

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Influencia del BIM en la triple restricción del proyecto de Mejoramiento de Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco - 2024

Asesor:

Ing. Acosta Valer, Hugo Virgilio

Autor:

Torres Monterroso, Jakeline Sadith

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Abancay - Apurímac – Perú

2026

Acta de sustentación



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 004

En la ciudad de Abancay, a los quince días del mes de enero del 2026, siendo las 11:00 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0027-2026- 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 : | Dr. Soto Palomino, Wilfredo |
| Replicante : | Dr. Alarcón Camacho, Erick |

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Influencia del BIM en la triple restricción del proyecto de Mejoramiento de Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: Torres Monterroso, Jakeline Sadith

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 (**) |
|---|-------------------|
| Torres Monterroso, Jakeline Sadith | Aprobada |

Siendo las 12:40pm horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Ing. Cayo Baca, Holguer

Dictaminante: Dr. Soto Palomino, Wilfredo

Replicante: Dr. Alarcón Camacho, Erick

Abancay 15 de enero del 2026

Se expide la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 400

(*) 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.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, Av. Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

Reporte de similitud

JAKELINE SADITH TORRES MONTERROSO

TESIS CON DEPOSITO

 Influencia del BIM en la triple restriccion del proyecto de Mejoramiento de Infraestructura de Servicios de Gestion de la Municipalidad Di...

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:581799745

Fecha de entrega

22 abr 2026, 12:07 GMT-5

Fecha de descarga

22 abr 2026, 12:13 GMT-5

Nombre del archivo

TESIS CON DEPOSITO.pdf

Tamaño del archivo

1.5 MB

110 páginas

21.522 palabras

134.851 caracteres



Página 2 de 116 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::3117:581799745

11% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

11%  Fuentes de Internet

3%  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

| Datos del Autor | |
|--|---|
| Apellidos y nombres | : Torres Monterroso, Jakeline Sadith |
| Tipo de Documento de Identidad | : DNI |
| Número de Documento de Identidad | : 45456492 |
| URL ORCID | : orcid.org/0009-0008-6659-1217 |
| Datos del Asesor | |
| Apellidos y nombres | : Ing. Acosta Valer, Hugo Virgilio |
| Tipo de Documento de Identidad | : DNI |
| Número de Documento de Identidad | : 31036555 |
| URL ORCID | : orcid.org/0000-0003-1492-0441 |
| 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 | : 2024 - 2025 |
| Fuente de financiamiento | : Autofinanciado |
| Porcentaje de similitud | : 11% |
| URL de OCDE | : https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 |

Dedicatoria

A Dios, por ser la fuente de mi fe, fortaleza e inspiración en cada paso de este camino.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y los valores que me han enseñado durante mi vida. Su sacrificio y aliento fueron el pilar para alcanzar esta meta.

A mi querida hermana, por su compañía y por ser mi cómplice y confidente.

A mi futuro esposo, por su paciencia infinita, su comprensión y por ser mi mayor motivación. Gracias por ser el refugio que necesitaba en los momentos de mayor dificultad. Este logro también es tuyo.

Agradecimiento

Quiero expresar mi profunda gratitud a la Universidad Tecnológica de los Andes, por ser la casa de estudios que me abrió sus puertas y me brindó los recursos necesarios para mi desarrollo profesional.

Un agradecimiento especial a mi asesor de tesis, Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer, cuya invaluable guía, paciencia y conocimiento me acompañaron en cada etapa de este trabajo.

A los docentes de mi escuela profesional, por su dedicación y enseñanzas a lo largo de mi formación académica.

A mis compañeros de estudio, quienes con su amistad, apoyo y camaradería hicieron que el camino sea más llevadero y enriquecedor.

Finalmente, a mi familia y amigos por su amor incondicional, su comprensión y su constante aliento. Ellos han sido mi mayor motivación y mi refugio en los momentos difíciles.

Resumen

La presente investigación titulada “Influencia del BIM en la triple restricción del proyecto de Mejoramiento de Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024” tuvo como objetivo evaluar cómo la metodología Building Information Modeling (BIM) influye en la gestión del alcance, tiempo y costo, a partir del análisis de un expediente técnico desarrollado bajo un enfoque tradicional.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y de tipo aplicado, mediante el modelado y la coordinación de las especialidades de arquitectura y estructuras, utilizando como base la información del expediente técnico y el apoyo de software especializado para el análisis y procesamiento de datos.

Los resultados muestran que la implementación del BIM permite mejorar la precisión de los metrados, optimizar la detección de interferencias, alcanzando un 93% de corrección y reducir reprocesos gracias a la identificación temprana de conflictos críticos, lo que representa un ahorro estimado de 142 horas (17.75 días). Asimismo, se identificó una reducción del 7.81% en el costo del proyecto.

Se concluye que el BIM es una herramienta clave para mejorar la calidad, el control y la eficiencia en proyectos de infraestructura pública.

Palabras clave: BIM, triple restricción, alcance, tiempo, costo

Abstract

This research, titled “Influence of BIM on the triple constraint of the Improvement of Infrastructure for Management Services Project of the District Municipality of Oropesa, Cusco – 2024,” aimed to evaluate how Building Information Modeling (BIM) influences the management of scope, time, and cost, based on the analysis of a technical dossier developed under a traditional approach.

The study was conducted under a quantitative and applied research approach, through the modeling and coordination of the architectural and structural disciplines, using the technical dossier as a basis and supported by specialized software for data analysis and processing.

The results show that the implementation of BIM improves the accuracy of quantity takeoffs, optimizes clash detection, achieving a 93% resolution rate and reduces rework through the early identification of critical conflicts, representing an estimated saving of 142 hours (17.75 days). Additionally, a 7.81% reduction in the project cost was identified.

It is concluded that BIM is a key tool for improving quality, control, and efficiency in public infrastructure projects.

Keywords: BIM, project management, scope, cost, time

Índice general

| | |
|---|-------------|
| Portada | i |
| Acta de sustentación | ii |
| Reporte de similitud | iii |
| Metadatos | iv |
| Dedicatoria | v |
| Agradecimiento | vi |
| Resumen | vii |
| Abstract | viii |
| Índice general..... | ix |
| Índice de tablas | xi |
| Índice de figuras | xii |
| Índice de anexos | xiii |
| I. Introducción | 14 |
| II. Planteamiento del problema..... | 16 |
| 2.1 Descripción y formulación del problema..... | 16 |
| 2.2 Objetivos..... | 18 |
| 2.2.1 Objetivo General..... | 18 |
| 2.2.2 Objetivos Específicos | 18 |
| 2.3 Justificación e Importancia | 19 |
| 2.4 Hipótesis | 23 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5 Variables | 24 |
| III. Marco Teórico | 26 |
| 3.1 Antecedentes de investigación..... | 26 |
| 3.2 Bases teóricas..... | 33 |
| 3.3 Definición de términos..... | 45 |
| IV. Metodología | 48 |
| 4.1 Tipo y nivel de investigación..... | 48 |
| 4.2 Ámbito temporal y espacial | 49 |
| 4.3 Población y muestra..... | 50 |
| 4.4 Instrumentos de Investigación. | 51 |
| 4.5 Procedimientos..... | 51 |
| 4.6 Consideraciones éticas..... | 56 |
| V. Resultados y discusión..... | 58 |
| VI. Conclusiones | 85 |
| VII. Recomendaciones..... | 86 |
| VIII. Referencias bibliográficas | 88 |
| IX. Anexos | 95 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables | 25 |
| Tabla 2 Proceso de recolección y análisis de datos | 52 |
| Tabla 3 Cumplimiento del nivel de desarrollo LOD 350 en el modelado 3D..... | 59 |
| Tabla 4 Cantidad de interferencias detectadas por especialidad. | 60 |
| Tabla 5 Modelado 3D de partidas del proyecto, clasificado por especialidad y estado de modelado (LOD 350). | 62 |
| Tabla 6 Subpartidas Modeladas y no modeladas en Estructuras | 64 |
| Tabla 7 Subpartidas Modeladas y no modeladas en Arquitectura..... | 66 |
| Tabla 8 Resumen de variaciones de metrados – Estructuras..... | 68 |
| Tabla 9 Resumen de variaciones de metrados – Arquitectura..... | 70 |
| Tabla 10 Subpartidas no modeladas y criterio de exclusión (Ambas especialidades) | 71 |
| Tabla 11 Comparación global de gestión de la información por especialidad..... | 72 |
| Tabla 12 Partidas del proyecto con nivel suficiente de definición para análisis mediante BIM..... | 74 |
| Tabla 13 Conflictos críticos por Especialidad | 76 |
| Tabla 14 Tiempo estimado de ahorro por interferencias críticas evitadas (horas/días) | 78 |
| Tabla 15 Variación del presupuesto del proyecto según expediente técnico y modelo BIM | 80 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Nivel de información necesaria (LOIN)..... | 36 |
| Figura 2 Diagrama de la Triple Restricción de un Proyecto. | 39 |
| Figura 3 Diagrama de proceso de recolección y análisis de datos | 53 |
| Figura 4 Cantidad de interferencias detectadas por especialidad. | 61 |
| Figura 5 Modelado 3D de partidas del proyecto, clasificado por especialidad y estado de modelado (LOD 350). | 62 |
| Figura 6 Subpartidas Modeladas y no modeladas en Estructuras | 64 |
| Figura 7 Subpartidas Modeladas y no modeladas en Arquitectura | 67 |
| Figura 8 Comparación global de gestión de la información por especialidad | 73 |
| Figura 9 Partidas del proyecto con nivel suficiente de definición para análisis mediante BIM | 74 |
| Figura 10 Conflictos críticos por Especialidad | 76 |
| Figura 11 Tiempo estimado de ahorro por interferencias críticas evitadas (horas/días)... | 78 |
| Figura 12 Variación del presupuesto del proyecto según expediente técnico y modelo BIM | 81 |

Índice de anexos

| | |
|---|------------|
| Anexo 1: Matriz de consistencia | 96 |
| Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables. | 97 |
| Anexo 3: Instrumentos de recolección de información..... | 98 |
| Anexo 4: Validez de instrumentos | 113 |
| Anexo 5: Modelos 3d..... | 116 |
| Anexo 6: Evidencia de resultados de interferencias. | 118 |
| Anexo 7: Licencias de software Revit y Navisworks | 125 |
| Anexo 8: Plan de ejecución BIM (BEP) | 126 |
| Anexo 9: Documentos de sustento de entrega de información..... | 130 |

I. Introducción

La industria de la construcción enfrenta desafíos cada vez más exigentes en relación con plazos, costos y alcance, lo que ha impulsado la incorporación de metodologías que mejoren la eficiencia y la calidad. En ese marco, el Building Information Modeling (BIM) se ha convertido en una herramienta fundamental, al integrar la información de diversas disciplinas en un modelo digital que facilita una toma de decisiones más precisa y oportuna.

En el Perú, su adopción avanza de manera progresiva. El Ministerio de Economía y Finanzas, mediante la Resolución Directoral N.º 0007-2025-EF/63.01, dispuso el uso obligatorio de BIM en 14 tipologías de proyectos de inversión pública, con el fin de reducir errores, costos y tiempos en la ejecución. No obstante, persisten limitaciones, especialmente en la articulación entre los consultores que elaboran expedientes técnicos de forma tradicional y los requerimientos de la transición hacia entornos digitales.

En este contexto, la presente investigación tiene como propósito analizar de qué manera la metodología BIM influye en la triple restricción (alcance, costo y tiempo) del proyecto de infraestructura municipal de Oropesa. El estudio se desarrolló durante el año 2024 y se circunscribe al Proyecto de Mejoramiento de la Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, provincia de Quispicanchi, región Cusco, a partir del análisis técnico de su expediente técnico aprobado, el cual constituye la base documental para el desarrollo del modelo BIM y la evaluación de las variables de estudio. El análisis se enfoca específicamente en las especialidades de Arquitectura y Estructuras,

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un tipo de investigación aplicado. La muestra está conformada por las especialidades de Arquitectura y Estructuras del proyecto, seleccionadas de manera no probabilística y por conveniencia y por ser fundamentales para la coordinación multidisciplinaria y por presentar discrepancias significativas dentro del expediente técnico. Se empleó la técnica de observación

estructurada, utilizando como instrumentos la lista de cotejo, las fichas de observación y los modelos BIM elaborados por la investigadora. Para el análisis se utilizaron los softwares Revit y Navisworks, permitiendo comparar los datos del expediente técnico con los resultados obtenidos del modelado y la detección de interferencias. Asimismo, se aplicó estadística descriptiva para resumir la información mediante porcentajes, frecuencias y comparaciones entre ambos enfoques de diseño.

De esta manera, la investigación busca aportar evidencia práctica sobre los beneficios y desafíos de la metodología BIM en proyectos de infraestructura pública en el Perú, contribuyendo a mejorar la calidad del diseño, reducir interferencias y fortalecer la eficiencia en la gestión de proyectos, especialmente en contextos locales como el distrito de Oropesa.

II. Planteamiento del problema

2.1 Descripción y formulación del problema

En las últimas décadas, la industria de la construcción ha experimentado una transformación significativa impulsada por el avance tecnológico, el cual ha revolucionado los métodos de diseño, planificación y gestión de proyectos a nivel mundial. Mientras que en Europa y Asia estas innovaciones han sido determinantes para el desarrollo eficiente de las obras de construcción, en América Latina, y particularmente en el Perú, aún persisten trabas de carácter burocrático y técnico que limitan el adecuado desarrollo de los proyectos de inversión pública.

En el Perú, los proyectos de infraestructura presentan con frecuencia paralizaciones, sobrecostos y retrasos, lo que repercute negativamente en la calidad de las obras, la transparencia de la gestión y la eficiencia en el gasto público. De acuerdo con el Reporte de Obras Paralizadas de la Contraloría General de la República del Perú (2024), la deficiencia en el expediente técnico constituye la tercera causa de paralización en las entidades públicas, representando el 10,9 % del total, equivalente a 271 obras detenidas a nivel nacional. Esta situación genera un impacto económico aproximado de S/ 3 217 759 554, debido a la presencia de errores críticos durante la etapa inicial de formulación y diseño de los proyectos.

Una de las principales limitaciones en esta etapa radica en la falta de una adecuada coordinación entre las diferentes disciplinas desde la formulación y concepción del proyecto de edificación, lo que puede derivar en incompatibilidades técnicas no detectadas oportunamente. Estas incompatibilidades, cuando no son identificadas en la fase de diseño, originan modificaciones imprevistas durante la ejecución de la obra, incrementando los costos, extendiendo los plazos de ejecución y afectando el cumplimiento del alcance de los objetivos del proyecto.

El proyecto de “Mejoramiento de la Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa” no es ajeno a esta problemática. Durante la revisión del expediente técnico del mencionado proyecto, se identificaron deficiencias que afectan directamente la triple restricción. En relación con el alcance, se evidenciaron discrepancias entre los planos de arquitectura y estructuras, especialmente en niveles, alineamientos, espesores de elementos y ubicación de ejes, así como la ausencia de detalles constructivos, lo que genera ambigüedad en la interpretación del diseño. En cuanto al costo, los metrados presentados en el expediente no se encuentran plenamente validados, debido a la existencia de partidas incompletas, elementos no representados en los planos y divergencias entre lo especificado y lo cuantificado, lo que podría originar adicionales y variaciones presupuestales durante la ejecución. Respecto al tiempo, el expediente técnico carece de un cronograma detallado de actividades y solo contempla un plazo general de ejecución de un año, lo que dificulta una apropiada planificación, secuenciación de actividades y evaluación del impacto de las modificaciones durante la obra. Estas limitaciones iniciales evidencian la falta de coordinación entre disciplinas y resaltan la necesidad de emplear herramientas como BIM, para anticipar interferencias, validar la información técnica y reducir los riesgos asociados al alcance, costo y tiempo del proyecto antes de su ejecución.

Por tanto, la problemática central de la presente investigación se orienta a analizar de qué manera la aplicación de BIM, a partir del expediente técnico elaborado por el consultor, influye en la triple restricción del proyecto (alcance, costo y tiempo), mediante la generación de un modelo coordinado entre las especialidades de Arquitectura y Estructuras. Este análisis se limita a la ingeniería estructural debido a las discrepancias identificadas con el planteamiento arquitectónico.

2.1.1 Problema General

¿Cómo BIM influye en la triple restricción del proyecto de mejoramiento de Infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco - 2024?

2.1.2 Problemas Específicos

- ¿De qué manera BIM influye en el alcance del proyecto de mejoramiento de la Infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco - 2024?
- ¿De qué manera BIM influye en el tiempo del proyecto de Mejoramiento de la Infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco - 2024?
- ¿De qué manera BIM influye en el costo del proyecto de Mejoramiento de la Infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco - 2024?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

- Describir y cuantificar la influencia de BIM en la triple restricción del proyecto de Mejoramiento de Infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Describir de qué manera BIM influye en el alcance del proyecto de Mejoramiento de la Infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024.
- Describir de qué manera BIM influye en el tiempo del proyecto de Mejoramiento de la Infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa,

Cusco – 2024.

- Describir de qué manera BIM influye en el costo del proyecto de Mejoramiento de la Infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024.

2.3 Justificación e Importancia

La presente investigación se justifica porque aborda una de las problemáticas más recurrentes en los proyectos de edificación: la falta de coordinación entre las especialidades de Arquitectura y Estructuras, la cual genera retrasos, incrementos de costo y deficiencias en el cumplimiento del alcance. La detección oportuna de estas discrepancias en la etapa de diseño contribuye a mejorar la calidad del proyecto y a cumplir los objetivos del sistema Invierte.pe, orientados a la eficiencia, reducción de riesgos y uso responsable de los recursos públicos. En este contexto, BIM permite una mejor visualización, coordinación y validación del proyecto antes de su ejecución en obra.

Desde el punto de vista técnico, la aplicación de BIM sobre la base del expediente técnico elaborado por el consultor permite optimizar el diseño mediante la integración de Arquitectura y Estructuras, mejorando el alcance mediante la validación del modelo, el costo a través de metrados más precisos y el tiempo al reducir potenciales reprocesos a partir de la detección temprana de colisiones. De esta manera, el estudio aporta un valor práctico a la gestión de proyectos de infraestructura pública.

2.3.1 Justificación teórica

La presente investigación se basa en la necesidad de aplicar el BIM en proyectos de infraestructura pública, con el objetivo de mejorar la gestión de la triple restricción (alcance, costo y tiempo). El uso de BIM facilita la coordinación entre especialidades, como arquitectura y estructuras, al permitir la detección temprana de interferencias en la fase de diseño, lo que reduce costos y plazos de ejecución.

La teoría del modelo de la triple restricción subraya la interdependencia de estos tres elementos y cómo BIM optimiza su manejo, garantizando un proyecto más eficiente y de mejor calidad.

El análisis del expediente técnico proporcionado por el contratista para el proyecto: “Mejoramiento de la infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa”, permitirá evaluar cómo la integración de BIM puede mejorar la coordinación entre disciplinas y contribuir al éxito del proyecto.

Esta investigación busca aportar al conocimiento sobre el uso de BIM en el sector público, especialmente en proyectos de infraestructura, demostrando su potencial para optimizar los recursos y mejorar la ejecución de obras municipales.

2.3.2 Justificación practica

La justificación práctica de esta investigación radica en la necesidad de fortalecer la eficiencia en la gestión de proyectos de infraestructura pública. En este caso, el expediente técnico fue elaborado por un contratista particular, lo que brinda la oportunidad de analizar cómo el BIM puede mejorar la coordinación entre arquitectura y estructuras, anticipando interferencias y contribuyendo a una mejor gestión del alcance, costo y tiempo del proyecto, evitando sobrecostos y retrasos durante la ejecución de la obra.

2.3.3 Justificación metodológica

La presente investigación adopta un enfoque técnico para analizar cómo BIM influye en la triple restricción del proyecto de mejoramiento de la infraestructura de servicios de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco, con el propósito de generar conocimiento aplicable a la gestión de proyectos públicos.

La aplicación de BIM se centró en las especialidades de Arquitectura y Estructuras, por constituir la base para el desarrollo de las demás disciplinas. El modelado coordinado de estas especialidades permitió evidenciar errores y deficiencias presentes en el expediente

técnico, validando la utilidad de BIM aun cuando se aplica en un alcance limitado.

Las especialidades MEP no fueron consideradas debido a la falta de información completa, restricciones de recursos y tiempo disponibles para el desarrollo del estudio. No obstante, la coordinación entre arquitectura y estructuras permitió verificar la efectividad del enfoque adoptado y formular recomendaciones técnicas para futuras investigaciones.

2.3.4 Justificación Social

El proyecto se desarrolla en el distrito de Oropesa, donde se requiere fortalecer la calidad de los servicios públicos y la infraestructura. La aplicación de BIM en la revisión del expediente técnico permite identificar y corregir inconsistencias entre arquitectura y estructuras, contribuyendo a una ejecución más eficiente y con menores errores constructivos.

Estos aportes generan beneficios directos para la población, al permitir una infraestructura segura, funcional y entregada dentro de los plazos previstos, además de promover el uso responsable de la inversión pública. Asimismo, las observaciones técnicas identificadas serán entregadas al contratista como apoyo para futuras consultas al proyectista, favoreciendo una mejor toma de decisiones durante la ejecución de la obra. En ese sentido, el impacto social se refleja en mejores condiciones de atención al ciudadano y en un desempeño más eficiente y seguro del personal de la entidad.

2.3.5 Justificación Técnica

BIM aporta una mejora significativa en el rendimiento de los recursos al permitir la integración y coordinación de las disciplinas de Arquitectura y Estructuras en un modelo digital único, lo que facilita la detección temprana de interferencias antes de la etapa constructiva, reduciendo retrabajos y optimizando el uso de materiales, mano de obra y tiempos de ejecución. Asimismo, BIM permite obtener metrados más precisos y una planificación más eficiente, fortaleciendo el control sobre la triple restricción del proyecto:

alcance, costo y tiempo

2.3.6 Contribución académica e institucional

En el ámbito académico, la investigación aporta evidencia aplicada que puede ser utilizada como referencia en cursos y estudios relacionados con la gestión de proyectos, la formulación de expedientes técnicos y la modelación BIM. En el ámbito institucional, beneficia directamente al contratista, ya que le proporciona información técnica sustentada que podrá ser utilizada como apoyo en caso la Municipalidad Distrital de Oropesa, a través del área correspondiente, requiera realizar consultas al proyectista sobre posibles discrepancias del expediente técnico durante la ejecución de la obra.

Asimismo, se ve beneficiada la Municipalidad Distrital de Oropesa al contar con un análisis más completo del expediente técnico, y los usuarios del servicio municipal, quienes accederán a una infraestructura mejor planificada y más eficiente.

2.3.7 Limitaciones del estudio

El presente estudio presenta algunas limitaciones que es importante considerar al momento de interpretar sus resultados.

- a. Alcance geográfico y temporal: La investigación se centró únicamente en el proyecto de Mejoramiento de la Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024. Por lo tanto, los hallazgos pueden no ser completamente generalizables a otros proyectos de infraestructura o contextos geográficos diferentes.
- b. Disponibilidad de información: La modelación y análisis se realizaron con base en el expediente técnico y documentación entregada por la empresa contratista, lo cual puede limitar la evaluación de ciertos aspectos que no fueron registrados o que no estaban disponibles durante la investigación.
- c. Nivel de detalle del modelado BIM: Aunque se alcanzó un LOD 350 en las partidas

modeladas, algunos elementos del proyecto no fueron modelados en su totalidad, lo que puede influir en la cuantificación del impacto de BIM en alcance, costo y tiempo.

- d. Enfoque de análisis: Algunos datos, como los reprocesos evitados, dependen de observaciones y registros, por lo que pueden estar sujetos a interpretación; sin embargo, se aplicaron criterios claros y sistemáticos para asegurar su validez y confiabilidad.
- e. Limitaciones tecnológicas: La investigación se desarrolló utilizando Revit y Navisworks para la modelación y coordinación. Las limitaciones propias de estos softwares, así como el nivel de experiencia del modelador, pueden influir en la precisión de la detección de interferencias y en los metrados obtenidos.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

BIM influye en la triple restricción del proyecto de Mejoramiento de Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024, mediante variaciones numéricas y porcentuales.

2.4.2 Hipótesis específicas

- BIM influye en el alcance del del proyecto de Mejoramiento de la Infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024.
- BIM influye en el tiempo del proyecto de Mejoramiento de la Infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024.
- BIM influye e en el costo del proyecto de Mejoramiento de la Infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024.

Nota: Las hipótesis planteadas se abordan desde un enfoque analítico-descriptivo propio del estudio de caso, sin contrastación estadística inferencial.

2.5 Variables

2.5.1 Variable 1: BIM

Conjunto de procesos, tecnologías y estándares que permiten crear, gestionar y coordinar modelos digitales, mejorando interferencias, metrados y control de información (Eastman et al., 2011).

2.5.2 Variable 2: Triple Restricción

Modelo de gestión de proyectos donde el éxito depende del equilibrio entre alcance, tiempo y costo; una variación afecta a las otras dimensiones (PMI, 2021).

Tabla 1*Matriz de operacionalización de variables*

| Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensión | Indicador | Instrumento | Escala/ Unidad de medida |
|------------------------------------|--|---|--|--|--|---|
| BIM (Variable 1) | Conjunto de procesos, tecnologías y estándares que permiten crear, gestionar y coordinar modelos digitales, mejorando interferencias, metrados y control de información (Eastman et al., 2011; ISO 19650). | Se evalúa mediante el cumplimiento del modelado 3D (LOD 350), la coordinación entre Arquitectura y Estructuras a través de interferencias, y la gestión de la información mediante comparación de metrados entre el expediente técnico y el modelo BIM. | Modelado 3D | Cumplimiento del LOD 350 en Arquitectura y Estructuras. | Lista de cotejo | Dicotómica (Si cumple = 1, No cumple = 0) |
| | | | Coordinación | Número de interferencias detectadas. | Ficha de observación (Navisworks) | Porcentual (%) |
| | | | | Porcentaje de interferencias corregidas. | Ficha de observación (Navisworks) | Conteo absoluto |
| | | | Gestión de la información | Diferencias en metrados entre expediente técnico y modelo BIM. | Lista de cotejo | Porcentual (%) |
| | | | Alcance | Porcentaje de cumplimiento de partidas modeladas vs. planificadas. | Lista de cotejo | Porcentual (%) |
| Triple restricción (Variable 2) | Modelo de gestión de proyectos donde el éxito depende del equilibrio entre alcance, tiempo y costo; una variación afecta a las otras dimensiones (PMI, 2021). | Se evalúa mediante las variaciones generadas por BIM en el alcance (partidas modeladas), el tiempo (reprocesos evitados) y el costo (variaciones de metrados y presupuesto). | Tiempo | Número de reprocesos evitados gracias a BIM | Ficha de observación / Registro de interferencia | Conteo Absoluto |
| | | | Costo | Tiempo estimado de ahorro por reprocesos evitados | Lista de cotejo técnica de tiempo. | Cuantitativo (Horas / Días) |
| | | | | variación porcentual en metrados (tradicional vs. BIM) | Lista de cotejo | Porcentual (%) |
| | | | Variación porcentual en el presupuesto estimado del proyecto debido a la implementación de BIM | Lista de cotejo / Análisis de presupuesto | Porcentual (%) | |

Nota. La tabla presenta la operacionalización de las variables BIM y la triple restricción del proyecto de investigación.

III. Marco Teórico

3.1 Antecedentes de investigación

3.1.1 A nivel internacional

Abdelbary et al. (2020), analizaron la reducción de reprocesos y mejora en cronograma con BIM en proyectos fast-track hospitalarios”, el objetivo del estudio fue determinar en qué medida la detección de choques (clash detection) mediante BIM reduce el reproceso (rework) y mejora el desempeño del cronograma en proyectos fast-track. En cuanto a la metodología, se realiza un estudio de caso y análisis empírico en proyectos ejecutados con y sin uso intensivo de clash detection; se comparan indicadores de RFIs, reprocesos y ahorro de tiempo/costo. La población está representada por proyectos fast-track de edificaciones modelados por la misma contratista, destacando un caso hospitalario como estudio principal. Los resultados muestran que la implementación de BIM mediante clash detection reduce reprocesos en aproximadamente un 60%, disminuye RFIs hasta en un 90% y acelera el cronograma en alrededor de 2 meses (~16 % de ahorro de tiempo). La investigación concluye que la detección temprana de choques con BIM produce ahorros significativos en reprocesos y RFIs, y puede traducirse en reducciones apreciables de tiempo de ejecución y costos asociados.

Alnaser et al. (2023), analizaron el impacto de BIM en la reducción de retrasos en proyectos de construcción mediante una dinámica de sistemas”, el objetivo fue analizar cuantitativamente cómo la adopción de BIM influye en las causas de retraso y estimar la reducción potencial de demoras. La metodología aplica modelado por dinámica de sistemas (system dynamics), incorporando índices de importancia relativa (RII) para factores de demora y simulando escenarios con y sin BIM; se incluye un caso de estudio aplicado. La población considera factores y casos representativos de proyectos de construcción (simulación basada en datos de proyectos universitarios y profesionales). Los resultados

evidencian que BIM puede reducir retrasos hasta en 14,55 % en el escenario simulado; en factores específicos, la reducción máxima alcanza 17,65 % de las demoras asociadas a mala gestión de obra. La investigación concluye que BIM puede disminuir significativamente las demoras, especialmente en causas relacionadas con gestión y supervisión, con beneficios que dependen de la función BIM aplicada

Pishdad & Onungwa (2024), realizaron un análisis de la precisión en estimaciones de costos mediante BIM 5D en proyectos de edificación y obras públicas, el objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de BIM 5D (integración de 3D, metrados y costo) en la precisión de estimaciones, control de costos y procesos de pagos. La metodología utiliza un enfoque comparativo cuasi-experimental: presupuestos y metrados generados por métodos tradicionales versus extracción 5D desde modelos BIM; se realiza análisis estadístico de diferencias y errores porcentuales en estimaciones. La población está compuesta por proyectos de edificación y obras públicas, incluyendo múltiples casos analizados. Los resultados muestran una reducción del error porcentual en estimaciones de costos, con mejoras estadísticamente significativas, así mismo se evidencia el incremento en precisión de metrados y presupuestos de hasta 25% en comparación con métodos tradicionales. La investigación concluye que el BIM 5D reduce la incertidumbre en estimaciones y mejora el control financiero, validando su uso temprano en el diseño.

Gharaibeh et al. (2024), realizaron la cuantificación de los beneficios de la adopción de BIM en estudios de caso en Suecia, el objetivo era desarrollar una metodología para cuantificar los beneficios de BIM y validar el enfoque mediante casos prácticos. La metodología combina un marco metodológico con encuestas a la industria y casos prácticos del sector construcción; se integran ecuaciones validadas para estimar impactos en tiempo y costo. La población y muestra incluye profesionales y proyectos del sector construcción en Suecia. Los resultados muestran que existe un incremento de costos en la fase de diseño:

aproximadamente 8-10 % debido a trabajo adicional en modelado, ahorros en tiempo de ejecución de entre 12-18 % en los casos analizados, reducción de reprocesos hasta el 22% en promedio entre los proyectos estudiados. La investigación concluye que la metodología permite medir cuantitativamente los beneficios de BIM, evidenciando mejoras netas en control de tiempo, costo y reducción de reprocesos durante ejecución.

Olmos (2024), en su investigación realiza un análisis de la optimización del tiempo y costo con BIM en construcción de viviendas VIS en Melgar, Tolima, Colombia. El objetivo fue evaluar en qué medida la aplicación de BIM optimiza el tiempo y el costo en la construcción de viviendas de interés social (VIS) en Melgar, Tolima. En cuanto a la metodología que aplica, realiza un estudio de caso aplicado; comparativo entre escenario tradicional y escenario con BIM (modelado, coordinación y extracción de metrados) para la obra VIS; análisis de indicadores de tiempo y costo, la muestra está representada por proyectos de construcción de viviendas VIS en el municipio de Melgar (estudio centrado en el caso práctico seleccionado para 2024, los resultados que arroja la investigación evidencian que la implementación de BIM en el caso analizado reporta mejoras en la planificación (reducción de tiempos de ejecución proyectados) y mayor precisión en metrados y presupuestos, resultando en optimización de costos frente al método tradicional, el estudio concluye que BIM se muestra como una herramienta efectiva para optimizar tiempo y costo en proyectos de vivienda social en contextos locales, validando su incorporación temprana en la etapa de diseño para reducir riesgos y variaciones durante la ejecución.

3.1.2 A nivel nacional

Chávez (2023), analizó el efecto de la aplicación de BIM sobre la optimización de presupuestos de construcción en un proyecto público en Cajamarca. El objetivo fue comparar las partidas presupuestales generadas mediante el método tradicional versus las obtenidas usando BIM. La metodología consistió en un estudio de caso aplicado, modelando

233 partidas del presupuesto con BIM y evaluando las diferencias frente al método convencional. La población y muestra correspondió a todas las partidas presupuestales del proyecto. Los resultados indicaron variaciones significativas en costos: BIM permitió identificar ajustes y optimizar partidas, con un ahorro general estimado en alrededor del 3 % del presupuesto total. La investigación concluye que la aplicación temprana de BIM en la etapa de expediente técnico mejora la precisión presupuestal y reduce riesgos de sobrecostos.

Carranza et al. (2022), en la investigación *Uso de BIM para la optimización del presupuesto de obra de una institución educativa*, evaluaron cómo la adopción de BIM podía mejorar la precisión y eficiencia del presupuesto de obra en una escuela primaria en Madre de Dios. El objetivo fue comparar el presupuesto generado tradicionalmente con el obtenido mediante BIM. La metodología aplicó un estudio de caso con análisis comparativo de partidas y costos. La muestra incluyó todas las partidas del proyecto educativo. Los resultados mostraron un ahorro directo del 1,6 % en el presupuesto al aplicar BIM. La investigación concluye que BIM es una herramienta efectiva para reducir costos y mejorar la planificación presupuestal en proyectos educativos.

Barboza, G. et. al (2022), implementaron BIM para evaluar costo y plazo en el diseño del edificio Villa Jiménez, Magdalena del Mar, Lima, donde evaluaron la influencia de BIM en el control de costos y plazos durante la etapa de diseño de un edificio residencial. El objetivo fue determinar cómo BIM podía mejorar la precisión de estimaciones de costos y el cronograma del proyecto. La metodología consistió en un estudio de caso comparativo entre estimaciones tradicionales y las extraídas del modelo BIM. La población y muestra incluyó todas las partidas del diseño arquitectónico y estructural. Los resultados mostraron una reducción de errores de estimación de costos de aproximadamente 2,5 % y un ajuste en la planificación que permitió prever retrasos potenciales. La investigación concluye que

BIM es útil para anticipar variaciones en costo y tiempo durante el diseño, fortaleciendo la triple restricción del proyecto.

Checca et al. (2024), en su investigación realizaron la integración de BIM e IPD para el diseño optimizado de edificios residenciales en Juliaca - Puno, donde analizaron la combinación de BIM y la metodología IPD (Integrated Project Delivery) para optimizar el diseño y la coordinación multidisciplinaria en proyectos residenciales. Tiene como objetivo evaluar cómo esta integración puede reducir conflictos, mejorar coordinación y optimizar costos y tiempo. La metodología consistió en un estudio de caso aplicado en proyectos piloto, modelando arquitectura, estructuras y algunas especialidades MEP de manera colaborativa. La población y muestra incluyó los elementos modelados de los proyectos residenciales seleccionados. Los resultados evidenciaron disminución de interferencias y optimización de planificación de hasta 10 % en tiempo de diseño y un 4 % en costos asociados. Se concluye que BIM combinado con IPD facilita la coordinación multidisciplinaria, reduciendo riesgos y mejorando eficiencia en proyectos residenciales.

Barboza et. Al (2022), realizaron una evaluación de la influencia de BIM en el control de costos y plazos durante la etapa de diseño de un edificio residencial, El objetivo fue determinar cómo BIM podía mejorar la precisión de estimaciones de costos y el cronograma del proyecto. La metodología consistió en un estudio de caso comparativo entre estimaciones tradicionales y las extraídas del modelo BIM. La población y muestra incluyó todas las partidas del diseño arquitectónico y estructural. Los resultados mostraron una reducción de errores de estimación de costos de aproximadamente 2,5 % y un ajuste en la planificación que permitió prever retrasos potenciales. La investigación concluye que BIM es útil para anticipar variaciones en costo y tiempo durante el diseño, fortaleciendo la triple restricción del proyecto.

3.1.3 A nivel regional

Marca (2021), en su investigación analiza la Influencia de la metodología BIM en formulación de un expediente técnico, en dicho estudio planteó como objetivo general, Determinar como la metodología BIM influye en la formulación del expediente técnico de la Dirección Regional de Trabajo y Promoción del Empleo de Apurímac. La metodología empleada en esta investigación corresponde a un diseño no experimental, de alcance correlacional. La población al igual que la muestra está representada por 1187 partidas del proyecto de las especialidades como estructuras, arquitectura, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, instalaciones especiales de comunicación y mecánicas. Los resultados son: 730 partidas afectadas con las nuevas cuantificaciones, el costo se incrementó en 86,746.52 soles y hubo una disminución en el cronograma de ejecución de la obra de 52 días, donde las partidas modificadas por el nuevo metrado, influyen en el aumento del costo del proyecto. Concluye que se logró determinar la influencia de la metodología BIM en el expediente técnico del proyecto, además que BIM tiene una gran capacidad para identificar y prevenir posibles problemas y conflictos en la fase de diseño.

Huamán (2022), realizó un análisis a partir de la implementación de BIM en un proyecto de mejoramiento y ampliación de la I.E. N° 50604 de Umabamba, Urubamba, Cusco. El estudio tuvo como objetivo determinar cómo la adopción de BIM puede mejorar la precisión del expediente técnico y la coordinación de diseño. La metodología consistió en un estudio de caso aplicado, modelando digitalmente la arquitectura y estructuras del proyecto; la población y muestra incluyó todos los elementos constructivos del expediente técnico. Los resultados mostraron que BIM permitió detectar interferencias y mejorar la consistencia del diseño, con una reducción estimada de errores de coordinación de hasta 12 %. Se concluye que BIM es útil para anticipar problemas de diseño y fortalecer la calidad del expediente técnico en proyectos de infraestructura educativa.

Cusirimay (2022), realizó una evaluación a partir de la implementación de BIM en el Centro Rural de Formación en Alternancia de Agoiganaera Maganiro, distrito Echarate, La Convención, Cusco. El objetivo fue optimizar la cuantificación de recursos y la planificación de obra mediante el modelado digital. La metodología fue un estudio de caso aplicado, comparando metrados tradicionales versus metrados extraídos del modelo BIM. La población y muestra consideró todos los elementos de subestructura y superestructura del proyecto. Los resultados indicaron que BIM incrementó la precisión de los metrados hasta en 18,53 %, reduciendo retrabajos y mejorando la planificación de obra. La investigación concluye que BIM mejora significativamente la gestión de recursos y reduce riesgos de retrasos y sobrecostos en proyectos de infraestructura rural.

Carbajal & Paucarmayta (2024), realizaron un análisis de la aplicación de BIM 5D en proyectos de infraestructura educativa en la provincia de Grau, Apurímac. El objetivo fue evaluar cómo BIM 5D puede optimizar cronogramas y presupuestos, integrando modelado 3D, tiempo y costos. La metodología consistió en un estudio de caso aplicado, comparando planificación y presupuesto tradicional versus BIM 5D; la población y muestra incluyó cuatro proyectos educativos ejecutados por administración directa. Los resultados evidenciaron una reducción de errores de estimación de costos de hasta 4,5 % y ajustes en cronogramas que permitieron anticipar retrasos potenciales, mejorando la planificación general. Se concluye que BIM 5D optimiza la triple restricción en proyectos de infraestructura educativa, aumentando la precisión en costos y tiempos de ejecución.

Aragón & Granados (2024), analizaron la aplicación de un plan de ejecución BIM en el expediente técnico del puente Costanera 2 en Cusco. El objetivo fue desarrollar y validar un plan de ejecución BIM para mejorar la coordinación, planificación y control de la obra en un proyecto de infraestructura vial. La metodología consistió en un estudio de caso aplicado, modelando la estructura del puente, definiendo niveles de desarrollo (LOD),

fases de construcción y estrategias de coordinación multidisciplinaria. La población y muestra incluyó todos los elementos estructurales del puente modelados en el proyecto piloto. Los resultados evidenciaron una mejora en la detección de interferencias y planificación de actividades, con reducción estimada de reprocesos en un 12 % y optimización de tiempos de ejecución en fases críticas de hasta 10 %. La investigación concluye que la implementación de un plan de ejecución BIM mejora la coordinación y control del proyecto, disminuyendo riesgos y aumentando la eficiencia en obras de infraestructura pública en Cusco.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Building Information Modelling (BIM)

El Building Information Modeling (BIM) es un concepto ampliamente desarrollado por organismos internacionales y diversos autores, convirtiéndose en un enfoque fundamental para la gestión contemporánea de proyectos de construcción.

La Unión Europea (2019) describe BIM como una representación digital empleada durante la planificación, construcción, operación y mantenimiento de un activo, donde se integran procesos, tecnologías e información para mejorar la toma de decisiones y los resultados en cada fase del ciclo de vida del proyecto.

De acuerdo con buildingSMART International (2024), BIM constituye una metodología colaborativa que organiza y centraliza información geométrica en 3D, así como datos relacionados con el tiempo (4D), costos (5D), sostenibilidad (6D) y operación o mantenimiento (7D), dentro de un entorno digital común en el que participan todos los agentes del proyecto.

Por su parte, la NTP-ISO 19650-1 (INACAL, 2021) define BIM como “el uso de una representación digital compartida de un activo construido que facilita los procesos de diseño, construcción y operación, y que proporciona una base fiable para tomar decisiones

informadas”. Esta definición destaca el valor de la información como eje articulador en cada etapa del proyecto.

Asimismo, Eastman et al. (2011) sostienen que BIM combina tecnología con procesos para generar, comunicar y analizar modelos digitales compuestos por objetos paramétricos inteligentes. Este enfoque resalta la mejora en la eficiencia del proyecto gracias a una gestión más precisa de la información y a la coordinación entre especialidades.

En conjunto, estas posturas permiten entender BIM como una metodología colaborativa orientada a la gestión integral de la información mediante modelos digitales multidimensionales. Su implementación favorece la coordinación interdisciplinaria, la detección temprana de interferencias, la optimización de recursos y el incremento de eficiencia y transparencia tanto en proyectos públicos como privados.

En esa línea, la presente investigación adopta BIM considerando tres dimensiones esenciales: el modelado 3D, la coordinación y la gestión de la información. Cada una de ellas se analiza en detalle con el propósito de explicar su influencia en la optimización del alcance, costo y tiempo del proyecto.

3.2.1.1 Modelado 3D

El modelado 3D dentro de la metodología BIM se refiere a la construcción digital y precisa de los componentes de un proyecto, permitiendo representar su forma, ubicación y comportamiento. A diferencia de los planos bidimensionales tradicionales, un modelo BIM incorpora información paramétrica asociada a cada elemento, lo que facilita su revisión, análisis y la toma de decisiones durante el diseño. Eastman et al. (2011) señalan que estos modelos no solo muestran la geometría, sino que integran datos técnicos que permiten simular el desempeño constructivo y aumentar la exactitud del expediente técnico.

a. Niveles de Información Necesaria (LOIN)

En el entorno BIM, los Niveles de Desarrollo (Level of Development - LOD)

permiten establecer el grado de detalle, confiabilidad y uso del modelo 3D según la etapa del proyecto. Gracias a esta estandarización, todos los actores involucrados como: proyectistas, supervisores y entidades públicas; pueden interpretar con claridad qué información contiene el modelo y cuál es su propósito.

El Plan BIM Perú (2021), alineado con lineamientos del AIA (American Institute of Architects) y el BIMForum, organiza estos niveles desde una representación conceptual hasta la documentación final de obra. Los LOD se describen de la siguiente manera:

- **LOD 100 — Conceptual:** Se representa el proyecto mediante volúmenes o masas generales sin precisión geométrica.
- **LOD 200 — Esquemático:** Los elementos adquieren dimensiones aproximadas y una ubicación preliminar.
- **LOD 300 — Diseño Preciso:** El modelo alcanza un nivel de definición compatible con el expediente técnico.
- **LOD 350 — Coordinación:** Se incorporan detalles que permiten comprender la interacción entre especialidades, tales como uniones y encuentros. Es el nivel clave para coordinar y detectar interferencias.
- **LOD 400 — Fabricación y Montaje:** Los elementos se modelan con suficiente detalle para prefabricación y montaje, incorporando datos de producción y logística.
- **LOD 500 — As-Built:** Refleja el estado final construido, útil para operación y mantenimiento por contener información real de materiales, equipos y componentes.

Para definir el LOIN de un entregable se consideran dos métricas esenciales:

- a. **Nivel de Detalle (LOD):** Relacionado con la información geométrica.
- b. **Nivel de Información (LOI):** Referido a datos alfanuméricos y documentos vinculados al modelo. Ambos parámetros se establecen según los requisitos de información necesarios en cada fase de la inversión.

Figura 1

Nivel de información necesaria (LOIN).



Nota. Instructivo de la Matriz para la definición de Nivel de LOIN, Plan BIM Peru.

El LOD permite determinar el grado de madurez de un modelo BIM respecto a su geometría, contenido y precisión para usos específicos (BIM Forum, 2020). En el marco normativo peruano, la Guía BIM Perú (2021) establece que un modelo con LOD 350 debe cumplir con: detallado geométrico, exactitud para metrados, definición correcta de encuentros entre elementos, coherencia con ejes y niveles, y confiabilidad para coordinar y extraer cantidades con precisión.

3.2.1.2 Coordinación de especialidades

La coordinación dentro del BIM facilita la integración de las disciplinas de arquitectura, estructuras e instalaciones mediante un Entorno Común de Datos (CDE), lo que posibilita reconocer posibles inconsistencias en fases iniciales del proyecto. Según el UK BIM Framework (2020), la colaboración entre disciplinas constituye un elemento fundamental de la metodología, ya que permite identificar conflictos antes de la etapa de construcción.

3.2.1.2.1 Detección de interferencias

La detección de interferencias, conocida como clash detection, es una de las

funciones más utilizadas dentro de la metodología BIM. Este procedimiento permite confrontar modelos de distintas disciplinas para identificar conflictos geométricos o espaciales entre los elementos, ayudando a prevenir problemas durante la construcción. Según el NIBS (2021), la detección de interferencias contribuye a disminuir modificaciones en obra, reduciendo costos y retrasos derivados de errores de diseño.

3.2.1.2.2 Tipos de interferencias

- **Clash duro (Hard clash):** Ocurre cuando dos elementos ocupan simultáneamente el mismo espacio físico.
- **Clash funcional (Soft clash):** Se presenta cuando no se respetan las tolerancias o distancias mínimas requeridas.
- **Clash de flujo o sistema:** Conflictos que afectan el funcionamiento de tuberías, ductos o circuitos.

3.2.1.2.3 Herramientas para la detección de interferencias

Además de Navisworks, existen diversas herramientas como Solibri Model Checker, Tekla BIMsight, Revizto y plataformas en la nube como BIM 360. Estas aplicaciones permiten revisar los modelos de manera colaborativa, gestionar incidencias y mejorar la coordinación entre disciplinas, incrementando la eficiencia y exactitud en la ejecución de los proyectos.

3.2.1.2.4 Proceso para la detección de interferencias

- Importación y consolidación de modelos:** Se cargan los modelos de arquitectura, estructuras e instalaciones en el software correspondiente.
- Definición de reglas de clash detection:** Se establecen criterios de interferencia, como distancias mínimas entre elementos y categorías de prioridad.
- Ejecución de la detección de interferencias:** El software evalúa los modelos y genera un listado de conflictos detectados.

- d. **Clasificación y revisión:** Los clashes se categorizan según su gravedad y se documentan en un informe.
- e. **Resolución y seguimiento:** Se coordinan las correcciones con los responsables de cada disciplina y se actualizan los modelos según corresponda.

3.2.1.3 Gestión de la información:

Según el Ministerio de Economía y Finanzas (2023), BIM es “una metodología de trabajo colaborativo para la gestión de la información de una inversión pública” que utiliza un modelo de información común y abarca todas las fases del ciclo de vida del activo, desde la formulación hasta la operación, asegurando una base confiable para la toma de decisiones.

Recientemente, se ha planteado que la gestión de información en proyectos BIM implica la creación, almacenamiento, transferencia y uso eficiente de los datos provenientes de un modelo digital 3D. Esto resalta la importancia de administrar adecuadamente la información para evitar pérdida de datos o interpretaciones incorrectas, manteniendo la integridad del proyecto.

Por lo tanto, la gestión de la información en BIM se entiende como un conjunto de procesos sistemáticos que generan, almacena, coordinan, intercambian y actualizan la información técnica, gráfica y alfanumérica contenida en un modelo digital compartido, garantizando su calidad, coherencia y trazabilidad durante todo el ciclo de vida del proyecto. Esta gestión eficiente permite una coordinación interdisciplinaria óptima, reduce errores, facilita la toma de decisiones y mejora el control de alcance, costo y tiempo (MEF, 2023).

3.2.2 Teoría de la Triple restricción

El PMBOK (PMI, 2021) define la triple restricción como la interdependencia entre alcance, costo y tiempo, elementos que determinan el desempeño del proyecto. Este modelo de gestión sostiene que el éxito de un proyecto depende del equilibrio entre estas tres dimensiones, de modo que cualquier cambio en una de ellas repercute en las otras.

Figura 2

Diagrama de la Triple Restricción de un Proyecto.



Nota. a figura muestra la interdependencia entre alcance, tiempo y costo en la gestión de proyectos según el enfoque del PMBOK.

En el ámbito de la construcción y proyectos de ingeniería civil, existen restricciones que pueden afectar el éxito de un proyecto si no se gestionan adecuadamente. Estas limitaciones, reconocidas en el PMBOK (2021) como la “Triple Restricción”, comprenden tres dimensiones interrelacionadas: alcance, tiempo y costo. A continuación, se describe cada componente:

3.2.2.1 Alcance:

En proyectos de construcción, el alcance define los límites del proyecto, es decir, qué se incluye y qué no, asegurando que el trabajo realizado cumpla con los objetivos y características requeridas por el cliente (PMBOK, 2021). Establecer claramente el alcance permite que los entregables estén alineados con las expectativas y necesidades de los usuarios finales, evitando actividades innecesarias y garantizando eficiencia en la ejecución.

En el contexto de la investigación, el alcance se centra en identificar los elementos y componentes del proyecto que se modelarán y coordinarán mediante BIM, así como en asegurar que el modelo digital refleje la información necesaria para la gestión del alcance, costo y tiempo. Esto incluye la definición de entregables y la verificación de que la

información del modelo sea consistente y útil para la toma de decisiones durante las fases de diseño y coordinación.

3.2.2.2 Tiempo:

En el marco de la gestión de proyectos, el tiempo constituye el período estimado para completar todas las actividades del proyecto, siendo un elemento clave de la triple restricción junto con el alcance y el costo (PMBOK, 2021). Una correcta planificación y seguimiento del tiempo asegura que los entregables se produzcan dentro de los plazos establecidos, evitando retrasos y optimizando la eficiencia de los recursos.

En el contexto de la presente investigación, el componente tiempo se analiza considerando la planificación y secuenciación de actividades a través de modelos BIM, lo que permite visualizar la duración de tareas, anticipar conflictos y coordinar mejor los distintos procesos del proyecto. El uso de herramientas BIM facilita la integración de información temporal (4D), permitiendo estimar plazos, simular escenarios y realizar seguimiento del avance de manera más precisa.

De este modo, el análisis del tiempo dentro del proyecto se centra en identificar cómo la metodología BIM contribuye a mantener la programación de actividades de forma coherente con los objetivos del proyecto, reduciendo posibles retrasos y apoyando la toma de decisiones respecto a la coordinación entre disciplinas.

3.2.2.3 Costo:

Dentro de la triple restricción, el costo se define como el valor monetario requerido para ejecutar un proyecto, y su adecuada gestión asegura que los recursos financieros se utilicen de manera eficiente dentro del presupuesto aprobado (PMBOK, 2021). La planificación, estimación, asignación y control del costo son esenciales para garantizar que el proyecto se mantenga dentro de los límites económicos establecidos y se logren los objetivos definidos.

En el marco de la presente investigación, se analiza el costo en relación con la metodología BIM, destacando cómo el uso de modelos digitales permite cuantificar recursos, simular escenarios de inversión y detectar discrepancias entre el presupuesto estimado y las necesidades reales de obra. La información generada por BIM, gracias a sus capacidades paramétricas y multidimensionales (5D), facilita la revisión de cantidades, la comparación de costos y la toma de decisiones financieras más precisas, reduciendo riesgos de sobrecostos y desviaciones en el proyecto.

De este modo, el enfoque del costo en la investigación se centra en cómo la implementación de BIM contribuye a un control más eficiente de los recursos y a mejorar la confiabilidad de las estimaciones presupuestarias, integrando planificación, seguimiento y análisis económico dentro del ciclo de vida del proyecto.

3.2.3 BIM en el ciclo de vida de un Proyecto

La metodología BIM se aplica a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto, desde su concepción hasta su operación y eventual demolición, permitiendo gestionar información de manera integrada y mejorar la toma de decisiones en cada fase.

- **Fase de preconstrucción / concepción del proyecto:** En esta etapa, BIM facilita la visualización y simulación temprana del proyecto, ayudando a los equipos de diseño y a los clientes a comprender los objetivos y requisitos del proyecto. Además, permite realizar análisis preliminares de sostenibilidad, costos y cronogramas para evaluar diferentes alternativas de manera informada.
- **Fase de diseño:** BIM permite desarrollar modelos tridimensionales detallados que contienen información geométrica, de materiales y rendimiento de los elementos del proyecto. Esta capacidad mejora la coordinación entre disciplinas (arquitectura, estructura, instalaciones), ayudando a prevenir errores y conflictos antes de la construcción.

- **Fase de construcción:** Durante la ejecución, los modelos BIM se emplean para planificar la secuencia de obra, organizar recursos, gestionar logística y detectar interferencias entre sistemas. Asimismo, contribuyen al control de calidad y a la gestión de cambios en tiempo real.
- **Fase de operación y mantenimiento:** Una vez concluido el proyecto, los modelos BIM sirven como una fuente confiable de información para la administración del activo, mantenimiento preventivo y planificación de renovaciones, gracias a los datos detallados de materiales, planos as-built y sistemas del edificio.

3.2.4 Metrados

El metrado se define como la cuantificación de la obra por partidas, considerando la unidad de medida correspondiente para cada elemento del proyecto (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010, RD 073 2010/VIVIENDA/VMCS DNC). Esta información es esencial para la estimación de costos y la planificación de recursos en proyectos de construcción.

3.2.4.1 Metrados automáticos con BIM

El uso de BIM permite generar metrados de manera automática a partir de modelos paramétricos, lo que disminuye las inconsistencias entre los planos y las mediciones manuales, y facilita análisis más rápidos y confiables. Según NBS (2019), los modelos digitales incrementan la precisión de las cantidades y permiten actualizar automáticamente los metrados cuando se producen cambios en el diseño.

3.2.4.2 Procedimiento para obtener metrados automáticos

- Configuración de las familias y propiedades de los elementos en el software BIM, como Revit.
- Asignación de parámetros adecuados de cantidad, unidad y material a cada elemento.
- Generación de tablas de cantidades (schedules) o exportación de los datos a

herramientas externas como Excel o Cost it.

- Validación cruzada con los planos para asegurar coherencia y exactitud de los metrados.

3.2.5 BIM en obra pública

A nivel internacional, países como Reino Unido, Chile y Estados Unidos han incorporado BIM en la normativa de obras públicas, con el fin de mejorar la eficiencia, la transparencia y la coordinación en los proyectos (UK BIM Framework, 2020).

En el Perú, la Directiva de BIM del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones establece lineamientos para la adopción progresiva de esta metodología en proyectos públicos, promoviendo interoperabilidad y reducción de incertidumbres (MEF, 2021). La implementación de BIM se ha impulsado estratégicamente mediante el Plan BIM Perú, liderado por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), con el objetivo de optimizar la eficiencia, calidad y transparencia de las inversiones públicas (MEF, 2022; MEF, 2025).

En 2022, el MEF publicó los “Lineamientos para la adopción progresiva de BIM en las fases del Ciclo de Inversión”, que proponen un proceso escalonado en cuatro etapas: planificación, implementación, medición y seguimiento, y retroalimentación (MEF, 2022). Más adelante, mediante la Resolución Directoral N.º 0007-2025-EF/63.01, se hizo obligatorio el uso de BIM en 14 tipologías de proyectos de infraestructura pública, además de definir los requisitos mínimos de software, hardware y entornos de datos para su adopción (MEF, 2025). Para facilitar esta transición, se ha brindado asistencia técnica a 48 entidades públicas para diagnosticar su situación, conformar equipos BIM y elaborar planes institucionales de implementación (MEF, 2025).

El Plan BIM Perú también enfatiza la formación y capacitación de los actores involucrados, incluyendo la elaboración de mallas curriculares para instituciones educativas y programas dirigidos a servidores públicos, fomentando la colaboración con el sector

privado y la academia para fortalecer competencias en BIM (MEF, 2025a).

Respecto a avances y pilotaje, varias entidades públicas han recibido acompañamiento técnico y se reportó la participación de más de 4,000 asistentes en el evento “Plan BIM Perú 2025”, lo que refleja un interés creciente por la metodología (Gestión, 2025). No obstante, persisten desafíos, como la fragmentación de la industria debido a que muchas empresas de construcción peruanas son micro y pequeñas (MYPE), y la necesidad de que las entidades públicas se adapten a los requerimientos tecnológicos de software, hardware y entornos de datos (MEF, 2025).

3.2.6 Expediente Técnico

El expediente técnico es el documento que contiene el diseño de la obra y los elementos que justifican la inversión pública, según el Reglamento de la Ley N.º 32069 (MEF, 2025, Art. 152). Este documento puede ser elaborado por la entidad contratante o por un contratista bajo supervisión, y su correcta preparación es fundamental para asegurar la viabilidad del proyecto.

3.2.6.1 Componentes del expediente técnico.

Según la legislación peruana, un expediente técnico comprende:

- Memoria descriptiva
- Estudios definitivos
- Planos
- Especificaciones técnicas
- Metrados
- Presupuesto
- Análisis de costos unitarios
- Cronograma

- Fórmulas polinómicas
- Presupuesto base.

3.2.6.2 Problemas comunes del Expediente Técnico.

Tradicionalmente, los expedientes técnicos presentan inconsistencias entre planos arquitectónicos y estructurales, errores en metrados, incoherencias entre memorias y planos, incompatibilidades constructivas y descoordinación entre especialidades (MEF, 2020; NBS, 2019). Estas deficiencias suelen trasladarse a la etapa de ejecución, generando mayores costos y retrasos

3.2.6.3 Importancia de la coordinación del expediente técnico

La coordinación del expediente técnico es crucial para garantizar que el diseño sea ejecutable y coherente. Entre sus beneficios destacan:

Reducción de incertidumbre y riesgos: Identifica errores u omisiones desde la etapa de diseño, minimizando retrasos y sobrecostos (MEF, 2025, Art. 170.1).

Coherencia entre disciplinas: Asegura compatibilidad entre arquitectura, estructuras e instalaciones, evitando conflictos técnicos.

Prevención de errores en metrados: Reduce duplicidades y vacíos en la cuantificación de obra.

Base para BIM: Un expediente técnico coordinado permite un modelado digital confiable; inconsistencias en el documento se replican en el modelo BIM.

En síntesis, la coordinación del expediente técnico refuerza la calidad del diseño, facilita la planificación, optimiza presupuestos y cronogramas, y constituye un requisito indispensable para la implementación efectiva de BIM en proyectos de arquitectura y estructuras.

3.3 Definición de términos

BIM (Building Information Modeling): Metodología colaborativa que utiliza modelos

digitales tridimensionales con información integrada para planificar, diseñar, construir y gestionar proyectos de construcción, mejorando la coordinación, eficiencia y toma de decisiones (Eastman et al., 2011).

Modelo BIM: Representación digital de un proyecto que integra la geometría, características físicas y funcionales de los elementos, permitiendo analizar, simular y gestionar el ciclo de vida de la obra (National Institute of Building Sciences [NIBS], 2015).

LOD (Level of Development): Nivel de detalle y confiabilidad de un elemento dentro del modelo BIM en una etapa específica, que define desde representaciones conceptuales hasta información precisa para construcción y operación (BIMForum, 2020).

LOI (Level of Information): Cantidad, calidad y profundidad de la información no geométrica asociada a un elemento del modelo, como propiedades, parámetros técnicos o especificaciones, que condiciona la utilidad del modelo para la toma de decisiones (Bew y Richards, 2008).

Modelo federado: Integración de varios modelos BIM individuales (arquitectura, estructuras, MEP, etc.) en un modelo centralizado dentro de un entorno común, para coordinar, detectar conflictos y revisar de manera integrada sin fusionar archivos (Eastman et al., 2011).

Interferencias (Clash): Conflictos geométricos o espaciales entre elementos de diferentes disciplinas dentro de un modelo 3D. Su detección permite anticipar problemas antes de la construcción, reduciendo costos y retrabajos (NIBS, 2021).

Triple Restricción: Relación interdependiente entre alcance, tiempo y costo, que determina el desempeño y éxito de un proyecto. Cambios en una dimensión afectan a las otras dos (Project Management Institute [PMI], 2021).

Alcance: Define los objetivos, entregables y resultados del proyecto, estableciendo lo que está incluido y excluido del trabajo (PMI, 2021).

Tiempo: Periodo requerido para completar las actividades y entregables de un proyecto, incluyendo secuencias, programación y plazos (PMI, 2021).

Costo: Recursos financieros necesarios para ejecutar un proyecto, incluyendo materiales, mano de obra y equipamiento, cuya gestión asegura el cumplimiento del presupuesto aprobado (PMI, 2021).

Modelo 2D: Representación bidimensional basada en líneas y vectores sin volumen, comúnmente utilizada para planos arquitectónicos e ingenieriles (Ching, 2015).

Modelo 3D: Modelo digital que incorpora geometría espacial, volumen, materiales y configuración realista, base fundamental para la metodología BIM (Eastman et al., 2011).

Modelo 4D: Integra el modelo 3D con la dimensión tiempo, permitiendo simular secuencias constructivas y mejorar la planificación y control de obra (Sacks et al., 2018).

Modelo 5D: Combina el modelo 4D con la dimensión de costo, integrando metrados, presupuestos y cantidades para análisis económicos dinámicos (Sacks et al., 2018).

Interoperabilidad: Capacidad de diferentes sistemas y softwares de BIM para intercambiar información y trabajar de manera coordinada sin pérdida de datos, según ISO 19650 (International Organization for Standardization [ISO], 2018).

MEP: Conjunto de disciplinas de mecánica, electricidad y tuberías (plomería), esenciales para el funcionamiento de un edificio y de alta complejidad para la coordinación BIM (Krygiel y Nies, 2008).

Metrados automáticos: Cantidades de obra generadas automáticamente a partir de un modelo BIM paramétrico, que aumentan la precisión y reducen discrepancias entre planos y mediciones manuales (NBS, 2019).

IV. Metodología

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación:

Según Hernández Sampieri et al. (2014), la investigación aplicada tiene como objetivo generar conocimientos que puedan emplearse para resolver problemas concretos o mejorar prácticas existentes. En este sentido, el presente estudio es de tipo aplicada, ya que busca describir y analizar la influencia del BIM en la triple restricción del proyecto de Mejoramiento de Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024, sin intervenir directamente en las variables y dentro de un contexto natural.

4.1.1 Nivel de investigación:

El estudio corresponde a un nivel descriptivo, dado que busca identificar y caracterizar los elementos del expediente técnico, los metrados y las interferencias detectadas mediante la modelación BIM, para evidenciar de manera concreta cómo el BIM influye en el alcance, tiempo y costo del proyecto.

De acuerdo con Sampieri et al. (2014), los estudios descriptivos permiten detallar las características de fenómenos, procesos o situaciones, favoreciendo una comprensión inicial del caso analizado.

4.1.2 Enfoque de investigación

De acuerdo con Sampieri et al. (2014), la investigación cuantitativa se basa en un razonamiento deductivo y en la formulación de preguntas e hipótesis que se verifican mediante datos empíricos. Por ello, el presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, centrado en la obtención de datos numéricos y en su análisis para evaluar la relación entre BIM y la triple restricción del proyecto.

4.1.1 Diseño de investigación

El diseño de investigación constituye el plan general para recolectar y analizar información de manera sistemática. Según Sampieri et al. (2014), un diseño no experimental se caracteriza porque no manipula deliberadamente las variables; en cambio, observa los fenómenos en su contexto natural.

En consecuencia, esta investigación adopta un diseño no experimental y de corte transversal, ya que no se interviene en las variables y la información se recopila en un solo periodo de tiempo.

El análisis se centra en la relación entre la metodología BIM y la triple restricción del proyecto “Mejoramiento de Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024”, a partir de la observación, modelación y medición de datos del expediente técnico y del modelo BIM desarrollado.

4.2 Ámbito temporal y espacial

4.2.1 Ámbito Temporal

El ámbito temporal determina si la investigación es transversal o longitudinal (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Este estudio se considera transversal, ya que los datos fueron recolectados en un único momento temporal del año 2024, y retrospectivo, dado que se analizaron registros pasados del expediente técnico aprobado por un consultor para identificar variaciones en costos, tiempo y alcance.

4.2.2 Ámbito Espacial

La investigación se circunscribe al proyecto “Mejoramiento de la Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa”, ubicado en el distrito de Oropesa, provincia de Quispicanchi, región Cusco, Perú. El análisis se centra en la aplicación de la metodología BIM basada en el expediente técnico elaborado por la empresa

contratista y sus efectos sobre la triple restricción.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

Según Sampieri et al. (2014), la población es el conjunto de todos los casos que cumplen con ciertas características (p. 174).

En esta investigación, la población está constituida por la totalidad del proyecto “Mejoramiento de la Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024”, ya que comprende todos los elementos técnicos necesarios para evaluar la implementación de BIM y su relación con la triple restricción.

4.3.2 Muestra

La muestra es un subconjunto de la población seleccionado por sus características y relevancia para el estudio (Sampieri et al., 2014, p. 175).

En este caso, la muestra incluye las especialidades de Arquitectura y Estructuras, seleccionadas mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que son esenciales para la coordinación del proyecto, la detección de interferencias y el análisis de metrados, y representan de manera adecuada el objetivo del estudio.

4.3.3 Técnicas de Investigación

Se utilizaron técnicas propias del enfoque cuantitativo, definidas como procedimientos sistemáticos para obtener información válida y confiable (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Las principales técnicas fueron:

Revisión documental: permitió recopilar, examinar y sistematizar la información contenida en el expediente técnico del proyecto.

Observación estructurada: se empleó para registrar las características específicas de los modelos BIM, incluyendo metrados, interferencias y elementos constructivos, sin intervención del investigador. Estas técnicas facilitaron la obtención de datos cuantitativos

necesarios para analizar la relación entre BIM y la triple restricción.

4.4 Instrumentos de Investigación.

Los instrumentos se seleccionaron para recolectar información sistemática sobre BIM y la triple restricción (Sampieri, Fernández y Baptista, 2014). Se utilizaron:

Lista de cotejo: para revisar y organizar la información contenida en el expediente técnico y el modelo BIM, identificando elementos relevantes para el análisis de alcance, tiempo y costo.

Fichas de observación: para registrar de manera estructurada las interferencias y hallazgos durante la modelación y coordinación de las especialidades de Arquitectura y Estructuras.

Estos instrumentos permitieron sistematizar la información, facilitar la comparación entre expediente técnico y modelo BIM, y obtener datos cuantitativos para el análisis.

4.5 Procedimientos

El procedimiento de recolección y análisis de datos siguió pasos sistemáticos que permitieron evaluar la relación entre BIM y la triple restricción (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Se desarrolló de la siguiente manera:

- a. Revisión documental: análisis del expediente técnico elaborado por la empresa contratista, incluyendo planos 2D, metrados, memorias descriptivas y especificaciones técnicas, para establecer la base del alcance contractual y los criterios técnicos.
- b. Modelado 3D: construcción de los modelos de Arquitectura y Estructuras en Autodesk Revit 2024, siguiendo lineamientos de la Guía BIM Perú, con LOD 200–300, plantillas específicas y clasificación estandarizada de elementos. Se generaron metrados automáticos como insumo para el análisis del costo.
- a. Coordinación interdisciplinaria: ensamblaje de los modelos en Navisworks Manage

2024 para detectar, registrar y clasificar interferencias con Clash Detective. Este proceso permitió obtener información relacionada con el tiempo, considerando que las interferencias indican riesgos de retrasos.

- b. Sistematización de datos: exportación de la información a Microsoft Excel, elaborando cuadros comparativos, tablas de análisis y registros numéricos para evaluar el impacto de BIM sobre la triple restricción.

Tabla 2

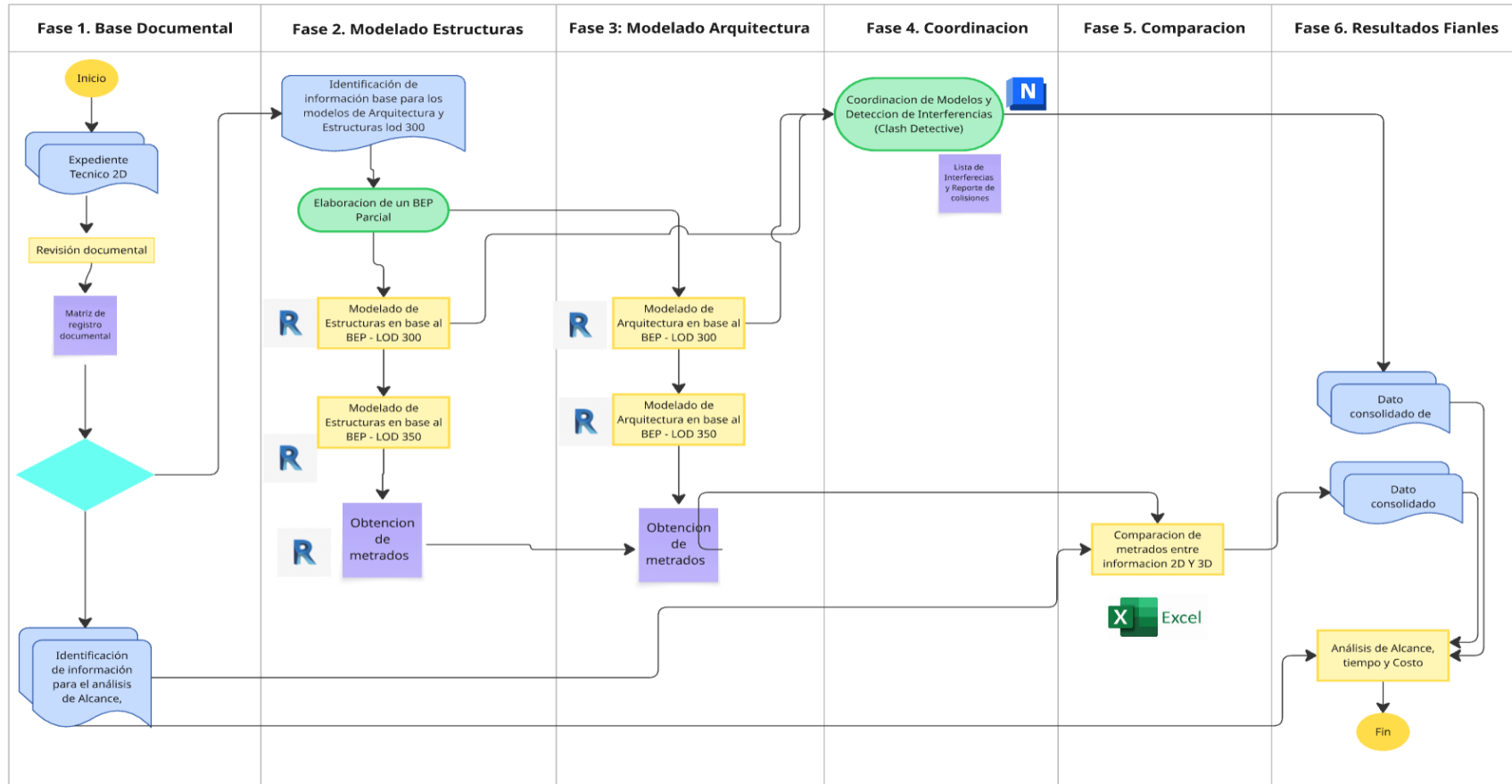
Proceso de recolección y análisis de datos

| Fase | Actividad | Técnica | Instrumento | Software | Resultado obtenido |
|------|---------------------------------|--------------------------|--|-----------|--|
| 1 | Revisión del expediente técnico | Revisión documental | Matriz de registro documental | - | Identificación de información base del proyecto |
| 2 | Modelado arquitectónico | Observación estructurada | Plantilla BIM y parámetros de modelado | Revit | Modelo 3D de arquitectura |
| 3 | Modelado estructural | Observación estructurada | Plantilla BIM y parámetros estructurales | Revit | Modelo 3D de estructuras |
| 4 | Coordinación de modelos | Observación estructurada | Lista de interferencias | Naviswork | Reporte de colisiones |
| 5 | Comparación de metrados | Revisión documental | Hoja de cálculo de metrados | Excel | Diferencias cuantificadas entre metrados 2D y BIM |
| 6 | Análisis final | Análisis cuantitativo | Matriz de análisis | Excel | Datos consolidados para evaluar alcance, tiempo, costo |

Nota. La tabla describe las fases, actividades, técnicas e instrumentos utilizados para la recolección y análisis de datos durante la aplicación de BIM en el proyecto.

Figura 3

Diagrama de proceso de recolección y análisis de datos



Nota. La figura muestra el flujograma del proceso de recolección y análisis de datos, desde la revisión del expediente técnico hasta el análisis final.

La aplicación de instrumentos se dio en el siguiente orden:

a. **Matriz de revisión documental**

- Se aplicó en la primera fase para registrar toda la información relevante del expediente técnico.
- Permitted identificar planos incompletos, inconsistencias y elementos necesarios para el modelado.

b. **Plantillas BIM y parámetros de modelado (LOD 200/300 según Guía BIM Perú)**

- Utilizadas en las fases de modelado.
- Garantizaron precisión geométrica y estandarización para comparar adecuadamente alcance y costos.

c. **Lista de interferencias (Clash Detective)**

- Se aplicó en la fase de coordinación.
- Registró todas las colisiones clasificadas por disciplina, severidad y tipo.

d. **Hoja de cálculo de metrados**

- Usada para comparar los metrados del expediente técnico con los metrados generados automáticamente por Revit.
- Permitted medir diferencias relevantes para la dimensión costo

e. **Matriz de análisis final**

- Ayudó a sistematizar datos obtenidos para interpretar su vinculación con alcance, tiempo y costo.

4.5.1 Softwares utilizados

Para el desarrollo de la investigación se emplearon diversos softwares especializados que permitieron el modelado, la coordinación y el análisis de la información. Se utilizaron

los siguientes softwares:

Autodesk Revit 2024

se utilizó para el modelado arquitectónico y estructural y para la generación de metrados automáticos, empleando niveles LOD 200–300 y parámetros definidos según la Guía BIM Perú, lo que permitió reconstruir y verificar el alcance físico del proyecto.

Navisworks Manage 2024.

se empleó para el ensamblaje del modelo federado y la detección de interferencias mediante Clash Detective, generando datos que permiten identificar riesgos potenciales para el tiempo de ejecución.

Microsoft Excel

Se utilizó para sistematizar metrados, elaborar cuadros comparativos y procesar la información numérica necesaria para el análisis.

4.5.2 Validez y confiabilidad de los instrumentos

De acuerdo con Sampieri et al. (2014), la validez se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir, mientras que la confiabilidad alude a la consistencia de los resultados obtenidos cuando se aplica en condiciones similares.

De acuerdo con Sampieri et al. (2014), la validez se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir, mientras que la confiabilidad alude a la consistencia de los resultados obtenidos cuando se aplica en condiciones similares.

En este estudio, la validez de contenido de los instrumentos, como la lista de cotejo y la ficha de observación, fue garantizada mediante la revisión de especialistas en Ingeniería Civil y BIM, quienes evaluaron la pertinencia, coherencia y suficiencia de los ítems en relación con las variables del estudio.

En cuanto a la confiabilidad, esta se sustentó en la revisión exhaustiva de los instrumentos y en su alineación con los lineamientos establecidos en las *Guías BIM Perú*

para la gestión de información, especialmente en lo referido a organización, consistencia y estandarización de datos. La aplicación sistemática de estos instrumentos sobre el modelo BIM y el expediente técnico permitió verificar la claridad de los ítems y la uniformidad de los registros, asegurando que fueran comprensibles y adecuados para la recolección de datos en el proyecto “Mejoramiento de Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024”.

4.6 Consideraciones éticas

Confidencialidad y anonimato: La información recopilada se utilizará exclusivamente con fines de investigación.

Transparencia: Los objetivos, métodos y resultados se comunicarán de manera clara y responsable, respetando la propiedad intelectual y reconociendo las contribuciones de información del Consultor.

4.6.1 Análisis de datos

El análisis de los datos recopilados en esta investigación se realizó siguiendo un enfoque cuantitativo, orientado a caracterizar, comparar y evaluar la información obtenida del expediente técnico y del modelo BIM del proyecto “Mejoramiento de Infraestructura de Servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024”. Según Hernández et al. (2014), el análisis de datos constituye un conjunto de procedimientos sistemáticos que permiten organizar, sintetizar e interpretar la información para responder a los objetivos del estudio.

En primer lugar, se aplicó un análisis descriptivo, que permitió identificar las características esenciales de los elementos del proyecto, como los metrados, las interferencias y el nivel de desarrollo del modelo BIM mediante medidas de frecuencia (conteo absoluto) y porcentajes, de acuerdo con los indicadores establecidos en la matriz de operacionalización de variables. Posteriormente, se desarrolló un análisis comparativo para

determinar las diferencias entre los metrados del expediente técnico y los obtenidos mediante el modelado BIM, evaluando la magnitud de las variaciones y su incidencia en la triple restricción: alcance, tiempo y costo (Sampieri, 2014). Finalmente, se realizó un análisis que permitió observar de manera sencilla cómo el uso de la metodología BIM se relaciona con el alcance, el tiempo y el costo del proyecto. Esta revisión se centró en interpretar los cambios y mejoras que surgieron durante el proceso, sin afirmar que BIM sea la causa directa de todos los resultados, sino entendiendo su influencia dentro del contexto del estudio.

Para facilitar la interpretación de los datos, se elaboraron tablas resumen y gráficos interpretativos que presentan con claridad los resultados obtenidos. Estas representaciones visuales permiten identificar patrones, tendencias y diferencias relevantes entre la información del expediente técnico y la derivada del modelo BIM, constituyendo una base sólida para la discusión y las conclusiones.

V. Resultados y discusión

5.1 Resultados

Los datos se organizaron en tablas comparativas y gráficos interpretativos para facilitar su análisis. Se compararon los metrados del expediente técnico con los generados por el modelo BIM, se registraron las interferencias entre disciplinas y se evaluó el impacto sobre la triple restricción del proyecto (alcance, tiempo y costo). Esta sistematización permite identificar diferencias, tendencias y oportunidades de mejora derivadas de la implementación de BIM, sirviendo como base para la discusión y la toma de decisiones.

5.1.1 Variable 1: Metodología BIM

5.1.1.1 Modelado 3D:

Para evaluar el nivel de desarrollo del modelo 3D utilizado en la presente investigación, se aplicó una lista de cotejo dicotómica basada en los criterios del LOD 350 definidos por la Guía BIM Perú (2021) y adaptada a las necesidades del proyecto. La evaluación consideró únicamente las partidas que contaban con información técnica completa en el expediente, dado que la ausencia de datos impide modelar con el nivel de precisión requerido.

Tabla 3*Cumplimiento del nivel de desarrollo LOD 350 en el modelado 3D*

| Ítem evaluado | Cumple (1) | No cumple (0) |
|---|-------------------|----------------------|
| 1. Geometría detallada de muros, losas, zapatas y elementos estructurales conforme al expediente técnico. | 1 | 0 |
| 2. Dimensiones exactas y parámetros necesarios para metrados. | 1 | 0 |
| 3. El modelo permite detección de interferencias entre arquitectura y estructuras. | 1 | 0 |
| 4. Encuentros entre elementos correctamente definidos (muro-losa, muro-columna, muro-viga). | 1 | 0 |
| 5. Niveles, ejes y referencias coinciden con el expediente técnico. | 1 | 0 |
| 6. El modelo es apto para extracción de metrados sin errores. | 1 | 0 |
| 7. Cumple con los criterios del LOD 350 según la Guía BIM Perú (2021). | 1 | 0 |
| Total | 7 | 0 |
| % de cumplimiento | 100% | |

Nota. Criterios adaptados del BIM Forum (2020) y de la Guía BIM Perú – Estrategia Nacional BIM (2021), que establecen los requisitos mínimos del Nivel de Desarrollo LOD 350 para modelos de Arquitectura y Estructuras.

La presente lista de cotejo fue elaborada con base en los criterios definidos para el LOD 350 en la Guía BIM Perú (2021) y adaptada a las partidas modeladas en esta investigación. Los resultados corresponden únicamente a las partidas que contaban con información completa en el expediente técnico; los ítems sin información suficiente no fueron incluidos en la evaluación.

Los resultados indican que el modelo 3D desarrollado en esta investigación cumple al 100 % con los criterios definidos para un LOD 350 en las partidas que contaban con

información completa del expediente técnico. Esto significa que la representación geométrica, la información paramétrica y la precisión dimensional fueron suficientes para detectar interferencias y extraer metrados de forma confiable. En consecuencia, el modelo es apto para los usos BIM seleccionados en el estudio, coordinación interdisciplinaria y cuantificación, siempre y cuando la partida disponga de la información técnica necesaria para su modelado.

5.1.1.2 Coordinación: Cantidad de interferencias detectadas en arquitectura y estructuras.

Tabla 4

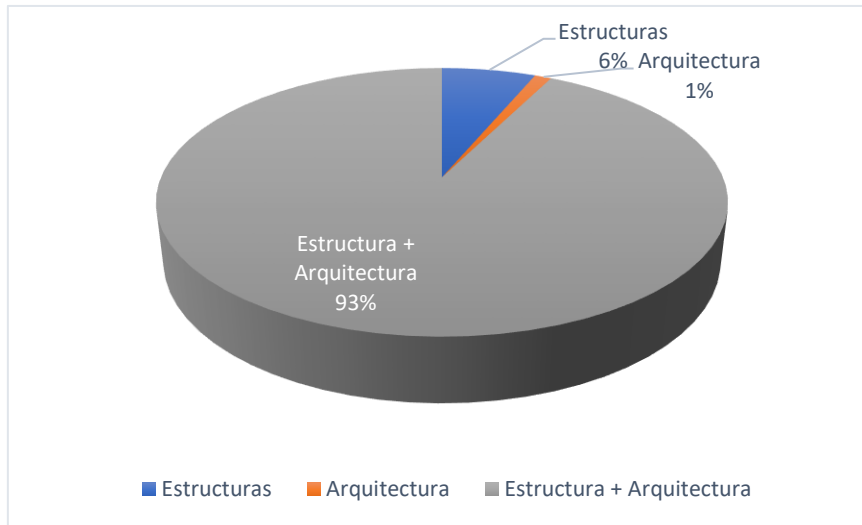
Cantidad de interferencias detectadas por especialidad.

| Especialidad | Interferencias detectadas | Interferencias corregidas | Interferencias no corregidas | % Interferencias corregidas |
|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Estructuras | 73 | 69 | 4 | 95% |
| Arquitectura | 13 | 4 | 9 | 31% |
| Estructura + Arquitectura | 1,063 | 997 | 66 | 94% |
| Total | 1,149 | 1,070 | 79 | 93% |

Nota. Las interferencias corresponden a conflictos de diseño detectados mediante Navisworks; los conflictos críticos requieren decisión del proyectista.

Figura 4

Cantidad de interferencias detectadas por especialidad.



Nota: El gráfico muestra el porcentaje de interferencias detectadas por especialidad mediante Navisworks.

El análisis de interferencias evidencia cómo BIM facilita la coordinación entre disciplinas y permite anticipar problemas antes de la ejecución en obra. En la especialidad de Estructuras, se detectaron 73 interferencias, de las cuales 69 fueron corregidas, lo que representa un alto nivel de resolución (95%). Esto refleja que la mayoría de los conflictos fueron solucionables mediante ajustes en el modelo, evitando posibles reprocesos en campo.

En Arquitectura, se identificaron 13 interferencias, pero solo 4 fueron corregidas, alcanzando un 31% de resolución. La menor proporción se debe a que varias interferencias requerían decisiones de diseño que dependen del especialista, como ajustes de niveles, vanos o acabados, y no podían resolverse únicamente desde la coordinación BIM.

La interacción entre Estructura y Arquitectura mostró la mayor cantidad de interferencias, con 1,063 conflictos detectados, de los cuales 997 fueron corregidos, alcanzando un 94% de resolución. Esto demuestra que la coordinación interdisciplinaria en un entorno 3D permite identificar y solucionar la mayoría de los problemas derivados de la

interacción entre especialidades, que en un modelo 2D podrían pasar inadvertidos.

En total, de 1,149 interferencias detectadas, se corrigieron 1,070 (93%), evidenciando que la metodología BIM contribuye significativamente a reducir riesgos de reprocesos, mejorar la calidad de la información y optimizar la ejecución del proyecto antes de la etapa constructiva.

5.1.1.3 Gestión de la información: Subpartidas modeladas

Previo al análisis de las variaciones de metrados, se identificaron partidas y subpartidas correspondiente a las especialidades de Estructuras y Arquitectura del proyecto. Este paso fue necesario para delimitar aquellas partidas que pudieron ser evaluadas mediante modelación BIM y aquellas que, por su naturaleza, nivel de detalle o por inconsistencias detectadas en el expediente técnico, no fueron modeladas. Las partidas no modeladas no fueron excluidas del estudio, sino que se consideraron a partir de la revisión de la información del expediente técnico, quedando debidamente registradas y justificadas en un Building execution Plan (BEP) parcial, en el cual se establecieron los criterios de alcance, modelación y gestión de la información del proyecto.

Tabla 5

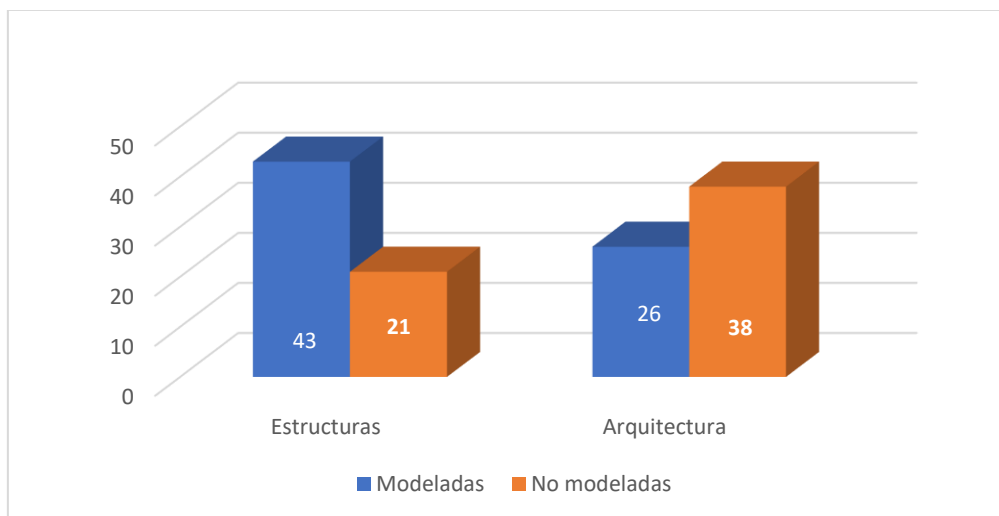
Modelado 3D de partidas del proyecto, clasificado por especialidad y estado de modelado (LOD 350).

| Especialidad | N° Partidas | Modeladas | No modeladas | % Modeladas |
|---------------------|--------------------|------------------|---------------------|--------------------|
| Estructuras | 64 | 43 | 21 | 67% |
| Arquitectura | 64 | 26 | 38 | 41% |
| Total | 128 | 69 | 59 | 54% |

Nota: La tabla muestra las partidas del proyecto modeladas en 3D por especialidad, clasificadas según su cumplimiento del nivel de desarrollo LOD 350.

Figura 5

Modelado 3D de partidas del proyecto, clasificado por especialidad y estado de modelado (LOD 350).



Nota: La figura muestra la cantidad de partidas modeladas y no modeladas en LOD 350 para las especialidades de Estructuras y Arquitectura, a partir de la información presentada en la Tabla 5.

La modelación se concentró en elementos con impacto geométrico y constructivo relevante. Esto permite evaluar variaciones de metrados y coordinación de forma objetiva.

El análisis de las partidas modeladas refleja cómo se aplicó BIM de manera selectiva, priorizando los elementos con mayor impacto técnico y constructivo. En la especialidad de Estructuras, de un total de 64 partidas, 43 fueron modeladas, lo que representa un 67%. Esto indica un nivel alto de implementación BIM, ya que la mayoría de los elementos estructurales relevantes pudieron ser representados en 3D con suficiente detalle para extraer metrados y detectar interferencias de manera confiable. Las 21 partidas no modeladas corresponden principalmente a elementos con información incompleta o no geométricos, cuya representación tridimensional no era necesaria para los objetivos del estudio.

En Arquitectura, de las 64 partidas, solo 26 fueron modeladas, alcanzando un 41% de cobertura. La menor proporción se debe a que muchas partidas corresponden a acabados,

elementos repetitivos o actividades descriptivas que no impactan directamente en la coordinación estructural ni en la cuantificación. Estas partidas fueron revisadas mediante el expediente técnico, garantizando que su análisis aún aportara información relevante sin requerir modelado 3D.

A nivel de proyecto, se modelaron 69 de 128 partidas, lo que representa un 54% del total. Esto evidencia una implementación parcial pero significativa de BIM, suficiente para evaluar su impacto en la gestión de la información, la coordinación entre especialidades y la precisión de los metrados, sin necesidad de modelar cada elemento del proyecto. El cuadro resalta cómo la metodología se aplicó de forma estratégica, concentrándose en las partidas que generaban mayor valor técnico y evitando esfuerzos innecesarios en elementos de menor relevancia.

Tabla 6

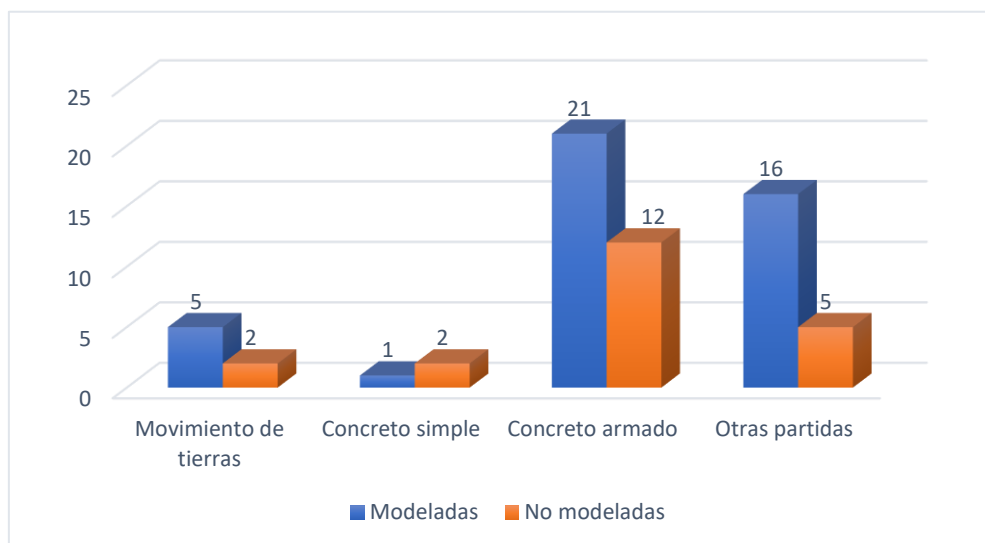
Subpartidas Modeladas y no modeladas en Estructuras

| Tipo de partida | Nº de partidas | Modeladas | No modeladas |
|------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| Movimiento de tierras | 7 | 5 | 2 |
| Concreto simple | 3 | 1 | 2 |
| Concreto armado | 33 | 21 | 12 |
| Otras partidas | 21 | 16 | 5 |
| Total | 64 | 43 | 21 |

Nota. La tabla muestra la cantidad de subpartidas de la especialidad de Estructuras clasificadas según su estado de modelado en el modelo BIM, diferenciando entre partidas modeladas y no modeladas.

Figura 6

Subpartidas Modeladas y no modeladas en Estructuras



Nota. El gráfico muestra la distribución de subpartidas modeladas y no modeladas en la especialidad de Estructuras, según tipo de partida, a partir del análisis del modelado BIM (LOD 350).

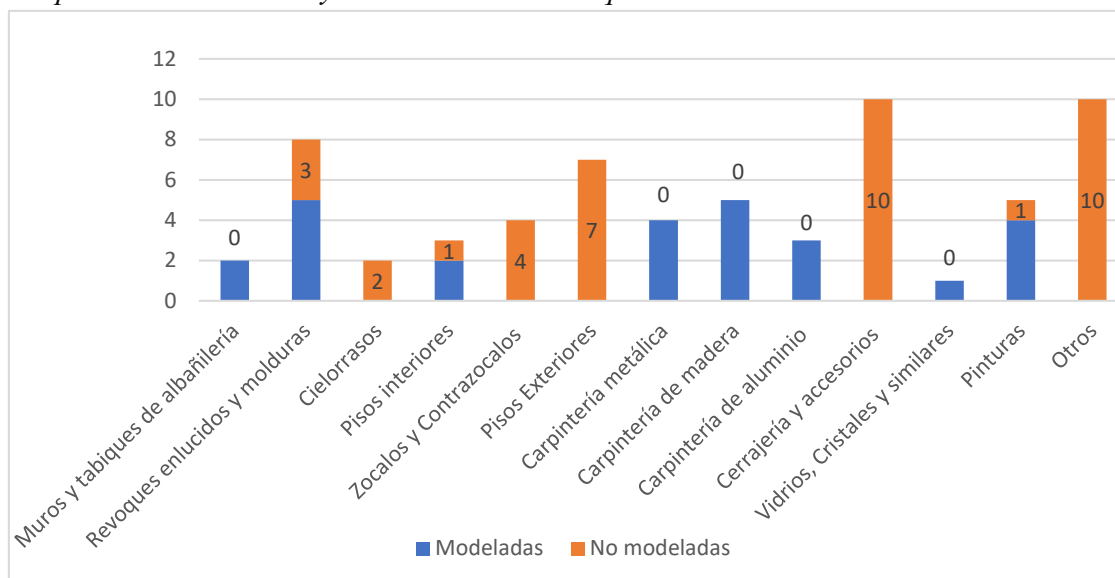
El análisis de las subpartidas de Estructuras muestra cómo se aplicó BIM de manera selectiva y estratégica. La mayoría de los elementos con mayor relevancia constructiva, como losas, vigas, columnas y movimientos de tierras fueron modelados, permitiendo un control detallado de los metrados y la detección de interferencias. Algunas partidas, como ciertos elementos de concreto simple o refuerzos específicos, no se modelaron debido a la falta de información suficiente en el expediente técnico; sin embargo, estas ausencias fueron registradas y justificadas en el BEP parcial.

En general, se logró modelar el 67 % de las subpartidas, priorizando aquellas que generan un mayor impacto en la coordinación y planificación del proyecto. Esto evidencia que, aunque no todos los elementos pudieron representarse en 3D, la metodología BIM permitió capturar con precisión la información crítica para optimizar el análisis de la obra y anticipar posibles conflictos antes de la ejecución.

Tabla 7*Subpartidas Modeladas y no modeladas en Arquitectura*

| Tipo de partida | N° de partidas | Modeladas | No modeladas |
|---------------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| Muros y tabiques de albañilería | 2 | 2 | 0 |
| Revoques enlucidos y molduras | 8 | 5 | 3 |
| Cielorrasos | 2 | 0 | 2 |
| Pisos interiores | 3 | 2 | 1 |
| Zocalos y Contrazocalos | 4 | 0 | 4 |
| Pisos Exteriores | 7 | 0 | 7 |
| Carpintería metálica | 4 | 4 | 0 |
| Carpintería de madera | 5 | 5 | 0 |
| Carpintería de aluminio | 3 | 3 | 0 |
| Cerrajería y accesorios | 10 | 0 | 10 |
| Vidrios, Cristales y similares | 1 | 1 | 0 |
| Pinturas | 5 | 4 | 1 |
| Otros | 10 | 0 | 10 |
| Total | 64 | 26 | 38 |

Nota. La tabla muestra las subpartidas modeladas y no modeladas en la especialidad de Arquitectura según el LOD 350.

Figura 7*Subpartidas Modeladas y no modeladas en Arquitectura*

Nota. La figura muestra la cantidad de subpartidas modeladas y no modeladas en la especialidad de Arquitectura, según la clasificación presentada en la Tabla 7.

En arquitectura, la modelación se concentró en elementos con impacto geométrico y constructivo relevante, mientras que partidas principalmente descriptivas o de acabado fino no fueron modeladas.

El análisis de las subpartidas de Arquitectura muestra que la modelación BIM se centró en los elementos con mayor relevancia geométrica y constructiva, esenciales para la coordinación con estructuras y para la obtención de metrados precisos. Se modelaron completamente los muros y tabiques de albañilería, las carpinterías (madera, metálica y aluminio), vidrios y algunas pinturas, asegurando que la información crítica estuviera disponible para el análisis y la detección de interferencias.

Por otro lado, varias subpartidas no fueron modeladas, especialmente aquellas relacionadas con acabados finos, cielorrasos, zócalos, pisos exteriores, cerrajería y otros elementos secundarios. Estas partidas, aunque no se representaron en 3D, se revisaron en el

expediente técnico y quedaron registradas en el BEP parcial, garantizando que la información no se perdiera y que el análisis de gestión de datos permaneciera completo.

En términos generales, se modeló aproximadamente el 41 % de las subpartidas de Arquitectura, priorizando las que tienen mayor impacto en la coordinación interdisciplinaria y en la gestión de la información del proyecto. Esto evidencia que, si bien la implementación de BIM fue parcial, permitió capturar y controlar la información más crítica, facilitando la planificación, el control de metrados y la detección temprana de posibles conflictos en obra.

Tabla 8

Resumen de variaciones de metrados – Estructuras

| Tipo de partida | Subpartidas modeladas | % del total | Rango de variación (%) | Tendencia |
|--------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|----------------------|
| Movimiento de tierras | 5 | 71% | 3% – 87% | Alta variación |
| Concreto simple | 1 | 33% | 2% | Estable |
| Concreto armado | 21 | 64% | 0% – 75% | Variación moderada |
| Encofrado y desencofrado | 10 | 100% | 4% – 72% | Ajuste significativo |
| Otras partidas | 16 | 76% | 0% – 24% | Estable |

Nota: La tabla resume las variaciones porcentuales de metrados en la especialidad de Estructuras al comparar el expediente técnico con el modelo BIM, según tipo de partida y tendencia observada.

El análisis de las subpartidas modeladas en Estructuras evidencia cómo la implementación de BIM permitió identificar variaciones entre los metrados del expediente

técnico y los generados en el modelo 3D. Las partidas de movimiento de tierras mostraron una alta variación (3 % – 87 %), lo que indica diferencias importantes en las cantidades estimadas originalmente y la realidad geométrica capturada en el modelo. En concreto simple, las variaciones fueron mínimas, reflejando consistencia con el expediente técnico, mientras que el concreto armado presentó variaciones moderadas (0 % – 75 %), principalmente debido a sobredimensionamientos o inconsistencias detectadas en los planos. Por su parte, el enco-frado y desencofrado mostró ajustes significativos, destacando la utilidad de BIM para prever necesidades constructivas y corregir posibles errores antes de la obra.

Las otras partidas registraron variaciones más estables (0 % – 24 %), lo que indica que estas se encontraban relativamente bien definidas en el expediente técnico. En conjunto, el uso de BIM permitió un control más preciso de los metrados, facilitando la detección de inconsistencias, la planificación de recursos y la coordinación con otras disciplinas. Este nivel de detalle refuerza la importancia de aplicar modelado digital incluso cuando no se dispone de un cronograma completo, ya que los ajustes detectados pueden prevenir sobrecostos y retrasos, contribuyendo a una gestión más eficiente del proyecto.

Tabla 9
Resumen de variaciones de metrados – Arquitectura

| Tipo de partida | Subpartidas modeladas | % del total | Rango de variación (%) | Tendencia |
|------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|
| Muros y tabiques | 2 | 100% | 0% – 5% | Estable |
| Revoques y enlucidos | 5 | 63% | 10% – 25% | Incremento |
| Pisos interiores | 2 | 67% | 8% – 15% | Ajuste |
| Carpintería metálica | 4 | 100% | 0% – 3% | Coincidente |
| Carpintería de madera | 5 | 100% | 0% – 5% | Coincidente |
| Pinturas | 4 | 80% | 12% – 30% | Incremento |

Nota. La tabla describe las fases, técnicas, instrumentos y resultados del proceso de recolección y análisis de datos aplicado en la investigación.

En Arquitectura, BIM se aplicó a las subpartidas de mayor relevancia geométrica y de coordinación, como muros y carpinterías, que mostraron coincidencia casi total con los planos originales. En cambio, partidas como revoques, enlucidos y pinturas presentaron variaciones moderadas (10 %–30 %), reflejando ajustes derivados de la modelación más precisa.

Las subpartidas excluidas del modelado, principalmente elementos repetitivos o de bajo impacto, no afectan la consistencia del análisis. En conjunto, estos resultados muestran que BIM permite mejorar la precisión de los metrados, anticipar inconsistencias y fortalecer la gestión de la información en Arquitectura.

Tabla 10*Subpartidas no modeladas y criterio de exclusión (Ambas especialidades)*

| Especialidad | Tipo de partida | Nº subpartidas | Criterio |
|---------------------|--|-----------------------|--|
| | Concreto simple | 2 | Inconsistencia del expediente |
| | Elementos no ejecutables | 7 | Sobrediseño detectado |
| Estructuras | Acero de refuerzo (concreto armado) | 12 | Falta de nivel de detalle en planos estructurales (omisión de información relevante) |
| | Cielorrasos | 2 | Elementos repetitivos |
| Arquitectura | Pisos exteriores | 7 | Fuera del alcance BIM |
| | Cerrajería y accesorios | 10 | Alto detalle sin impacto |
| | Otros | 10 | No priorizados en BEP |

Nota: La tabla resume las subpartidas no modeladas en Arquitectura y Estructuras, indicando el número de subpartidas y el criterio técnico utilizado para su exclusión del modelado BIM.

En ambas especialidades, algunas subpartidas no fueron modeladas debido a criterios específicos de exclusión. En Estructuras, por ejemplo, dos partidas de concreto simple no se modelaron por inconsistencias en el expediente, y siete elementos fueron considerados “no ejecutables” por detectarse sobrediseños. Particular atención requiere el acero de refuerzo del concreto armado: 12 subpartidas no se modelaron debido a la falta de despieces, detalles constructivos y criterios de cuantificación en los planos, lo que impidió una representación confiable en el modelo. Estas partidas se registraron únicamente a partir de la información

del expediente técnico y quedaron debidamente documentadas en el BEP parcial, delimitando claramente el alcance de la implementación BIM.

En Arquitectura, varias subpartidas no se modelaron por considerarse de bajo impacto o repetitivas. Los cielorrasos (2) fueron excluidos por su repetitividad, los pisos exteriores (7) quedaron fuera del alcance BIM, y partidas como cerrajería y accesorios (10) y otras (10) no se priorizaron en el BEP por su detalle sin relevancia directa en la coordinación o metrados. Esta selección garantiza que el modelado se concentre en los elementos de mayor relevancia técnica y constructiva, manteniendo la consistencia y utilidad del análisis BIM.

Tabla 11

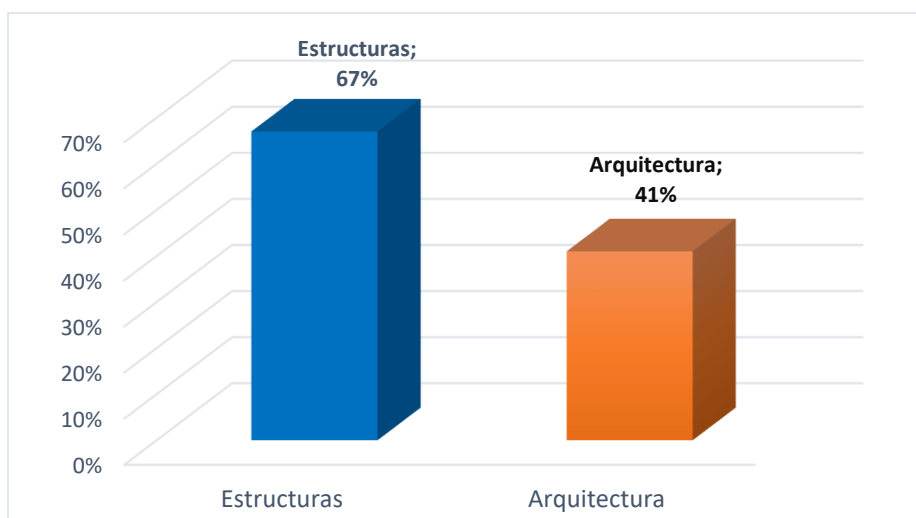
Comparación global de gestión de la información por especialidad

| Especialidad | % subpartidas modeladas | Nivel de implementación BIM |
|---------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Estructuras | 67% | Alto |
| Arquitectura | 41% | Medio |
| Proyecto | 54% | Parcial |

Nota. La tabla compara el porcentaje de subpartidas modeladas y el nivel de implementación BIM alcanzado por especialidad y a nivel del proyecto.

Figura 8

Comparación global de gestión de la información por especialidad



Nota. La figura compara el porcentaje de subpartidas modeladas por especialidad, evidenciando el nivel de implementación BIM en Estructuras, Arquitectura y el proyecto.

El análisis global de la gestión de la información muestra diferencias importantes entre las especialidades. En Estructuras, el 67 % de las subpartidas fueron modeladas, lo que refleja un nivel alto de implementación BIM. Esto permitió un control más preciso de los metrados, la detección de inconsistencias y la validación del diseño estructural, facilitando la comparación directa entre el expediente técnico y el modelo digital.

Por otro lado, Arquitectura alcanzó un 41 % de subpartidas modeladas, evidenciando un nivel medio de implementación BIM. La menor cobertura se explica por la exclusión de partidas de acabados o elementos repetitivos, las cuales fueron evaluadas mediante revisión documental del expediente técnico según lo definido en el BEP parcial.

A nivel de proyecto, el 54 % de implementación refleja una aplicación parcial pero significativa, suficiente para demostrar cómo BIM contribuye al control y la consistencia de la información, mejorando la gestión de los metrados y la confiabilidad de los datos sin necesidad de inferencias estadísticas.

5.1.2 Variable Dependiente: Triple restricción

5.1.2.1 Alcance:

Tabla 12

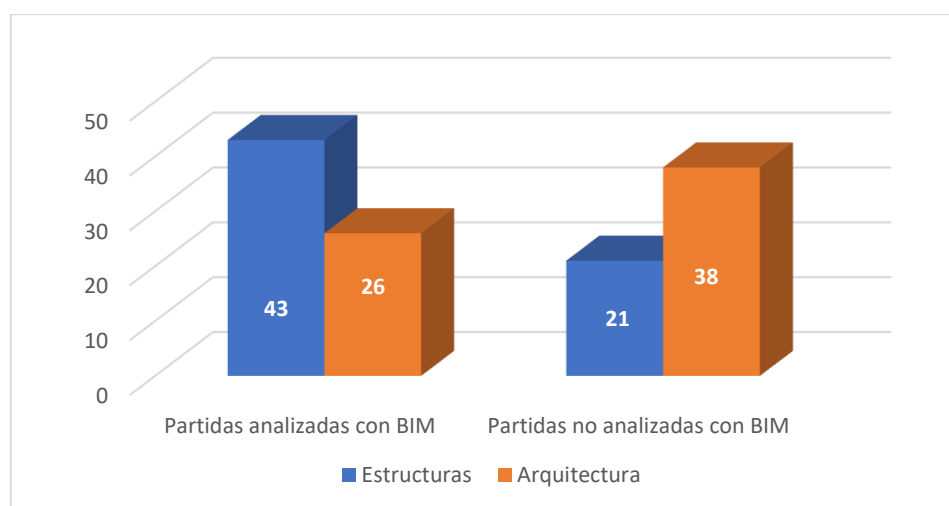
Partidas del proyecto con nivel suficiente de definición para análisis mediante BIM

| Especialidad | Total, de partidas del proyecto | Partidas analizadas con BIM | Partidas con limitaciones | % de partidas definidas |
|-----------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Estructuras | 64 | 43 | 21 | 67 % |
| Arquitectura | 64 | 26 | 38 | 41 % |
| Proyecto | 128 | 69 | 59 | 54 % |

Nota: La tabla presenta el porcentaje de partidas del proyecto con nivel suficiente de definición para análisis mediante BIM por especialidad y a nivel global.

Figura 9

Partidas del proyecto con nivel suficiente de definición para análisis mediante BIM



Nota. El gráfico presenta la comparación del número de partidas analizadas y no analizadas con BIM en las especialidades de Estructuras y Arquitectura, a partir de la Tabla 12.

Del cuadro se observa que, a nivel de proyecto, el 54 % de las partidas fueron

analizadas mediante modelación BIM, mientras que el 46 % restante presentó limitaciones para su análisis bajo esta metodología. En la especialidad de Estructuras, se alcanzó un 67 % de partidas analizadas con BIM, evidenciando un alto nivel de definición y consistencia de la información técnica, lo que permitió desarrollar un análisis detallado y confiable de metrados, interferencias y coherencia del diseño estructural.

En contraste, en la especialidad de Arquitectura, solo el 41 % de las partidas fue analizado mediante BIM, lo cual no responde a deficiencias del expediente técnico, sino a decisiones de alcance del análisis, dado que varias partidas como zócalos, cerrajería, accesorios y acabados menores no resultaban relevantes para la compatibilización de modelos ni para la evaluación de metrados comparativos, manteniéndose su cuantificación mediante métodos tradicionales.

En conjunto, los resultados evidencian que la aplicación de BIM se concentró estratégicamente en las partidas con mayor impacto técnico y económico, permitiendo definir con mayor precisión el alcance del proyecto, mejorar la calidad de la información y reducir riesgos asociados a inconsistencias del expediente técnico, sin afectar la integridad del presupuesto ni el control global del proyecto.

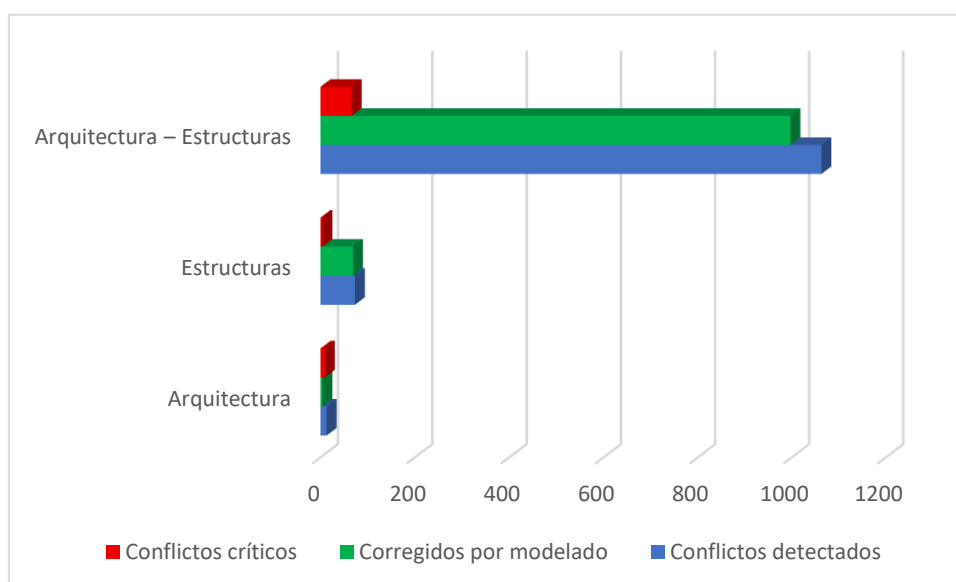
5.1.2.2 Tiempo: Reprocesos evitados

El análisis se centró en el tiempo de rediseño que demandarían los conflictos críticos identificados en el modelo BIM. Este enfoque no incluye la medición de retrasos en obra, dado que el expediente técnico solo presenta un plazo general de ejecución de 12 meses y no un cronograma detallado. Sin embargo, permite evidenciar cómo el uso de BIM contribuye a la reducción del tiempo asociado a reprocesos y rediseños, alineándose con la dimensión de tiempo de la triple restricción.

Tabla 13*Conflictos críticos por Especialidad*

| Especialidad | Conflictos detectados | Corregidos por modelado | Conflictos críticos | % conflictos críticos |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Arquitectura | 13 | 4 | 9 | 69% |
| Estructuras | 73 | 69 | 4 | 5% |
| Arquitectura – Estructuras | 1,063 | 997 | 66 | 6% |
| Total | 1,149 | 1,070 | 79 | 7% |

Nota. El cuadro presenta el número de conflictos detectados, corregidos mediante modelado y críticos por especialidad, incluyendo el porcentaje de conflictos crítico

Figura 10*Conflictos críticos por Especialidad*

Nota. El gráfico muestra la distribución de conflictos detectados, corregidos y críticos por especialidad, incluyendo el porcentaje de conflictos críticos, a partir de los datos de la Tabla 13.

A partir del análisis de interferencias realizado en Navisworks, se identificaron 1,149 interferencias en total. De estas, 1,070 (93%) correspondieron a errores de modelado, los cuales fueron corregidos durante la etapa de coordinación BIM en gabinete, evitando que generen impactos durante la ejecución del proyecto. Estas correcciones se realizaron dentro del proceso normal de ajuste del modelo y no representaron conflictos reales de diseño.

Por otro lado, 79 interferencias (7%) fueron clasificadas como conflictos críticos, ya que se originaron en incompatibilidades reales del diseño contenidas en el expediente técnico. En la especialidad de Arquitectura, se detectaron 13 interferencias, de las cuales 9 correspondieron a conflictos críticos, principalmente relacionados con incompatibilidades entre la altura de puertas y los niveles de piso terminado. En el caso de Estructuras, se identificaron 73 interferencias, pero solo 4 constituyeron conflictos reales, evidenciando que la mayoría de los problemas se debió a inconsistencias iniciales de modelación. Asimismo, en la revisión conjunta entre Arquitectura y Estructuras, se identificaron 66 conflictos críticos, lo que pone en evidencia la importancia de la coordinación entre especialidades para prevenir incompatibilidades en obra.

Es importante precisar que los conflictos críticos identificados no fueron corregidos dentro del alcance de la presente investigación, ya que su solución requería decisiones de diseño por parte del proyectista. No obstante, su detección temprana permitió anticipar posibles reprocesos que, de no haberse identificado en esta etapa, habrían impactado negativamente en el tiempo de ejecución del proyecto. En este sentido, el uso de BIM contribuyó a mejorar la gestión del tiempo al permitir visualizar, identificar y documentar conflictos de diseño antes de la etapa constructiva, reduciendo la incertidumbre y fortaleciendo la toma de decisiones.

Por tanto:

- Interferencias totales detectadas con Navisworks: 1,149
- Errores de modelado corregidos en gabinete: 1,070 (93%)
- Interferencias críticas reales de diseño: 79 (7%)

BIM permitió identificar **79 interferencias críticas reales** que, de no detectarse en etapa de gabinete, habrían generado reprocesos en obra.

Figura 11

Tiempo estimado de ahorro por interferencias críticas evitadas (horas/días)

| Especialidad | N° de conflictos críticos | Tipo de corrección predominante | Tiempo estimado evitado (horas) | Tiempo estimado evitado (días) |
|----------------------------|----------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| Estructuras | 4 | Revisión y ajuste de diseño estructural (gabinete especializado) | 28 h | 3.5 días |
| Arquitectura | 9 | Ajustes de alturas y compatibilización de vanos y pisos | 18 h | 2.25 días |
| Arquitectura – Estructuras | 66 | Coordinación interdisciplinaria y redefinición geométrica | 96 h | 12 días |
| Total, del proyecto | 79 | — | 142 h | 17.75 días |

Nota. El gráfico muestra el tiempo estimado de ahorro (en horas y días) asociado a la corrección de conflictos críticos por especialidad, a partir de los datos de la tabla correspondiente.

Del análisis realizado se identificaron 79 conflictos críticos de diseño a partir del

proceso de coordinación BIM. Estos conflictos no corresponden a errores del modelado, sino a incompatibilidades reales contenidas en la información del expediente técnico, que podrían haber generado reprocesos si se detectaban recién durante la ejecución de la obra.

En la especialidad de Estructuras, se identificaron cuatro conflictos críticos, principalmente relacionados con interferencias entre escaleras, cisterna y elementos estructurales. La atención de este tipo de conflictos habría requerido una revisión especializada del diseño estructural en etapa de gabinete, estimándose un tiempo de corrección de 28 horas (3.5 días).

En Arquitectura, se identificaron nueve conflictos críticos, asociados principalmente a incompatibilidades entre las alturas de puertas y los niveles de piso terminado. La corrección de estos conflictos habría implicado ajustes geométricos y de coordinación del diseño arquitectónico, con un tiempo estimado de 18 horas (2.25 días).

Por su parte, la coordinación conjunta entre Arquitectura y Estructuras concentró el mayor número de conflictos críticos (66), lo que evidencia la importancia de la interoperabilidad entre especialidades. La resolución de este tipo de conflictos habría requerido reuniones de coordinación, revisión cruzada de modelos y redefiniciones geométricas, estimándose un tiempo de 96 horas (12 días).

En conjunto, la detección temprana de estos conflictos mediante el uso de BIM permitió anticipar aproximadamente 142 horas (17.75 días) de posibles reprocesos en etapa de ejecución. Si bien estas correcciones no fueron desarrolladas dentro del alcance de la investigación, su identificación temprana demuestra cómo la gestión de la información a través de modelos BIM contribuye a reducir riesgos asociados al cronograma del proyecto y a mejorar la toma de decisiones antes de la ejecución de obra.

5.1.2.3 Costo:

La dimensión costo, permite evaluar cómo la implementación de BIM impacta en la estimación y control financiero del proyecto. Al comparar los presupuestos derivados del expediente técnico con los obtenidos del modelo BIM, es posible identificar diferencias significativas que reflejan mejoras en la precisión de los metrados, la optimización de recursos y la detección de posibles sobrecostos. Este análisis resulta clave para comprender la influencia de BIM en la gestión económica de los proyectos de construcción.

Tabla 14

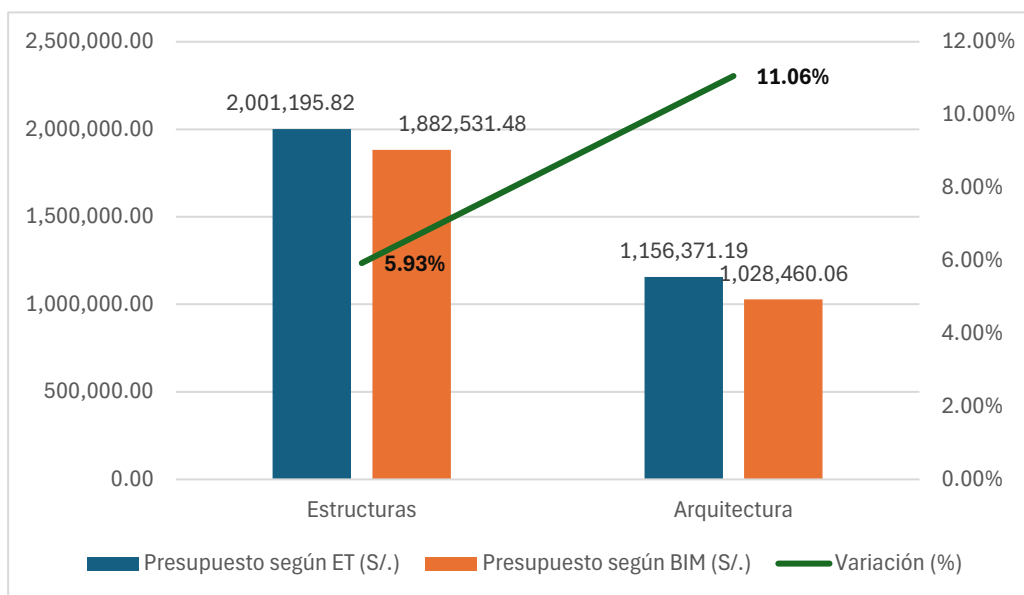
Variación del presupuesto del proyecto según expediente técnico y modelo BIM

| Especialidad | Presupuesto según ET (S/.) | Presupuesto según BIM (S/.) | Diferencia (S/.) | Variación (%) |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Estructuras | 2,001,195.82 | 1,882,531.48 | -118,664.34 | 5.93 % |
| Arquitectura | 1,156,371.19 | 1,028,460.06 | -127,911.13 | 11.06 % |
| Total, del proyecto | 3,157,567.01 | 2,910,991.54 | -246,575.47 | -7.81 % |

Nota: La tabla presenta la comparación del presupuesto del proyecto según el expediente técnico y el modelo BIM por especialidad, indicando la diferencia absoluta y la variación porcentual.

Figura 12

Variación del presupuesto del proyecto según expediente técnico y modelo BIM



Nota. El gráfico muestra la comparación del presupuesto del proyecto según el expediente técnico y el modelo BIM por especialidad, incluyendo la variación porcentual.

Los resultados evidencian que la aplicación de BIM tuvo una influencia directa en la dimensión costo de la triple restricción del proyecto. En la especialidad de Estructuras, el presupuesto estimado a partir del modelo BIM presenta una reducción del 5.93 % respecto al expediente técnico, lo cual se explica principalmente por una mejor definición geométrica de los elementos estructurales y la eliminación de sobredimensionamientos presentes en los planos originales, aun cuando el acero de refuerzo no fue modelado por limitaciones del nivel de detalle.

En Arquitectura, la variación es más significativa, con una reducción del 11.06 %, atribuible a la mayor precisión de los metrados obtenidos del modelo BIM, especialmente en partidas como pisos interiores, carpinterías y pinturas. Cabe precisar que algunas partidas no fueron modeladas por no ser relevantes para la compatibilización; sin embargo, estas fueron consideradas a partir del expediente técnico para el análisis presupuestal, evitando

distorsionar los resultados.

Finalmente, a nivel del proyecto, la comparación global muestra una reducción del 7.81 % del presupuesto estimado, lo que confirma que la gestión de la información mediante BIM contribuye a mejorar la confiabilidad del costo del proyecto, al disminuir incertidumbres, inconsistencias y sobreestimaciones propias del enfoque tradicional.

5.2 Discusión

Los resultados muestran que la aplicación de BIM sobre un expediente técnico tiene un impacto positivo y cuantificable en alcance, tiempo y costo, respaldando hallazgos previos a nivel internacional, nacional y regional. Cabe precisar que, por el diseño de caso de estudio, la influencia sobre Costo se establece solo mediante la cuantificación del ahorro porcentual y no por inferencia estadística, reflejando evidencia práctica específica del proyecto sin generalización.

A nivel internacional:

En este proyecto se detectaron 1,149 interferencias mediante BIM, de las cuales 79 fueron conflictos críticos de diseño que podrían haber generado reprocesos significativos en obra. La identificación temprana de estos conflictos permitió anticipar aproximadamente 142 horas de trabajo (casi 18 días). En Arquitectura se registraron 9 conflictos críticos, en Estructuras 4 y en la coordinación conjunta 66, destacando la importancia de la interoperabilidad entre especialidades. Estos resultados coinciden con Abdelbary et al. (2020), quienes demostraron que la detección de choques con BIM reduce notablemente los reprocesos, mostrando que el modelado temprano y la coordinación permiten anticipar problemas antes de la ejecución. En términos de costos, el presupuesto calculado con BIM evidenció una reducción global del 7,81 % (5,93 % en Estructuras y 11,06 % en Arquitectura), en línea con los hallazgos de Pishdad & Onungwa (2024), quienes reportaron

que BIM 5D mejora la precisión de las estimaciones hasta un 25 %. Esto confirma que, aun trabajando sobre un expediente técnico aprobado, BIM optimiza costos y reduce incertidumbres.

A nivel nacional:

La comparación entre el presupuesto del expediente técnico y el generado con BIM reflejó un ahorro total del 7,81 %, derivado de la precisión en los metrados y la eliminación de sobreestimaciones. Esto coincide con Chávez (2023), quien reportó un ahorro del 3 % en un proyecto público en Cajamarca, y con Carranza et al. (2022), quienes obtuvieron un ahorro de 1,6 % en un proyecto educativo en Madre de Dios. Además, la detección temprana de los 79 conflictos críticos permitió anticipar aproximadamente 142 horas de posibles reprocesos, evitando ajustes durante la obra y facilitando la toma de decisiones, lo que se alinea con los hallazgos de Barboza et al. (2022) y Checca et al. (2024), quienes evidenciaron que BIM reduce interferencias y mejora la coordinación multidisciplinaria. Esto demuestra que, incluso sin un cronograma detallado, BIM fortalece la gestión del tiempo y la coordinación entre especialidades.

A nivel regional:

En la revisión del expediente técnico, BIM permitió anticipar conflictos y mejorar la coordinación, identificando 79 interferencias críticas con un tiempo de reproceso evitado estimado de 142 horas. Huamán (2022) reportó que BIM redujo errores de coordinación hasta en un 12 % en proyectos educativos, evidenciando la efectividad de esta metodología en la región. En cuanto a costos, la reducción global del 7,81 % coincide favorablemente con los hallazgos de Carbajal & Paucarmayta (2024), quienes reportaron disminuciones de hasta 4,5 % al aplicar BIM 5D. Aunque este estudio no integró la dimensión temporal ni un modelo 5D completo, los resultados muestran que el uso enfocado de BIM sobre un expediente técnico optimiza presupuestos, anticipa conflictos y mejora la toma de

decisiones, confirmando su utilidad estratégica en proyectos de infraestructura pública.

En resumen, esta investigación evidencia que BIM aplicado sobre un expediente técnico aprobado previene paralizaciones, mejora la coordinación, optimiza presupuestos y genera datos cuantificables para entidades públicas en Perú, consolidándose como herramienta estratégica para la planificación y control de proyectos de infraestructura.

VI. Conclusiones

Para el objetivo general.

- La implementación de BIM en el proyecto de Mejoramiento de Infraestructura de servicios de Gestión de la Municipalidad Distrital de Oropesa, Cusco – 2024, mostró un impacto claro y positivo en la triple restricción del proyecto. Aun trabajando únicamente con el modelado del expediente técnico, BIM permitió anticipar problemas, reducir riesgos de reprocesos y mejorar la confiabilidad de los presupuestos, demostrando su valor como herramienta de gestión y planificación.

Para los objetivos específicos

- En cuanto al alcance, BIM facilitó el análisis de las partidas con mayor relevancia técnica y económica, logrando un 67 % de partidas definidas en estructuras y un 41 % en arquitectura. Esto evidencia que su aplicación estratégica mejora la calidad de la información, permite identificar limitaciones y fortalece la definición del proyecto.
- Respecto al tiempo, la detección temprana de 79 conflictos críticos evitó aproximadamente 142 horas de posibles reprocesos, mostrando cómo BIM contribuye a la coordinación entre especialidades y reduce la incertidumbre en la etapa de diseño, incluso sin contar con un cronograma detallado.
- Finalmente, estos hallazgos confirman que BIM es una herramienta estratégica que aporta claridad, eficiencia y control en proyectos de infraestructura pública, mejorando la planificación, la coordinación y la toma de decisiones a partir del análisis del expediente técnico antes de la ejecución.

VII. Recomendaciones

1. Recomendaciones técnicas:

Implementar la revisión de expedientes técnicos en entorno BIM, especialmente en Arquitectura y Estructuras, para identificar deficiencias, inconsistencias gráficas y posibles interferencias.

Usar el modelado BIM como herramienta de validación del alcance del expediente técnico, aplicando criterios de cumplimiento únicamente en partidas con información completa y coherente.

Establecer lineamientos mínimos de información técnica y estandarización de planos que faciliten la transición del entorno 2D al BIM y garanticen la confiabilidad del modelo digital.

Promover la capacitación práctica en BIM del personal técnico, siguiendo los lineamientos del Plan BIM Perú.

Considerar la implementación parcial de BIM en proyectos sin Plan de Ejecución BIM integral, enfocándose inicialmente en Arquitectura y Estructuras para mejorar la gestión de alcance, tiempo y costo.

2. Recomendaciones institucionales:

Se recomienda que las municipalidades revisen los expedientes técnicos con herramientas BIM junto al análisis 2D, verificando consistencia, calidad de información y metrados para evitar partidas sobredimensionadas o duplicadas.

Se sugiere que los gobiernos locales exijan la verificación de metrados y costos mediante BIM en Arquitectura y Estructuras, promoviendo estándares de calidad y reduciendo riesgos de sobrecostos.

Se recomienda capacitar progresivamente al personal técnico en metodologías BIM para fortalecer la supervisión, evaluación y validación de los modelos entregados por los

proyectistas.

3. Recomendaciones académicas:

Se recomienda que las universidades fomenten investigaciones aplicadas sobre BIM en infraestructura pública, evaluando su impacto en alcance, tiempo, costo y reducción de reprocesos.

Se sugiere que los programas universitarios incorporen cursos progresivos de BIM según el Plan BIM Perú, formando profesionales capacitados en modelado, coordinación y gestión de información para proyectos reales.

VIII. Referencias bibliográficas

- Aguado, D. (2023). *Aplicación de metodología BIM en el proyecto creación del servicio de educación inicial Número 2222, Villa Santa María - Trujillo* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego].
- Abdelbary, M., Edkins, A., & Dorra, E. M. (2020). Reducing client related rework (CRR) in fast track projects through BIM. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.009>
- Aguilar, C., & Ayma, G. (2023). *Mejoramiento de los servicios educativos de la I.E. Primaria de Racchi Ayllu del distrito de Huayllabamba, Provincia de Urubamba - Departamento de Cusco, aplicando la metodología BIM* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].
<http://hdl.handle.net/20.500.12918/7598>
- Al Gahtani, K. S., & Alnaser, N. (2023). *Impacto de BIM en la reducción de retrasos en proyectos de construcción mediante dinámica de sistemas: Aplicación de un modelo SD para evaluar factores de demora en Arabia Saudita. Buildings*.
<https://doi.org/10.3390/buildings13092267>
- Amaya, M., & Sierra, A. (2021). *Análisis de comparación con la metodología BIM en proyecto de vivienda multifamiliar en el municipio de Acacias - Meta* [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle].
- Barreto, A. (2020). *Implementación de la metodología Building Information Modeling en la gestión de proyectos inmobiliarios* [Tesis de pregrado, Fundación Universidad de América].
- Berrio, D., & Valer, H. (2020). *Gestión de programación y ejecución de un proyecto de ocho pisos mediante indicadores claves de rendimiento (KPI) empleando el BIM 5D y Lean Construction en la ciudad del Cusco* [Tesis de pregrado, Universidad

Nacional de San Antonio Abad del Cusco].

BuildingSMART. (2024, 2 de febrero). *BuildingSMART España*.

<https://www.buildingsmart.es/bim/qu%C3%A9-es/>

Calidad, I. N. (2021). *NTP-ISO 19650-1:2021*. Lima: Instituto Nacional de la Calidad.

Carbajal, N. B., & Paucarmayta Añamaco, Á. (2024). *Evaluación con la metodología BIM de proyectos de infraestructura educativa del nivel primario ejecutados por administración directa en la provincia de Grau, región Apurímac en el periodo 2019-2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/9771>

arranza, R., & León, K. A. (2022). *Aplicación de BIM 5D para la optimización de recursos en la etapa de construcción de la subestructura y superestructura en un edificio multifamiliar ubicado en el distrito de Santiago de Surco, Lima* [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres].

<https://hdl.handle.net/20.500.12727/12920>.

Chávez, B. D. (2024). *Implementación de la metodología BIM en la etapa de expediente técnico para optimizar el presupuesto de construcción en proyectos de financiamiento público – Cajamarca 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].

Condolo Ponce, E. J., & Zurita Moreno, D. A. (2023). *Aplicación de la metodología BIM 5D para la optimización integral del edificio Titanium 2 de la Ciudad Millenium ubicado vía Samborondón, La Aurora* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/67664>

Condori, J. (2020). *Análisis y diseño estructural de una edificación de 5 pisos de concreto armado mediante la aplicación de la metodología BIM en el distrito de Tacna*

[Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna].

Corferias. (2024, 15 de febrero). *Corferias: Noticias*.

<https://corferias.com/index.cfm?doc=modulos/noticias/view&id=3576&intIdioma=1&StrIdioma=es>

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Europea, U. (2019). *Manual para la introducción de la Tecnología BIM por parte del sector público Europeo*. Unión Europea.

Finanzas, M. d. (2024, 30 de enero). *Ministerio de Economía y Finanzas*.

https://www.mef.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=5897&Itemid=102594&lang=es

Flores, Y. (2021). *Aplicación de la metodología BIM 3D en la detección de interferencias e incompatibilidades de las especialidades de estructuras e instalaciones sanitarias del proyecto: Mejoramiento del servicio de movilidad urbana en la APV Villa Paraíso, San Sebastián* [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco].

<https://hdl.handle.net/20.500.12557/5570>

García Benites, M. J. (2020). *Aplicación de herramientas BIM para la mejora de los procesos de diseño en edificaciones urbanas, Trujillo* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/26174>.

Gharaibeh, L. G., Matarneh, S., Lantz, B., & Eriksson, K. M. (2024). Quantifying the influence of BIM adoption: An in depth methodology and practical case studies in construction. *Results in Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102555>

González Lopera, J. A., & Suárez Reyes, S. M. (2017). *Evaluación de la influencia del PMI® sobre la triple restricción de un proyecto de consultoría de infraestructura: caso de estudio basado en diseños de obras civiles para servicio público*

- domiciliario en Bogotá* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana].
<http://hdl.handle.net/10554/57867>
- Guía Nacional BIM. Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM. (2023). Lima, Perú: Ministerio de Economía y Finanzas.
- Invierte.pe. (2023). Guía Nacional BIM, Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM. *Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.*, 20-22.
- Llanos, M., & Orbegoso, S. (2023). *Implementación de la Metodología BIM para optimizar la productividad en el Proyecto de Construcción Institución Educativa 2199 - Rayito de Luz en el Porvenir* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Trujillo].
- López Herrera, M. M. (2023). *Aplicación de BIM 3D para coordinar las especialidades de estructuras y arquitectura en la etapa de diseño en el proyecto de vivienda multifamiliar de la empresa Edifycon, Rioja* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio institucional de la Universidad Católica Sedes Sapientiae. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/1956>
- Macedo, K., & Milla, E. (2016). *Aplicación de herramientas BIM-4D para la disminución de incompatibilidades en la planificación de la construcción del colegio Leoncio Prado Gutiérrez del Porvenir* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú].
- Marca, J. (2021). *Influencia de la metodología Building Information Modeling en formulación del Expediente Técnico de la Dirección Regional de Trabajo y Promoción del Empleo de Apurímac-Abancay*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes].
- Montoya, E. (2022). *Modelamiento de la información para detectar las interferencias e*

Incompatibilidades en centros hospitalarios. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma].

Monzón Lozano, A. M. (2023). *Uso de la metodología BIM para la optimización del presupuesto de obra de una institución educativa del nivel primaria, ubicada en el distrito de Huepetue, Madre de Dios, año 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/38531>

Morales Gubio, M. V., & Pazmiño López, E. E. (2022). *Modelo de gestión en proyectos de construcción del sector público del Ecuador, aplicando estándares reconocidos internacionalmente con el análisis de la triple restricción: Caso de estudio: soterramiento de redes eléctricas, sector La Ronda* [Trabajo de titulación previo a la obtención del Grado de Magíster en Construcciones de Obras Civiles, Mención en Gestión y Dirección, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional de la Universidad Central del Ecuador.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/28253>

Murguía, D. (15 de noviembre de 2023). Ya se encuentra disponible el tercer estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima 2023. Obtenido de <https://departamento-ingenieria.pucp.edu.pe/noticia/ya-se-encuentra-disponible-el-tercer-estudio-de-adopcion-bim-en-proyectos-de-edificacion-en-lima-2023/>

Olmos-Alarcón, S. M., & Suarez-García, J. A. (2024). *Análisis de la optimización del tiempo y costo con la metodología BIM en construcción de viviendas VIS en Melgar, Tolima* [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional de la Universidad Católica de Colombia.
<https://hdl.handle.net/10983/31993>

Ocampo, C. (2022). *Aplicación de Metodología BIM para la Optimización y Detección de Interferencias en una Vivienda Unifamiliar en el Distrito De Juanjui –*

- Departamento San Martín* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego].
- Paredes, S., & Torres, H. (2021). *Aplicación de la metodología BIM 5D para optimizar la gestión del costo en la etapa de diseño de un proyecto en el distrito de Comas* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú].
- Pishdad, P., & Onungwa, I. O. (2024). Analysis of 5D BIM for cost estimation, cost control and payments. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*.
<https://doi.org/10.36680/j.itcon.2024.024>
- Perez, L. (2019). *Posibilidades del BIM en la Ingeniería Civil*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Perú, C. G. (2024). *Informe de Obras Públicas Paralizadas en el territorio Nacional a Diciembre del año 2024*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/informes-publicaciones>:
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7757259/6555301-informe-de-obras-paralizadas-en-el-territorio-nacional-a-diciembre-2024.pdf?v=1741734131>
- Project Management Institute. (2021). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) – Séptima Edición y el estándar para la dirección de proyectos*. USA: Project Management Institute, Inc.
- Principe, F., & Mendoza, J. (2021). *Relación de la Tecnología BIM y la Optimización de la constructabilidad en el Proyecto de Infraestructura hospitalaria móvil durante la Emergencia Sanitaria (COVID-19) en el distrito de Chancay* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica del Perú.
- República, Contraloría General. (2023). *Reporte de obras paralizadas en el territorio nacional a diciembre de 2023*. Lima: Subgerencia de Seguimiento y Evaluación del Sistema Nacional de Control.

- República, C. G. (2023). *Reporte de Obras paralizadas en el Territorio Nacional a diciembre del 2023*. Lima: Subgerencia de Seguimiento y Evaluación del Sistema Nacional de Control.
- Sampieri, R., Fernandez, C., & Pilar, B. (2006). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill - Interamericana.
- Sánchez, A. (2024). <https://www.espaciobim.com>. <https://www.espaciobim.com>: <https://www.espaciobim.com/bim>
- Seminario, E., & Zeta, A. (2022). *Aplicación de la Metodología BIM en la etapa de Diseño de una Vivienda Multifamiliar de 04 niveles en Piura* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo.
- Suarez, J. (2019). *Planificación de un Proyecto de Edificaciones utilizando modelos BIM 5D y líneas de flujo* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Tacora, A., & Rivera, M. (2020). *Aplicación de la Metodología Bim (Building Information Modeling) para mejorar los alcances en la etapa de diseño en Proyectos de centros comerciales en la ciudad de Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna].
- Trejo Carbajal, N. A. (2018). *Estudio del impacto del uso de la Metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile].
- UK BIM Framework. (2020). *Guidance Part 1: Concepts*. *Centre for Digital Built Britain; BSI; UK BIM Alliance*. <https://www.ukbimframework.org>
- Valdivieso, F., & Valdivieso, R. (2023). *Metodología BIM para la elaboración del expediente técnico del proyecto “Puente Huanchuy y Accesos” (Casma, 2020)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/19610>.

IX. Anexos

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