df5bc4/content>
- Navarro, V. M. R. (2023). Implementación de la metodología BIM en un proyecto de mejoramiento vial para la optimización del cronograma en la construcción [Tesis

de pregrado, Universidad Privada del Norte].

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/35616>

Nina, S. J. L., & Poma, O. M. R. (2023). Propuesta de implementación de la metodología BIM para el diseño y construcción de un puente grúa birriel de 15 T para una planta industrial [Tesis, Universidad Tecnológica del Perú]. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/8453>

Pelayo, S. E. O. (2020). Implementación y metodología de modelos BIM para el mantenimiento de los puentes.

Seminario, M. E. (2004). Guía para el diseño de puentes con vigas y losas. Departamento de Ingeniería Civil.

Such, M., Jiménez-Octavio, J. R., Carnicero, A., & Sánchez-Rebollo, C. (2015). Simulación de cargas móviles sobre estructuras mediante un mallado móvil de elementos finitos. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 31(4), 212–217. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2014.06.003>.

Barlish, K. y Sullivan, K. (2012) Cómo medir los beneficios de BIM: un estudio de caso. *Automatización en la Construcción*, 24, 149-159. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>.

Suermann, P. C., & Raja, R. A. (2009). Evaluating industry perceptions of building information modelling (BIM) impact on construction. *Journal of Information Technology in Construction*, 14, 574–594. <http://www.itcon.org/2009/37>

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes