

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL  
DISEÑO DEL PUENTE CARROZABLE SOBRE EL RIO  
CANCHA CORRAL EN EL ÁMBITO DE LA COMUNIDAD  
CAMPESINA DE LA ENCAÑADA, DISTRITO LA  
ENCAÑADA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE  
CAJAMARCA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**Bach. Edgar Samuel Julca Huingo.**

**ASESOR:**

**Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada**

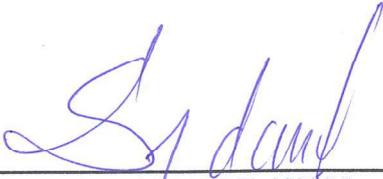
**CAJAMARCA – PERÚ**

**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- Investigador:** EDGAR SAMUEL JULCA HUINGO  
**DNI:** 47292881  
**Escuela Profesional:** INGENIERÍA CIVIL
- Asesor:** HÉCTOR HUGO MIRANDA TEJADA  
**Facultad:** INGENIERÍA CIVIL
- Grado académico o título profesional**  
 Bachiller     Título profesional     Segunda especialidad  
 Maestro     Doctor
- Tipo de Investigación:**  
 Tesis     Trabajo de investigación     Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**  
"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL DISEÑO DEL PUENTE CARROZABLE SOBRE EL RIO CANCHA CORRAL EN EL ÁMBITO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LA ENCAÑADA, DISTRITO LA ENCAÑADA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"
- Fecha de evaluación:** 01/02/2024
- Software antiplagio:**     TURNITIN     URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 19%
- Código Documento:** oid:3117:321535913
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 11/03/2024

 <b>FIRMA DEL ASESOR</b> <b>Nombres y Apellidos:</b> Héctor Hugo Miranda Tejada <b>DNI:</b> 26617213	 <b>FIRMA DIGITAL</b> <b>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</b>	Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258601 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 11/03/2024 18:44:11-0500
--	---	---

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

## **AGRADECIMIENTO**

En la culminación de este arduo y enriquecedor proceso, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que han contribuido de manera significativa en la realización de esta tesis.

En primer lugar, quiero extender mi gratitud a la Universidad Nacional de Cajamarca por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios y desarrollar este proyecto de investigación. Su compromiso con la excelencia académica y su apoyo constante han sido fundamentales para mi crecimiento personal y profesional.

Agradezco de manera especial al Ingeniero Hugo Miranda Tejada, mi asesor y guía en esta travesía académica. Sus valiosos conocimientos, orientación experta y paciencia infinita han sido esenciales para la concreción de esta tesis.

No puedo pasar por alto el respaldo inquebrantable de mis amigos y seres queridos. Sus palabras de aliento, consejos y comprensión en momentos de desafío fueron un motor que me impulsó a seguir adelante.

Para finalizar, agradezco a Dios por su acompañamiento a lo largo de mi vida profesional y por brindarme una linda familia y buenas personas que me acompañan en mi día a día.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, cuyo amor incondicional, sacrificio y apoyo constante han sido la base de mi educación y de todas mis aspiraciones. Cada logro alcanzado es también su triunfo, y esta tesis lleva impregnada la dedicación que me inculcaron desde el principio.

A mis hermanos y hermanas, por compartir risas, retos y momentos especiales a lo largo de los años. Siempre han sido mi fuente de inspiración y fortaleza.

A mis amigos cercanos, quienes han estado a mi lado en los momentos buenos y difíciles. Sus palabras de aliento y su apoyo han sido un bálsamo en los momentos de incertidumbre.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
RELACIÓN DE ABREVIATURAS .....	xiii
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Contexto.....	1
1.2 Problemática .....	2
1.2.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2.2 Formulación del Problema.....	2
1.3 Hipótesis .....	3
1.4 Justificación de la Investigación.....	3
1.5 Alcances o Delimitación del Problema .....	4
1.6 Limitaciones .....	5
1.7 Objetivos.....	5
1.7.1 Objetivo General.....	5
1.7.2 Objetivos Específicos .....	5
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 Antecedentes teóricos .....	7
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	7
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	8
2.1.3 Antecedentes locales.....	9
2.2 Bases Teóricas .....	9
2.2.1 Building Information Modeling (BIM) .....	9
2.2.2 Situación del BIM en el mundo.....	10

2.2.3 Situación del BIM en el Perú.....	12
2.2.4 Usos BIM.....	15
2.2.5 Nivel de desarrollo (LOD, LOI o LOIN) en proyectos BIM.....	16
2.2.6 Roles BIM.....	20
2.2.7 Gestión de la información BIM.....	20
2.2.8 Documentos para la gestión de la información BIM.....	23
2.2.9 Trabajo colaborativo.....	26
2.2.10 Estados del contenedor de información.....	28
2.2.11 Software de aplicación BIM.....	30
2.2.12 Dimensiones BIM.....	31
2.2.13 Nivel de madurez del BIM.....	32
2.2.14 Beneficios de la adopción del BIM.....	34
2.2.15 Valor de la información BIM.....	35
2.2.16 Sinergias entre BIM y LEAN.....	37
<b>CAPÍTULO 3 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>
3.1 Ubicación geográfica.....	40
3.2 Periodo de investigación.....	42
3.3 Metodología.....	42
3.3.1 Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación.....	42
3.3.2 Población de estudio.....	42
3.3.3 Muestra.....	42
3.3.4 Unidad de análisis.....	43
3.4 Procedimiento.....	43
3.4.1 Levantamiento topográfico con dron.....	44
3.4.2 Diseño conceptual.....	44
3.4.3 Diseño geométrico y modelado BIM.....	45

3.4.4 Coordinación de los modelos BIM.....	56
3.4.5 Revisión de interferencias e incompatibilidades .....	57
3.4.6 Metrado de materiales BIM.....	59
3.4.7 Modelado BIM 4D (Programación) .....	62
CAPÍTULO 4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	64
4.1 Análisis de las interferencias e incidencias encontradas. ....	64
4.2 Análisis de la diferencia entre metrados.....	66
4.3 Discusión de resultados obtenidos con la metodología BIM en contraste con la metodología tradicional del expediente técnico. ....	74
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
5.1 Conclusiones.....	76
5.2 Recomendaciones .....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Países que exigen el uso de BIM.....	12
Figura 2: Usos BIM nacionales relacionados con las fases del Ciclo de Inversión. ....	16
Figura 3: Nivel de información necesaria (adaptado de Mott MacDonald) .....	17
Figura 4: Progresividad del nivel de información necesaria según las fases del Ciclo de Inversión. ....	18
Figura 5: Ejemplo de nivel de información gráfica según el nivel de LOD. ....	19
Figura 6: Proceso de Gestión de la Información BIM, según la NTP ISO 19650-2:2021 (adaptado de la NTP ISO 19650) .....	21
Figura 7: Esquema organizacional de las partes involucradas y roles en el desarrollo de la fase de Ejecución (etapa de Elaboración del expediente técnico o documento equivalente) bajo el ámbito de aplicación de la Ley de Contrataciones del Estado.....	22
Figura 8: Esquema organizacional de las partes involucradas y roles en el desarrollo de la fase de Ejecución, bajo el ámbito de aplicación de la Ley de contrataciones del Estado – modalidad concurso – oferta.....	23
Figura 9: Herramientas BIM del marco colaborativo.....	26
Figura 10: Interrelación del grupo de personas involucradas en un proyecto a través de un CDE. ....	27
Figura 11: Ciclo de información de proyecto .....	28
Figura 12: Estados de un contenedor de información dentro del CDE.....	29
Figura 13: Nivel de madurez del BIM según BewRichards BIM Maturity Model.....	32
Figura 14: Curva de MACLEAMY.....	35
Figura 15: Flujo de la información durante el ciclo de vida del proyecto con y sin BIM. ....	36
Figura 16: Matriz de principios Lean y funcionalidades BIM.....	39
Figura 17: Macro localización .....	40

Figura 18: <i>Micro localización</i> .....	40
Figura 19: <i>Ubicación satelital</i> .....	41
Figura 20: <i>Nube de puntos unificada de la ubicación del proyecto</i> .....	44
Figura 21: <i>Modelo conceptual del puente con el mejoramiento del ingreso y salida al mismo.</i> .....	45
Figura 22: <i>Superficie topográfica obtenida a partir de la nube de puntos (levantamiento de condiciones existentes).</i> .....	46
Figura 23: <i>Superficie topográfica.</i> .....	47
Figura 24: <i>Modelo de condiciones existentes.</i> .....	47
Figura 25: <i>Alineamiento en planta del mejoramiento de los accesos.</i> .....	48
Figura 26: <i>Perfil de los accesos de ingreso y salida del puente.</i> .....	49
Figura 27: <i>Perfil del espacio predimensionado para la ubicación del puente.</i> .....	49
Figura 28: <i>Sección transversal típica de los accesos proyectados.</i> .....	50
Figura 29: <i>Corredor de los accesos de ingreso y salida del puente.</i> .....	50
Figura 30: <i>Modelado de zapatas de los estribos.</i> .....	51
Figura 31: <i>Modelado de estribos como familia paramétrica.</i> .....	52
Figura 32: <i>Modelado de vigas de acero.</i> .....	52
Figura 33: <i>Modelado de apoyos de vigas principales sobre estribos.</i> .....	53
Figura 34: <i>Modelado de losa de puente apoyada sobre placa colaborante y losas de aproximación.</i> .....	53
Figura 35: <i>Modelado de barandas peatonales.</i> .....	54
Figura 36: <i>Modelado de acero de refuerzo en estribo mayor.</i> .....	54
Figura 37: <i>Modelado de acero de refuerzo en estribo menor.</i> .....	55
Figura 38: <i>Modelado de acero de refuerzo en losas.</i> .....	55
Figura 39: <i>Integración de los modelos BIM para la coordinación.</i> .....	56
Figura 40: <i>Integración de los modelos BIM con la nube de puntos de las condiciones existentes.</i> .....	56

Figura 41: <i>Impacto de los accesos proyectados sobre el terreno existente</i> .....	57
Figura 42: <i>Explicación para movimiento de tierras de cimentación</i> . ....	58
Figura 43: <i>Modelado del encofrado</i> . ....	58
Figura 44: <i>Programación BIM 4D del proyecto</i> . ....	63
Figura 45: <i>Tala de árboles no considerados en las partidas del proyecto</i> .....	64
Figura 46: <i>Duplicidad de metrado en excavación</i> . ....	65
Figura 47: <i>Falta de excavación para aletas de estribo</i> . ....	66
Figura 48: <i>Partidas con mayor variación porcentual</i> . ....	72
Figura 49: <i>Partidas con mayor variación de costo en miles de soles</i> . ....	73
Figura 50: <i>Partidas con mayor variación de costo en miles de soles</i> . ....	74
Figura 51: <i>Incidencia de las partidas de movimiento de tierras en el costo directo</i> .....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Comparativo de distintas escalas de LOD</i> .....	18
Tabla 2: <i>Programas BIM según su función</i> .....	30
Tabla 3: <i>Coordenadas UTM WGS – 84 Datum, zona 17S</i> .....	40
Tabla 4: <i>Periodo de elaboración de la investigación</i> .....	42
Tabla 5: <i>Metrado de materiales con metodología BIM</i> .....	59
Tabla 6: <i>Datos comparativos entre el metrado de la ingeniería y el metrado con la metodología BIM</i> .....	67

## RESUMEN

La investigación aborda la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el proyecto "Construcción del puente carrozable sobre el Río Cancha Corral" en la Comunidad Campesina La Encañada, Cajamarca. La metodología BIM se presenta como una herramienta innovadora para mejorar la eficiencia en el diseño y gestión de proyectos de ingeniería civil. La investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la fase de ingeniería del proyecto, para tal objetivo se han planteado los objetivos específicos como el procesamiento de datos topográficos con BIM, modelado del puente, coordinación de modelos, simulación 4D y determinación de metrados. El análisis de resultados revela interferencias constructivas y discrepancias en metrados, subrayando la importancia de la metodología BIM en la detección temprana de errores y optimización de recursos. Las conclusiones destacan la precisión mejorada en el levantamiento topográfico con BIM, variaciones en metrados y la utilidad de la coordinación de modelos BIM durante la etapa de ingeniería del proyecto.

**Palabras Claves: BIM, Impacto, Modelado, Coordinación.**

## **ABSTRACT**

The research addresses the implementation of the Building Information Modeling (BIM) methodology in the project "Construction of the carriage bridge over the Cancha Corral River" in the La Encañada Peasant Community, Cajamarca. The BIM methodology is presented as an innovative tool to improve efficiency in the design and management of civil engineering projects. The objective of the research is to evaluate the impact of the implementation of the Building Information Modeling (BIM) methodology in the engineering phase of the project. For this purpose, specific objectives have been raised such as the processing of topographic data with BIM, bridge modeling, coordination of models, 4D simulation and determination of measurements. The analysis of results reveals constructive interferences and discrepancies in measurements, underlining the importance of the BIM methodology in the early detection of errors and optimization of resources. The conclusions highlight the improved accuracy in BIM surveying, variations in metering, and the usefulness of coordinating BIM models during the engineering stage of the project.

**Keywords: BIM, Impaco, Modelado, Coordinación..**

## **RELACIÓN DE ABREVIATURAS**

**BIM:** Building Information Modeling

**CAD:** Computer Aided Design

**IFC:** Industry Foundation Classes

**LOD:** Level of Development

**LoD:** Level of Detail

**LoI:** Level of Information

**LOIN:** Level of Information Need

**NBS:** National Building Specification

**PBI:** Producto Bruto Interno

**PEB:** Plan de Ejecución BIM

**VDC:** Virtual Design and Constructio

# CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Contexto

La construcción es un sector fundamental en la economía peruana, con un crecimiento constante en las últimas décadas. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del Perú, el sector de la construcción representó aproximadamente el 5% del Producto Bruto Interno (PBI) del país en el año 2020. Esta cifra destaca la importancia de la construcción en el desarrollo económico del Perú y su papel en la generación de empleo y la inversión en infraestructura.

Sin embargo, este crecimiento en el sector de la construcción también ha dado lugar a desafíos relacionados con la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad de los proyectos. En este contexto, la metodología Building Information Modeling (BIM) ha surgido como una herramienta prometedora para mejorar la gestión y el diseño de proyectos de construcción.

La PUCP (2021) en su “Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao” presenta el nivel de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima y Callao revelando que existe un progreso significativo en la adopción de BIM comparado con el primer estudio de 2017.

Vasquez C. (2021) indica que las presiones coercivas (educación/entrenamiento BIM) ejercidas por la Industria están dirigidas principalmente al desarrollo de competencias de modelado BIM y no a los procesos colaborativos. Es necesario que la Academia aumente sus esfuerzos por impulsar el desarrollo de competencias que permitan los saltos de capacidad necesarios para obtener una capacidad BIM referida a una Etapa BIM 2 de Colaboración o Etapa BIM 3 de Integración, también refiere que el apoyo de los centros de entrenamiento BIM es mínimo y el primer esfuerzo frente a dicha situación debe ser generado por los Instituciones Educativas mediante la inclusión de los cursos BIM en las mallas curriculares como cursos obligatorios

Estos estudios previos destacan la viabilidad y los beneficios de la implementación de BIM en proyectos de ingeniería civil en el Perú. Sin embargo, aún existen desafíos y oportunidades para mejorar la adopción de esta metodología en el sector de la construcción.

## **1.2 Problemática**

### **1.2.1 Planteamiento del problema**

La falta de infraestructura vial adecuada en la Comunidad Campesina de La Encañada, ubicada en el Distrito La Encañada, Provincia y Departamento de Cajamarca, ha sido un desafío persistente que ha afectado la calidad de vida de sus habitantes y el desarrollo de la región. En particular, la deficiencia y antigüedad del puente rústico construido de piedra sobre el Río Cancha Corral, ha generado aislamiento, dificultades de acceso a servicios esenciales y limitaciones en la movilidad de personas y bienes.

La construcción del puente carrozable sobre el Río Cancha Corral en la Comunidad Campesina La Encañada, ubicada en el Distrito La Encañada, Provincia y Departamento de Cajamarca, representa un proyecto de vital importancia para la conectividad y el desarrollo de la comunidad. Este proyecto busca superar las limitaciones actuales de acceso y movilidad que enfrenta la comunidad.

En este contexto, la metodología Building Information Modeling (BIM) se presenta como una herramienta innovadora que puede potenciar la fase de ingeniería del proyecto de construcción del puente. La implementación de BIM promete mejorar la gestión de información, la precisión en el diseño y la eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos de ingeniería civil.

La metodología Building Information Modeling (BIM) se ha consolidado como una herramienta poderosa en la gestión y diseño de proyectos de construcción, ofreciendo la capacidad de crear modelos digitales en 3D que contienen información detallada de todos los componentes de una estructura. Sin embargo, a pesar de sus ventajas reconocidas a nivel internacional, la implementación de BIM en proyectos de ingeniería civil en el Perú aún enfrenta desafíos en términos de adopción y adaptación.

### **1.2.2 Formulación del Problema**

La pregunta fundamental que esta investigación se propone responder es:

¿Cuál es el impacto potencial de la implementación de la metodología BIM en la etapa de ingeniería del proyecto “Construcción del puente carrozable sobre el Río

Cancha Corral en el ámbito de la Comunidad Campesina La Encañada, distrito la Encañada, provincia y departamento de Cajamarca”?

### **1.3 Hipótesis**

La implementación de la metodología BIM en la etapa de ingeniería del proyecto "Construcción del puente carrozable sobre el Río Cancha Corral en el ámbito de la Comunidad Campesina La Encañada, distrito la Encañada, provincia y departamento de Cajamarca", tiene un impacto potencial significativo en la mejora de la precisión, la eficiencia en la gestión de información y la capacidad de detección de errores tempranos del proyecto.

### **1.4 Justificación de la Investigación**

La implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el proyecto "Construcción del puente carrozable sobre el Río Cancha Corral en el ámbito de la Comunidad Campesina La Encañada, distrito la Encañada, provincia y departamento de Cajamarca", se presenta como una necesidad imperante y una oportunidad estratégica en el contexto de la ingeniería civil y la construcción en la región de Cajamarca, Perú.

La falta de infraestructura vial adecuada ha sido una preocupación constante para la Comunidad Campesina La Encañada y sus habitantes. La construcción del puente carrozable sobre el Río Cancha Corral es una respuesta crucial a esta problemática, y su éxito es de vital importancia para mejorar la conectividad, la movilidad y la calidad de vida de la comunidad.

Sin embargo, las prácticas tradicionales de diseño basadas en CAD presentan limitaciones en términos de precisión, eficiencia y capacidad de detección de errores, lo que puede resultar en costos adicionales, retrasos y subutilización de recursos. En este contexto, la implementación de BIM se justifica como una oportunidad para optimizar la gestión de información, mejorar la calidad del diseño y garantizar una ejecución más eficiente del proyecto, lo que se traducirá en un impacto positivo en la comunidad y sus necesidades de movilidad.

La investigación es relevante tanto a nivel regional como nacional. A nivel regional, Cajamarca enfrenta desafíos en la infraestructura y la gestión de proyectos de construcción, y la aplicación exitosa de BIM en un proyecto como este puede servir como un modelo para futuras iniciativas de infraestructura en la región.

A nivel nacional, la implementación de BIM en proyectos de ingeniería civil es una tendencia creciente y una prioridad en el país. Esta investigación contribuirá al conocimiento y la experiencia en la aplicación de BIM en un contexto peruano, lo que puede influir positivamente en la adopción generalizada de esta metodología y en la mejora de la calidad de la construcción en todo el país.

Además, esta investigación contribuirá al campo de la ingeniería civil y la construcción al proporcionar un estudio detallado sobre los efectos de la implementación de BIM en un proyecto de infraestructura real en Cajamarca. Los resultados y hallazgos serán valiosos para futuras investigaciones y para la formación de profesionales en ingeniería civil interesados en la aplicación de BIM.

### **1.5 Alcances o Delimitación del Problema**

Esta investigación se enfoca en la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el proyecto "Construcción del puente carrozable sobre el Río Cancha Corral en el ámbito de la Comunidad Campesina La Encañada, distrito la Encañada, provincia y departamento de Cajamarca". El período de investigación abarca desde la fase de levantamiento topográfico de condiciones existentes hasta la coordinación de modelos en Navisworks y la comparación de resultados mediante tablas de Excel. El enfoque principal se centra en la implementación de BIM en la fase de ingeniería, utilizando software como Revit y Civil 3D para el modelado de información a partir de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico.

La investigación se limitará a evaluar específicamente cómo la metodología BIM mejora la eficiencia, la precisión y la detección de errores en la fase de ingeniería, sin involucrar el diseño estructural ni geométrico del puente. Aunque se reconoce que la implementación de BIM puede tener impactos más amplios en la gestión de proyectos, esta investigación se enfoca en el contexto del proyecto del puente y su implementación práctica realizando el levantamiento topográfico con dron, el procesamiento fotogramétrico en Agisoft Metashape, planteamiento conceptual en Infracore, su posterior modelado en Revit y Civil 3D y finalmente la coordinación y análisis de resultados en Navisworks y Excel.

## **1.6 Limitaciones**

Las limitaciones de esta investigación incluyen la restricción geográfica al proyecto del puente en La Encañada, limitando la generalización a otras ubicaciones. Además, se centra únicamente en la fase de ingeniería, lo que podría dejar aspectos relevantes sin abordar. Las limitaciones de tiempo se relacionan con el período de investigación y la disponibilidad de datos. Aunque se colaborará estrechamente con las partes interesadas, la investigación se apoyará en recursos disponibles y podría no incluir una evaluación exhaustiva de los impactos económicos y sociales a largo plazo.

Las limitaciones de esta investigación abarcan varios aspectos clave. En primer lugar, la restricción geográfica se concentra exclusivamente en el proyecto del puente en La Encañada, lo que limita la extrapolación de resultados a otras ubicaciones. Además, el alcance se enfoca únicamente en la fase de ingeniería del proyecto. Las restricciones temporales se relacionan con el período de investigación y la disponibilidad de datos, la investigación se apoyará en recursos disponibles y podría no incluir una evaluación exhaustiva de los impactos económicos y sociales a largo plazo, lo que representa una limitación en cuanto a la comprensión completa de los efectos de la implementación de BIM en el proyecto.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo General**

Evaluar el impacto de la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la fase de ingeniería del proyecto “Puente carrozable sobre el río Cancha Corral, distrito la Encañada, provincia y departamento de Cajamarca”.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- Procesar los datos topográficos y fotométricos utilizando la metodología BIM para crear una representación precisa del entorno del proyecto y facilitar el modelado del puente y los accesos.
- Realizar el modelado del puente carrozable sobre el río Cancha Corral utilizando la metodología BIM, con el fin de evaluar la precisión y eficiencia en el diseño.
- Coordinar los modelos generados y realizar una programación 4D del proyecto, lo que permitirá simular el proceso constructivo y evaluar la

secuencia de trabajo, además de identificar cualquier interferencia potencial.

- Determinar los metrados de las partidas que componen el puente utilizando la metodología BIM, lo que facilitará la estimación de recursos y costos de manera más precisa y eficiente.
- Realizar un análisis de las mejoras identificadas en el proyecto aplicando la metodología BIM.

## CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes teóricos

#### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Song Hong Hong, Yang Ganga y Li Haijiang (2022) indican que el BIM ha desempeñado un papel fundamental durante la última década al introducir cambios revolucionarios y sistemáticos, especialmente en las etapas de diseño y construcción en la ingeniería de puentes; mientras que la tecnología emergente Digital Twin (DT), aplicada principalmente en las etapas de operación y mantenimiento, tiene un gran potencial para dar forma a un BIM mejorado por DT. marco para permitir completamente la construcción digital del ciclo de vida completo. Sin embargo, la adopción actual de DT en la ingeniería de puentes provoca confusión conceptual y técnica, lo que dificulta la fusión de tecnologías para alcanzar su máximo potencial.

Yiannis Xenidis (2021) apunta que el Modelado de Información de Construcción (BIM) está ampliando cada vez más su aplicación desde el sector de la construcción a otro tipo de estructuras, como carreteras, ferrocarriles y puentes. Especialmente para puentes que requieren un análisis estructural explícito y procesos de construcción estándar, BIM puede ser la piedra angular de una entrega rentable y segura al explotar la consolidación de un modelo geométrico punto por punto y el potencial de coordinar la información técnica y temporal durante la construcción. Por lo tanto, el potencial de la tecnología BIM para el diseño y análisis de puentes debe presentarse de manera clara para fomentar una implementación más amplia para este tipo de infraestructura.

Gema de la Soledad Gil Espadas (2022) en la investigación titulada “implementación de la metodología BIM en el proceso de diseño de un puente arco de ferrocarril en una línea de alta velocidad”, concluye que desde el punto de vista de la interoperabilidad de estos programas, se han detectado ciertas dificultades a la hora de modelar armaduras en Revit en elementos creados en SOFiSTiK. Asimismo, al tratarse Revit de un software orientado al diseño de obras de edificación, ciertos comandos no han podido ser aplicados en toda la infraestructura de forma rápida y simultánea, como si ocurre en el modelado de edificios,

provocando que el proceso de diseño de ciertos elementos resultase ser excesivamente costoso.

El diseño de la construcción de un puente es diferente a cualquier otra estructura o edificio, del mismo modo que su propósito y uso también lo son. En consecuencia, el uso de la metodología BIM en este ámbito también resulta distinto, siendo una tarea que requiere de un conocimiento profundo en multitud de campos asociados a la construcción. Esto no debe ser considerado como una desventaja, si no como una gran oportunidad para explotar todo el potencial de esta nueva herramienta, que nos va a permitir no obviar determinados aspectos que pueden llegar a pasar por alto, logrando una mejor calidad constructiva de las obras.

Bermúdez Sarmiento & Quintero García (2021) en la investigación titulada “BENEFICIOS DE LA ADOPCIÓN BIM EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA”, indica que se ha confirmado a través del análisis que, la aplicabilidad de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial trae grandes beneficios para los proyectos y que puede usarse en las diferentes fases del proyecto. Pese a que el índice de aplicabilidad en la literatura estudiada corresponde a la fase de diseño, se puede comprobar que trae beneficios en otras fases como la construcción y operación de este.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Espinoza Menacho y Fernando Javier (2017) En la investigación titulada “IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BRIM EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE EL TINGO Y ACCESOS. SAN JUAN, CAJAMARCA - CAJAMARCA”, señalaron que en la coyuntura del Perú se requiere estar en la capacidad de tomar medidas que ayuden a lograr la correcta planificación y construcción en los proyectos viales, en los próximos años la construcción de infraestructuras viales en el Perú aumentara de forma considerable debido a la reconstrucción que se viene desarrollando en el norte del país donde el ministerio de transportes y comunicaciones ha anunciado que invertirá 1,800 millones de soles para la construcción de 106 puentes y la reconstrucción de 680 kilómetros de carreteras, bajo esta perspectiva la importancia de realizar una gestión correcta del diseño.

Además, concluyen que la metodología BrIM brinda una ventaja excepcional a todos los involucrados, indudablemente marcando un nuevo capítulo en la industria de la construcción de puentes. Dicha ventaja puede marcar la diferencia entre ser más rentables o quedarse atrás, se debe enfocar más en los impactos positivos que realza el BrIM, tanto en visualización y procesos constructivos, con la finalidad de alcanzar los niveles más altos y satisfactorios en los proyectos.

### **2.1.3 Antecedentes locales**

Cabellos Rodríguez (2021) en la investigación titulada “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC/BIM PARA EL REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN EN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL DEL AÑO 2021”, concluye que al usar la metodología VDC/BIM en la obra en estudio nos ha dado metrados más precisos y adecuados a la realidad, saliendo así un adicional de obra con incidencia de 2.3% y un menor metrado o deductivo con respecto al presupuesto contractual del -2.58%, obteniendo un costo final de obra de S./ 1,944,066.10 (un millón novecientos cuarenta y cuatro mil sesenta y seis con 10/100 soles) siendo un -0.28% menor que el monto contratado generada con la metodología tradicional lo que permite generar ahorros en el uso de los fondos públicos a lo largo del ciclo de inversión, dado que mejora la gestión de la información, asegurando una mejor calidad tanto en el expediente técnico y al momento de la ejecución del proyecto.

Otra conclusión es que al aplicar la metodología BIM/VDC en una infraestructura vial se logró un metrado preciso, mejorando el expediente técnico eliminando incompatibilidades y culminando la obra dentro de los plazos establecidos por esta nueva metodología alcanzando así mejorar la accesibilidad a las viviendas, el ornato de la localidad, su desarrollo urbano y los servicios, fortaleciendo el nivel social y mejorando la calidad ambiental del entorno; es necesario mencionar que no podemos generalizar esta regla en todos los proyectos ya que cada uno es independiente, además de tener diversas variables

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Building Information Modeling (BIM)**

Flores (2020) indica que la metodología BIM (Building Information Modeling o Modelado de Información en Construcción) Building Information Modeling (BIM) es una metodología que busca mejorar las distintas fases de un proyecto de

construcción para una edificación a través de un trabajo colaborativo entre los participantes del proyecto, un conjunto de procesos y tecnologías aplicadas para la gestión del proyecto y un modelado del edificio en formato 3D creado a partir de la información reunida

De acuerdo con la NTP-ISO 19650 – 1:2021, BIM es el “uso de una representación digital compartida de un activo construido, para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, con la finalidad de contar con una base confiable para la toma de decisiones” (Instituto Nacional de Calidad, 2021, pág. 8). Esta representación digital integra toda la información de una inversión, tanto gráfica (como, por ejemplo, tuberías tridimensionales) como no gráfica (por ejemplo, presupuestos). (INACAL, 2021)

Para Eastman, Teicholz, Sacks & Liston (2018), el Building Information Modeling (Modelo de la Información de la Construcción) se define como una metodología colaborativa para la gestión de proyectos de construcción, rehabilitación y mantenimiento. Esta metodología implica la creación y gestión de un modelo virtual tridimensional de un proyecto de edificación u obra de ingeniería. Dicho modelo almacena y registra todos los datos necesarios y las partes involucradas en la construcción, rehabilitación y mantenimiento, ya sea desde la fase de planificación inicial o desde el levantamiento 3D, en caso de que sea una infraestructura existente escaneada u obtenida de manera similar. Este modelo se utiliza a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, desde la ejecución hasta la demolición final. Además, todos los datos y agentes pertinentes se concentran en una base de datos centralizada.

### **2.2.2 Situación del BIM en el mundo**

IDESIE Business & Tech School (2021) concluye que los proyectos BIM están aumentando en todo el mundo. La implementación está aumentando diariamente en los sectores público y privado. Cada país está creando sus propias directrices basadas principalmente en estándares internacionales como ISO 19650 para crear un lenguaje común y mejorar la colaboración. Las directrices o normas actuales están mejorando constantemente y darán forma al futuro de la industria AECO en todo el mundo

Xenidis, Y (2022) indica que el Modelado de Información de Construcción (BIM) está ampliando cada vez más su aplicación desde el sector de la construcción a otro tipo de estructuras, como carreteras, ferrocarriles y puentes. Especialmente para puentes que requieren un análisis estructural explícito y procesos de construcción estándar, BIM puede ser la piedra angular de una entrega rentable y segura al explotar la consolidación de un modelo geométrico punto por punto y el potencial de coordinar la información técnica y temporal durante la construcción. Por lo tanto, el potencial de la tecnología BIM para el diseño y análisis de puentes debe presentarse de manera clara para fomentar una implementación más amplia para este tipo de infraestructura.

Según la ONU, en 2050, la población mundial será de 9,7 mil millones. La industria global de AEC debe buscar formas más inteligentes y eficientes de diseñar y construir no sólo como un medio de estar al día con la demanda global, sino para ayudar a crear espacios que sean más inteligentes y también más duraderos.

Se prevé que el mercado global del BIM crezca debido al aumento de las inversiones en todo el mundo para el desarrollo de infraestructura. A medida que el mundo avanza con un crecimiento acelerado para satisfacer las crecientes demandas de la creciente población, la industrialización y la urbanización desenfrenadas, se prevé que la tasa de adopción del software BIM se dispare en los próximos años.

Según el estudio de Zion Market Research, el tamaño del mercado global de modelado de información de construcción (BIM) valía alrededor de USD 14,72 mil millones en 2021 y se prevé que crezca a alrededor de USD 52,5 mil millones para 2030 con una tasa de crecimiento anual compuesta de aproximadamente 13,9% entre 2022 y 2030.

**Figura 1: Países que exigen el uso de BIM**



Nota: El gráfico representa por colores los países que exigen (existing) y los países que tienen planes (planned) de implementación del BIM, Tomado de la publicación *Ventajas del BIM*, 2023, AUTODESK.

### 2.2.3 Situación del BIM en el Perú

Farfán y Chavil (2016) concluyeron que en el Perú se está dando un importante paso en la implementación BIM en el sentido de que, a pesar del Nivel de Madurez BIM que poseen, algunas empresas están empleando las herramientas tecnológicas del BIM para metrados, simulaciones y análisis, planificación de la producción, planificación de la seguridad, entre otras, además de la muy conocida compatibilización. Algunas empresas que afirman implementar BIM en sus proyectos, seguramente debido a la falta de conocimiento de qué es BIM, lo que hacen en realidad es subcontratar el modelado del proyecto para temas de marketing, siendo empleado sólo como un modelo 3D mas no como una herramienta tecnológica con el potencial de solucionar muchas de las problemáticas que afronta la industria de la construcción

La PUCP (2021) en su “Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao” concluye que la adopción BIM en proyectos ha aumentado de 25% a 39% entre 2017 y 2020, aproximadamente un 80% de los modelos son creado por los equipos BIM del contratista o consultores externo. Presumiblemente, esto sucede después del diseño tradicional en CAD, solo un 20%

de los proyectos que usan BIM crean planos directamente desde modelos 3D, el 16% de los proyectos han empezado a usar Entornos Comunes de Datos. Esto es una indicación que se está progresando a la etapa de colaboración basada en modelos, y finalmente indica que para mejorar la adopción BIM en la industria debemos trabajar en el aumento de capacidades digitales y colaboración de los proyectistas. Esto será fundamental para progresar los entornos colaborativos en el sector público y privado.

La implantación BIM en el Perú tiene la iniciativa de seguir avanzando en nuevas tecnologías para desarrollo de proyectos públicos y privados. En el 2018 y mediante el DL. 30225, se establece los primeros lineamientos acerca de “Modelo Digital”.

“Decimotercera. - Las Entidades ejecutan las obras públicas considerando la eficiencia de los proyectos en todo su ciclo de vida. Mediante Decreto Supremo se establecen los criterios para la incorporación progresiva de herramientas obligatorias de modelamiento digital de la información para la ejecución de la obra pública que permitan mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos desde su diseño, durante su construcción, operación y hasta su mantenimiento.” (Decreto Legislativo. N° 1444, de 2018, Decreto Legislativo que modifica la Ley N° 30225, Ley de Contrataciones del estado, Artículo 3, Decimotercera)

En el año 2019 mediante RM-242-2019-VIVIENDA, se establece los “Lineamientos Generales para el uso de BIM en Proyectos de Construcción. En el mismo año y en tiempo récord se concluyen la infraestructura para los “Juegos Panamericanos Lima 2019” la cual se realizó con el uso de metodología BIM; es a raíz de este que mediante el D.S. 237-2019-EF, se aprueba el “Plan Nacional de Competitividad y Productividad 2019 – 2030, el cual tiene como objetivo prioritario la mejora de la producción disminuyendo costos en los proyectos de inversión pública a través de la implementación de la metodología BIM, el uso de PMO y contrataciones NEC.

Mediante el D.S. 289-2019-EF, se aprueban las “Disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública”, estableciendo disposiciones para el desarrollo e implementación del Plan BIM.

En el 2020 y mediante el D.L. 1486-2020 se establece “Las entidades públicas del Gobierno Nacional pueden aprobar la aplicación de metodologías Building

Information Modeling (BIM) u otras, en las inversiones públicas que se encuentren en el ámbito de su responsabilidad funcional, para su utilización por estas mismas y/o por otras entidades públicas, de acuerdo a los lineamientos establecidos por la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (DGPMI)”.

Mediante el DS 119-2020-EF se aprueba el “Reglamento de Proyectos Especiales de Inversión Pública (PEIP), el cual en su ítem “h” del capítulo 5.5 establece: “Brindar asistencia técnica en la implementación del modelamiento digital de información para la construcción (BIM) en el marco del estándar ISO 19650 y de otras metodologías, para la transferencia de conocimiento en los procesos que requiera el PEIP y en las réplicas del modelo en caso corresponda”.

Mediante la R.D. 007-2020-EF/63.01 se “Aprueban los lineamientos para la utilización de la metodología BIM en las inversiones públicas”, el cual indica que “El objetivo del presente documento es orientar sobre la utilización de metodologías colaborativas de modelamiento digital de información para la construcción (BIM por sus siglas en inglés), en inversiones públicas durante las fases de desarrollo de las mismas; así como establecer pautas mínimas para su aplicación”.

En octubre de 2020 se publica el “Plan de implementación y hoja de ruta del plan BIM Perú” el cual establece la Adopción BIM y el Plan de implementación y hoja de ruta; este plan es aprobado mediante la R.D. 0002-2021-EF/63.01.

En el 2021 y mediante el D.S. 108-2021-EF, se modifica el D.S. 289-2019-EF, Aprueban disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública. Mediante el cual se hacen algunas modificaciones a las definiciones y conceptos BIM, añadiendo además la definición de “Contenedor de información” y el “Plan de implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú”.

Mediante la R.D. 0005-2021-EF/63.01 se aprueba la “Nota Técnica de Introducción BIM: Adopción en la Inversión Pública” y la “Guía Nacional BIM: Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM”, la cual establece en su artículo 1: “Aprobación de la “Nota Técnica de Introducción BIM: Adopción en la Inversión Pública” y la “Guía Nacional BIM: Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM” Apruébense la “Nota Técnica de Introducción BIM: Adopción en la Inversión Pública” y la “Guía Nacional BIM: Gestión de la

Información para inversiones desarrolladas con BIM” que, como Anexos, forman parte integrante de la presente Resolución Directoral”.

En marzo del 2023, mediante la R.D. 0003-2023-EF/63.01 se aprueba la “Guía Nacional BIM: Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM”, la cual deroga a la versión del 2021. Esta nueva actualización ha sido creada utilizando como base fundamental los Estándares NTP-ISO 19650-1:2021 y NTP-ISO 19650-2:2021, que han sido ajustados para adaptarse al contexto nacional e integrados al Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

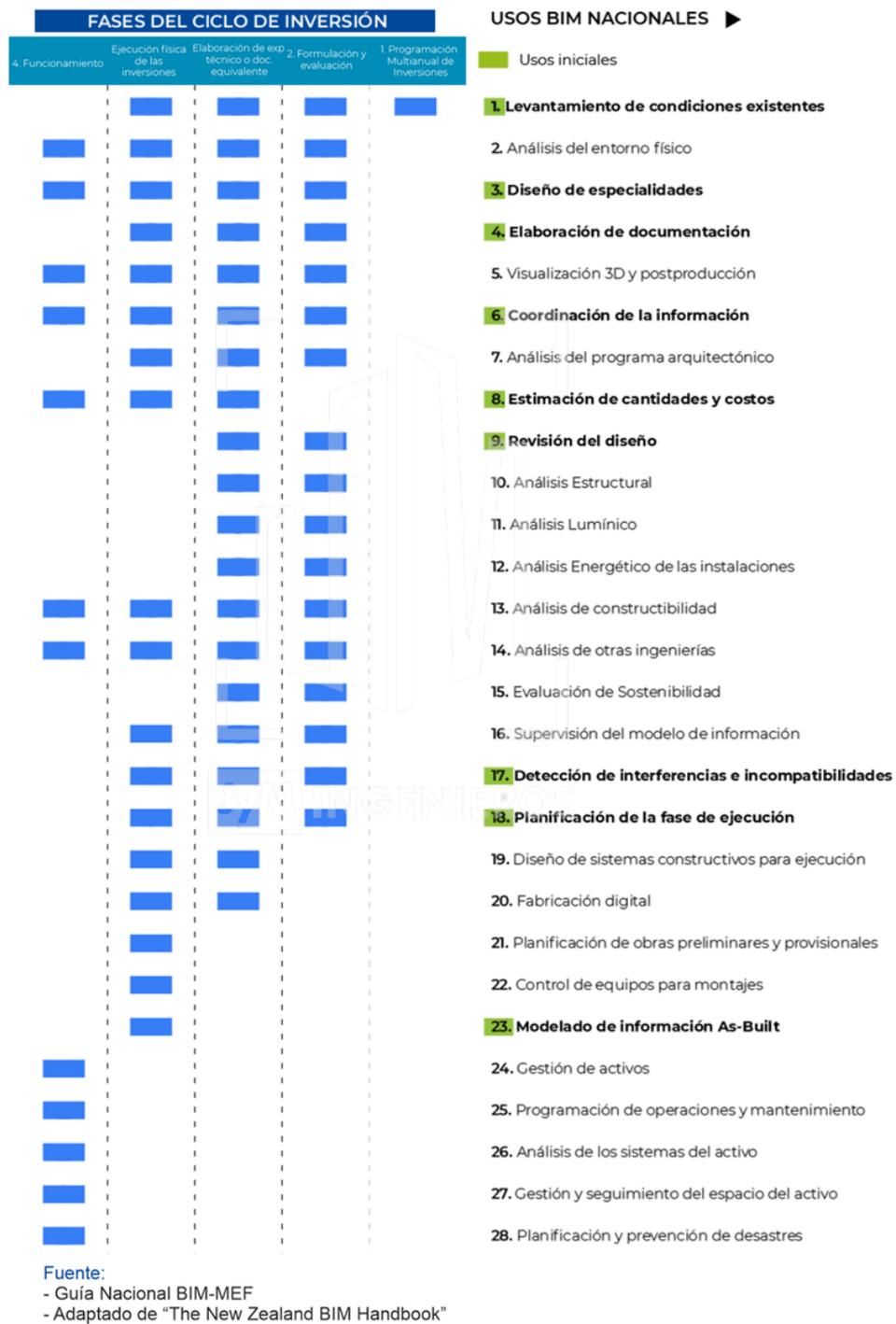
#### **2.2.4 Usos BIM**

Los Usos BIM son métodos de aplicación de BIM que se definen a través de procesos que se pueden ubicar, orientar y relacionar con cada fase del ciclo de inversión para alcanzar uno o más objetivos específicos. Estos usos sirven para explicar las diferentes formas en las que las partes involucradas pueden utilizar BIM en una inversión determinada.

Es importante que se mantenga una comunicación e intercambio de información, de manera transversal al ciclo de inversión, entre las partes involucradas en la Gestión de la Información BIM. Esto debe hacerse dentro de un Entorno de Datos Comunes (CDE)

La Guía Nacional BIM (2023) establece 27 usos BIM los cuales son aplicables a lo largo del ciclo de inversión.

**Figura 2:** Usos BIM nacionales relacionados con las fases del Ciclo de Inversión.



Nota: El gráfico muestra los usos BIM aplicables según el Ciclo de Inversión, Tomado de la Guía Nacional BIM (p.57) por el MEF, 2023.

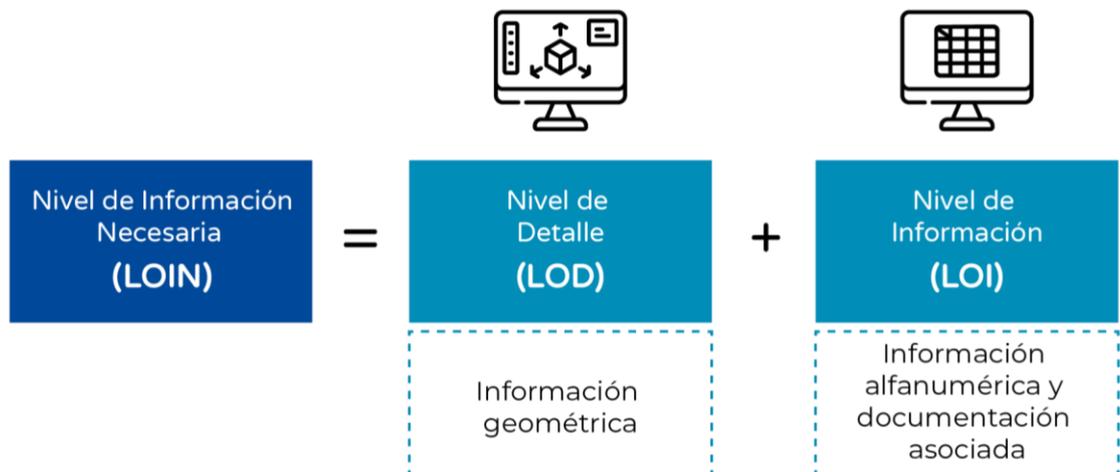
### 2.2.5 Nivel de desarrollo (LOD, LOI o LOIN) en proyectos BIM

Si hablamos de LOD a nivel internacional vamos a encontrar que significa Nivel de Detalle (Level of Detail), Nivel de Definición (Level of Definition) o Nivel de

Desarrollo (Level of Development), haciendo referencia a la cantidad y fiabilidad de los datos en el desarrollo de un elemento del modelo de información, tomando en cuenta la información gráfica y la no gráfica.

Sin embargo, para el presente documento y en concordancia con la Guía Nacional BIM cuando hablemos de LOD (Level of Detail) nos referimos exclusivamente al nivel de información gráfica, y utilizaremos LOI (Level of Information) para referirnos al nivel de información no gráfica.

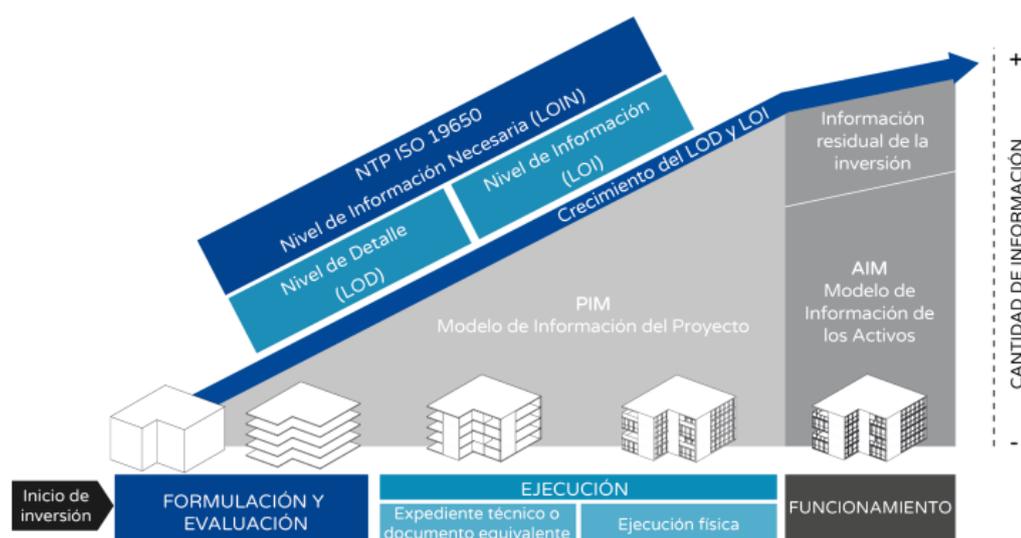
**Figura 3:** Nivel de información necesaria (adaptado de Mott MacDonald)



Nota: El gráfico muestra la relación entre LOIN, LOD y LOI, Tomado de la Guía Nacional BIM (p.59) por el MEF, 2023.

En ese sentido, la progresividad del nivel de información necesaria (LOIN) implica que, tanto el nivel de detalle (LOD) como el nivel de información (LOI), aumenta la cantidad y confiabilidad de la información, a medida que avanza el desarrollo de una inversión en el Ciclo de Inversión. (MEF, 2023)

**Figura 4:** Progresividad del nivel de información necesaria según las fases del Ciclo de Inversión.



Nota: El gráfico muestra el nivel de información requerido por los proyectos a medida que avanzan en su Ciclo de Inversión, Tomado de la Guía Nacional BIMi (p.60) por el MEF, 2023.

Los niveles de información no cuentan con un estándar internacional común a todos los proyectos y países donde se aplica, en la siguiente tabla se presentan los niveles de LOD según los tipos de estándares existentes.

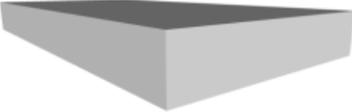
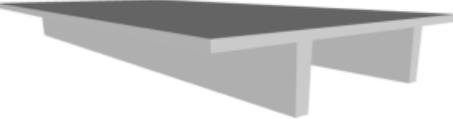
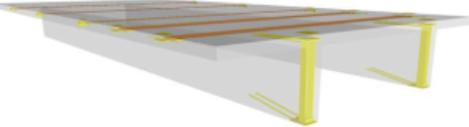
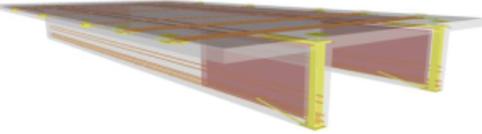
**Tabla 1:** Comparativo de distintas escalas de LOD

ESTÁNDAR			DESCRIPCIÓN
PAS 1192 2	AIA	BIM FORUM	
LOD 1	-	-	Determinación de necesidades básicas e información
LOD 2	LOD 100	LOD 100	Estudio del volumen de construcción y costos
LOD 3	LOD 200	LOD 200	Establece información de los elementos geométricos del modelo sin gráfico
LOD 4	LOD 300	LOD 300 LOD 350	Coordinación de conflictos entre disciplinas Información precisa sobre el modelo: Forma, localización, Tamaño, orientación, etc.
LOD 5	LOD 400	LOD 400	Coordinación de conflictos entre disciplinas, detalles para la fabricación, montaje e instalación del proyecto
LOD 6	LOD 500	-	Contiene elementos precisos del proyecto de forma no gráfica, tamaño, forma, ubicación y orientación

ESTÁNDAR			DESCRIPCIÓN
PAS 1192 2	AIA	BIM FORUM	
LOD 7	-	-	Registro actualizado: Datos de desempeño y condiciones e información necesarios para la operación y el mantenimiento del activo

Nota: La tabla ha sido tomada del módulo “Estándares, normativas y documentación BIM” (P22) por EADIC, 2023.

**Figura 5:** Ejemplo de nivel de información gráfica según el nivel de LOD.

200	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Approximate geometry (e.g. depth) of structural elements</li> </ul>	 <p>45 B1010.20 – LOD 200 Precast Structural Double Tee (Concrete)</p> <p>From lkerd.com</p>
300	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Specific sizes and locations of main concrete structural members modeled per defined structural grid with correct orientation</li> <li>Concrete defined per spec (strength, air entrainment, aggregate size, etc.)</li> <li>All sloping surfaces included in model element with exception of elements affected by manufacturer selection</li> </ul>	 <p>46 B1010.20 – LOD 300 Precast Structural Double Tee (Concrete)</p> <p>From lkerd.com</p>
350	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reinforcing Post-tension profiles and strand locations</li> <li>Reinforcement called out, modeled if required by the BEP, typically only in congested areas</li> <li>Chamfer</li> <li>Pour joints and sequences to help identify reinforcing lap splice locations, scheduling, etc.</li> <li>Expansion Joints</li> <li>Lifting devices</li> <li>Embeds and anchor rods</li> <li>Penetrations for items such as MEP</li> <li>Any permanent forming or shoring components</li> </ul>	 <p>47 B1010.20 – LOD 350 Precast Structural Double Tee (Concrete)</p> <p>From lkerd.com</p>
400	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>All reinforcement including post tension elements detailed and modeled</li> <li>Finishes</li> </ul>	 <p>48 B1010.20 – LOD 400 Precast Structural Double Tee (Concrete)</p> <p>From lkerd.com</p>

Nota: La figura representa el nivel de información gráfica según el LOD para una losa prefabricada con doble viga, tomada del documento “LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD)” (P63) por BIMFORUM, 2021.

## 2.2.6 Roles BIM

Los roles BIM son perfiles de una o más personas en el desarrollo de un proyecto desempeñando labores de Gestión, Revisión, Creación y Edición de información BIM. Encontraremos distintas maneras de nombrar a los Roles BIM, dependiendo de la normativa o estándar; en nuestro caso nos regiremos a lo estipulado en la Guía Nacional BIM.

**Líder BIM:** Es el encargado de gestionar, liderar y diseñar, de manera exitosa, los procesos y estrategias para lograr la adopción del BIM a nivel Organizacional, según las necesidades y objetivos de cada entidad.

**Gestor BIM:** Comprometido con el proceso de Gestión de la Información BIM y el responsable de establecer los Requisitos de Información de las inversiones, en coordinación con el Líder BIM. Transmitiendo de manera clara los Requisitos de Información a los Equipos de Proyecto, manteniendo comunicación y coordinación constante con el Coordinador BIM.

**Coordinador BIM:** Responsabilizado de coordinar la ejecución de los modelos de información de las distintas especialidades, asegurando el cumplimiento de los Requisitos de Información, normativas y procedimientos establecidos para Gestión de la Información BIM, manteniendo la comunicación y coordinación con el Gestor BIM y el Equipo de Trabajo.

**Supervisor BIM:** Responsable de realizar revisiones periódicas de los Contenedores de Información y verificar que el Modelo de Información se realice según los Requisitos de Información, en colaboración con el Coordinador BIM, antes de la entrega del Modelo de Información al Gestor BIM.

**Modelador BIM:** Delegado en la producción de los Contenedores de Información, según los Requisitos de Información, considerando el Nivel de Información Necesaria (LOIN), debiendo mantener una comunicación y coordinación constante con el Coordinador BIM y con los miembros del Equipo de Trabajo.

## 2.2.7 Gestión de la información BIM

la ISO 19650-2 tiene como objetivos la especificación de los requisitos necesarios para la gestión de la información en la fase de desarrollo de los activos y los intercambios de información dentro de las fases del proyecto. Este proceso

contempla ocho actividades con la finalidad es definir qué información se necesita, cuándo debe ser entregada, quién posee la mejor posición para desarrollar el alcance requerido y demostrar la capacidad solicitada, y finalmente, precisar cómo se debe crear, administrar y utilizar la información de los proyectos.

Las partes involucradas se organizan en equipos para el proceso de producción, gestión y entrega de la información, tal y como se describen a continuación:

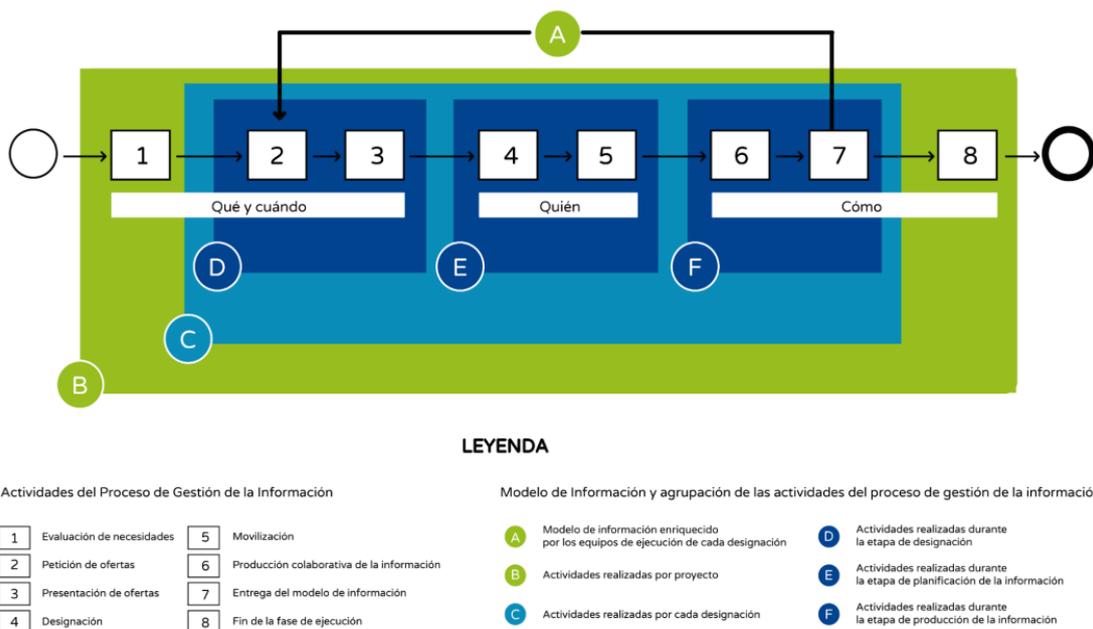
**Equipo del Proyecto / Project Team:** Conformado por todas las partes involucradas en el desarrollo de una inversión aplicando BIM.

**Equipo de Ejecución / Delivery Team:** Conformado por la Parte Designada Principal y la Parte Designada en el desarrollo de una inversión aplicando BIM.

**Equipo de Trabajo / Task Team:** Conformado por las Partes Designadas en el desarrollo de una inversión aplicando BIM.

De acuerdo con las necesidades y a la magnitud en el desarrollo de las inversiones públicas, se pueden generar diferentes relaciones entre las partes involucradas y los equipos del proceso de gestión de la información. (MEF, 2023).

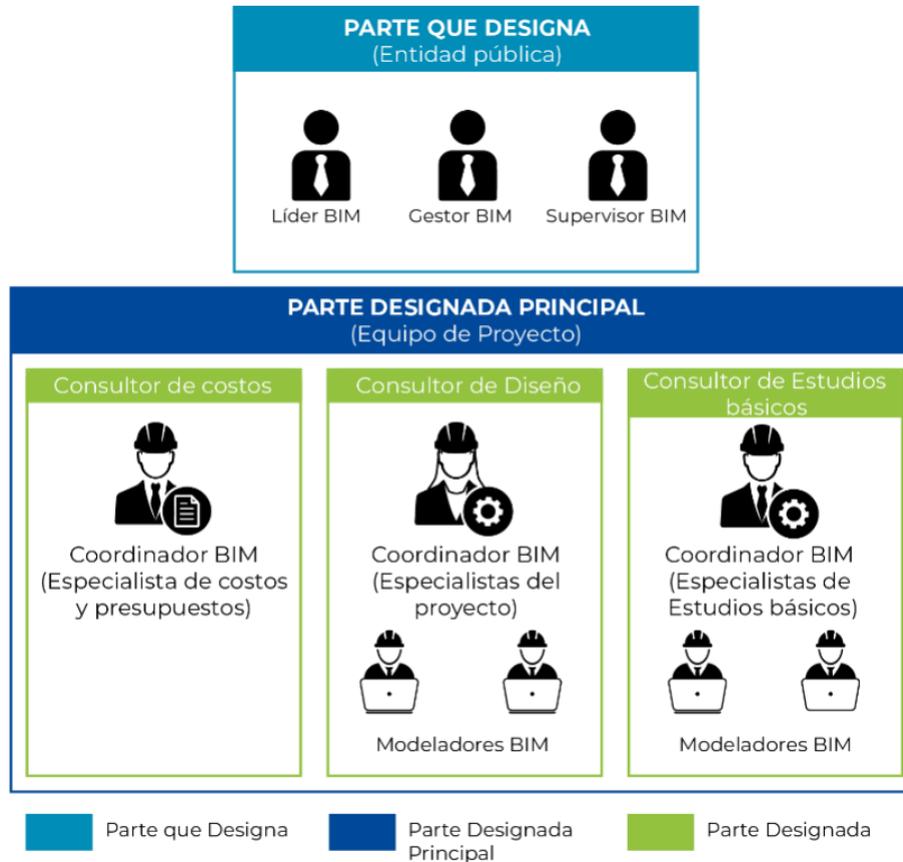
**Figura 6:** Proceso de Gestión de la Información BIM, según la NTP ISO 19650-2:2021 (adaptado de la NTP ISO 19650)



Nota: El gráfico muestra la relación entre las Actividades del Proceso de Gestión de la Información en cada una de las etapas del Ciclo de Inversión, Tomado de la Guía Nacional BIM (p.79) por el MEF, 2023.

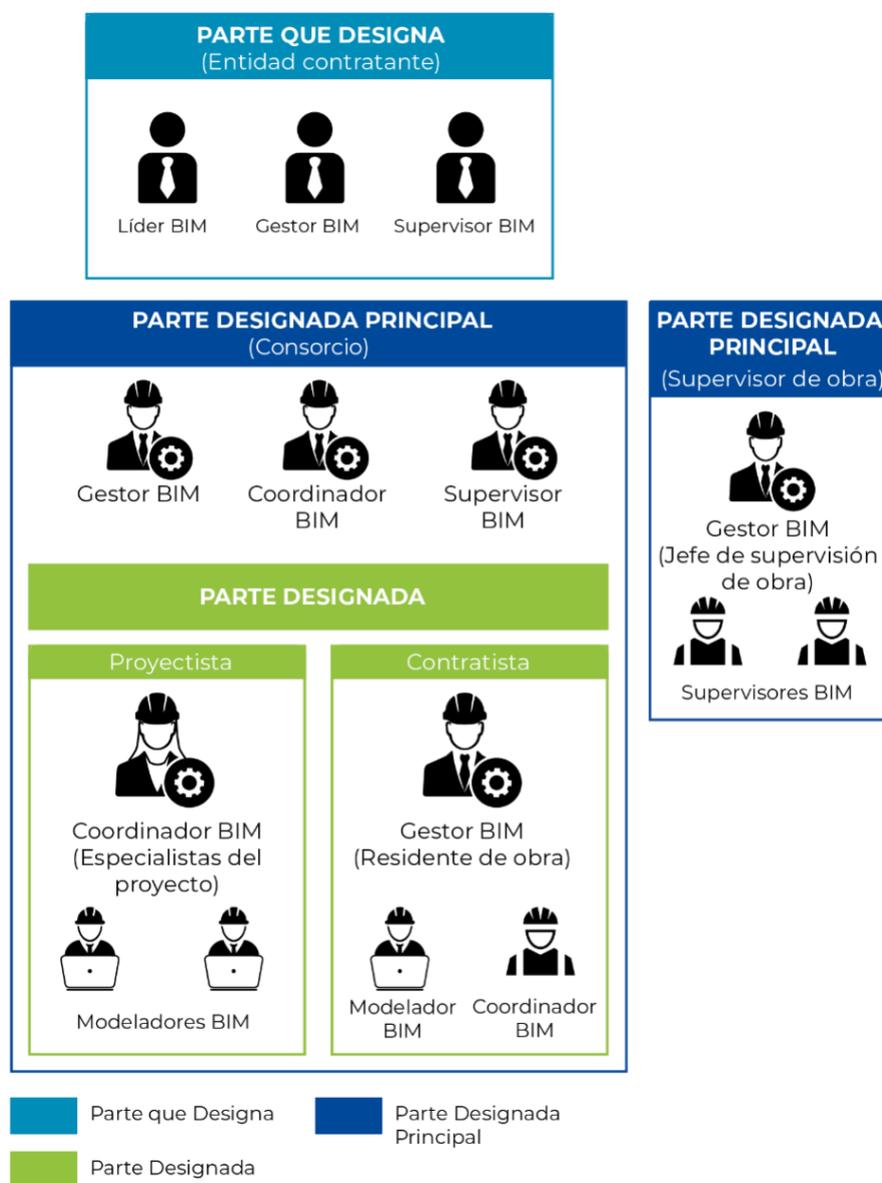
Existe una relación directa entre las partes involucradas y los roles BIM, a continuación se muestran figuras esquemáticas para la etapa de Desarrollo de Expediente Técnico y para la Etapa de Construcción:

**Figura 7:** Esquema organizacional de las partes involucradas y roles en el desarrollo de la fase de Ejecución (etapa de Elaboración del expediente técnico o documento equivalente) bajo el ámbito de aplicación de la Ley de Contrataciones del Estado.



Nota: El grafico muestra la relación entre las Partes involucradas y los Roles BIM para el desarrollo de un Expediente Técnico, Tomado de la Guía Nacional BIM1 (p.89) por el MEF, 2023.

**Figura 8:** Esquema organizacional de las partes involucradas y roles en el desarrollo de la fase de Ejecución, bajo el ámbito de aplicación de la Ley de contrataciones del Estado – modalidad concurso – oferta



Nota: El gráfico muestra la relación entre las Partes involucradas y los Roles BIM durante la ejecución de un proyecto, Tomado de la Guía Nacional BIM1 (p.90) por el MEF, 2023.

### 2.2.8 Documentos para la gestión de la información BIM

En el proceso de Gestión de la Información BIM, se requiere de distintos tipos de documentos, los cuales forman parte del intercambio de información entre las partes involucradas en el desarrollo de una inversión. Estos documentos están alineados a la jerarquía del marco colaborativo nacional, los cuales sirven de referencia y establecen la adopción de BIM. Asimismo, los documentos están relacionados al

ciclo de inversión, debiendo expresarse en función a la fase o etapa en la que se planea desarrollar la inversión. (MEF, 2023).

### **Requisitos de información organizacional (OIR)**

OIR, por las siglas en inglés de Organizational Information Requirements, son los requisitos de información que hacen referencia a la información necesaria para responder a los objetivos estratégicos de alto nivel de la parte que designa.

### **Requisitos de información de los activos (AIR)**

Los AIR, por las siglas en inglés de Asset Information Requirements, son los requisitos de información relacionados con la operación y el mantenimiento exitoso de un activo, elaborados por la parte que designa en la evaluación de necesidades. Los aspectos técnicos de los AIR especifican la información necesaria relacionada con los activos para responder a los OIR estableciendo aspectos de gestión, contractuales y técnicos para la producción de información del activo.

### **Requisitos de información del proyecto (PIR)**

Los PIR, por las siglas en inglés de Project Information Requirements, son los requisitos de información del proyecto, que describen la información necesaria para lograr o responder a los objetivos estratégicos de alto nivel propuestos por la parte que designa, estos establecen la información necesaria para satisfacer los objetivos organizacionales que podrían estar vinculados al desarrollo de la inversión, desde la fase de Formulación y Evaluación hasta la fase de Ejecución.

### **Requisitos de intercambio de información (EIR)**

Los EIR, por las siglas en inglés de Exchange Information Requirements, son los requisitos de intercambio de información relacionados con la designación. Los EIR son desarrollados por la parte que designa en la petición de ofertas y describen los aspectos de gestión, contractuales y técnicos, de la producción de información de la fase o etapa de una inversión pública.

### **Modelo de información del proyecto (PIM)**

El PIM, por las siglas en inglés de Project Information Model, es el modelo de información desarrollado durante la fase de Formulación y Evaluación y la fase de Ejecución, en respuesta a los requisitos de intercambio de información (EIR),

partiendo del PIM, se puede desarrollar el modelo de información de los activos (AIM), que sirve de apoyo a las actividades relacionadas a la gestión de los activos.

### **Modelo de Información de los Activos (AIM)**

El AIM, por las siglas en inglés de Asset Information Model, es el modelo de información relacionado a la fase de Funcionamiento, que servirá de apoyo para la gestión de activos establecidos por la parte que designa. El AIM responde a los requisitos de información de los activos (AIR), los cuales determinan el contenido, la estructura y la metodología para el desarrollo del modelo de información.

### **Plan de ejecución BIM (BEP)**

El BEP, por las siglas en inglés de BIM Execution Plan, es un documento elaborado por la parte designada principal, y tiene el propósito de acompañar el desarrollo o ejecución de la fase o etapa de una inversión en la que se utilice BIM. Su contenido explica la metodología de trabajo, los procesos, las características técnicas, los roles BIM, las responsabilidades y los entregables que responden a los requisitos de información establecidos por la parte que designa y que las partes involucradas deben seguir para el desarrollo de una fase o etapa del Ciclo de Inversión. (MEF, 2023)

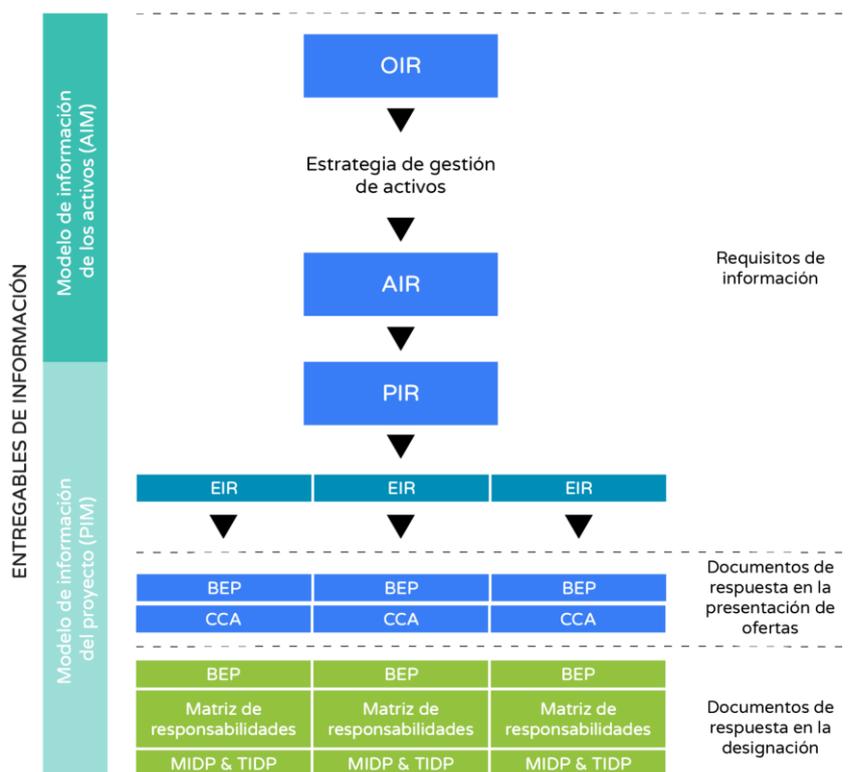
Su desarrollo deberá considerar los siguientes puntos:

- Descripción de la inversión y datos de los responsables de la gestión de
- la información en nombre del equipo de ejecución.
- Proponer una estrategia de desarrollo de información.
- Proponer una estrategia de federación.
- Matriz de responsabilidades.
- Propuesta para añadir o modificar las normas de información del proyecto.
- Métodos y procedimientos de producción de información.
- Lista de software y plataformas de coordinación.

### **Evaluación de competencias y capacidades (CCA)**

Como parte de la presentación de ofertas, la parte designada principal deberá evaluar las competencias y capacidades del equipo de ejecución para proporcionar información de acuerdo con los requisitos de información y el plan de ejecución BIM.

**Figura 9: Herramientas BIM del marco colaborativo**



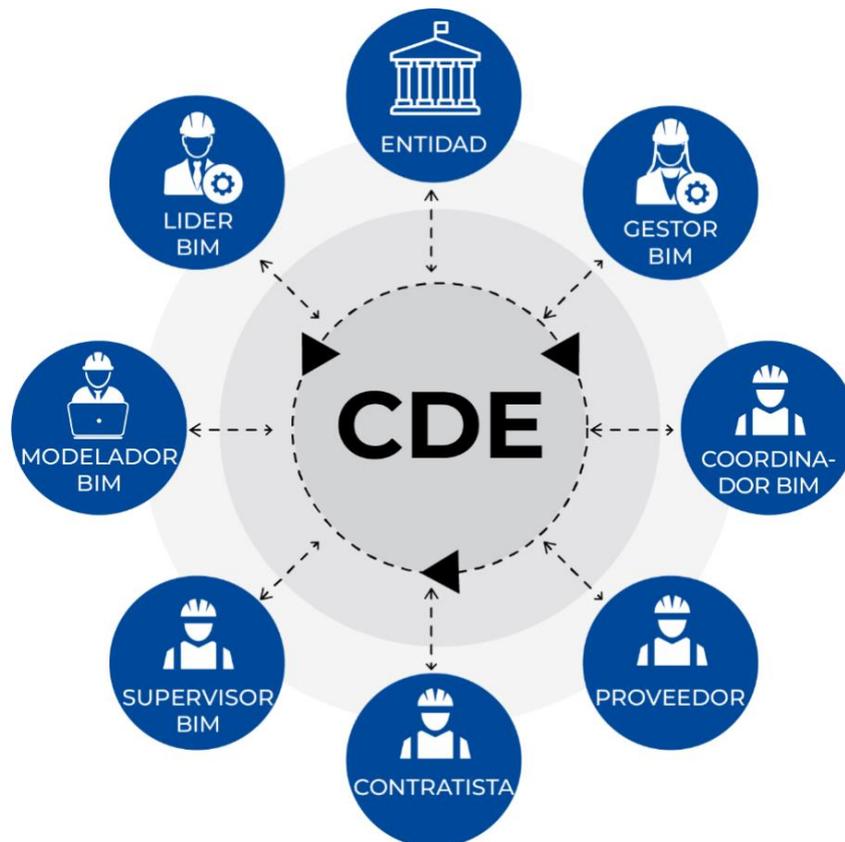
Nota: El gráfico muestra el flujo de documentos BIM según la parte del Ciclo de Inversión del Proyecto, Tomado de la Guía Nacional BIMl (p.95) por el MEF, 2023.

### 2.2.9 Trabajo colaborativo

Un factor importante para obtener resultados exitosos en la adopción de BIM a nivel organizacional y a nivel proyecto es el trabajo colaborativo, el cual se lleva a cabo cuando un grupo de personas intervienen, aportando sus ideas y conocimientos, con el propósito de trabajar juntas para cumplir objetivos estratégicos. (MEF, 2023)

Según la NTP-ISO 19650-1:2021, para el desarrollo de las inversiones, será necesario implementar una solución del entorno de datos comunes (en adelante CDE) y un flujo de trabajo para permitir la producción colaborativa, gestión e intercambio de información. La solución del CDE y el flujo de trabajo permitirán desarrollar un modelo de información federado, compuesto por modelos de información de diferentes partes designadas principales, equipos de ejecución o equipos de trabajo.

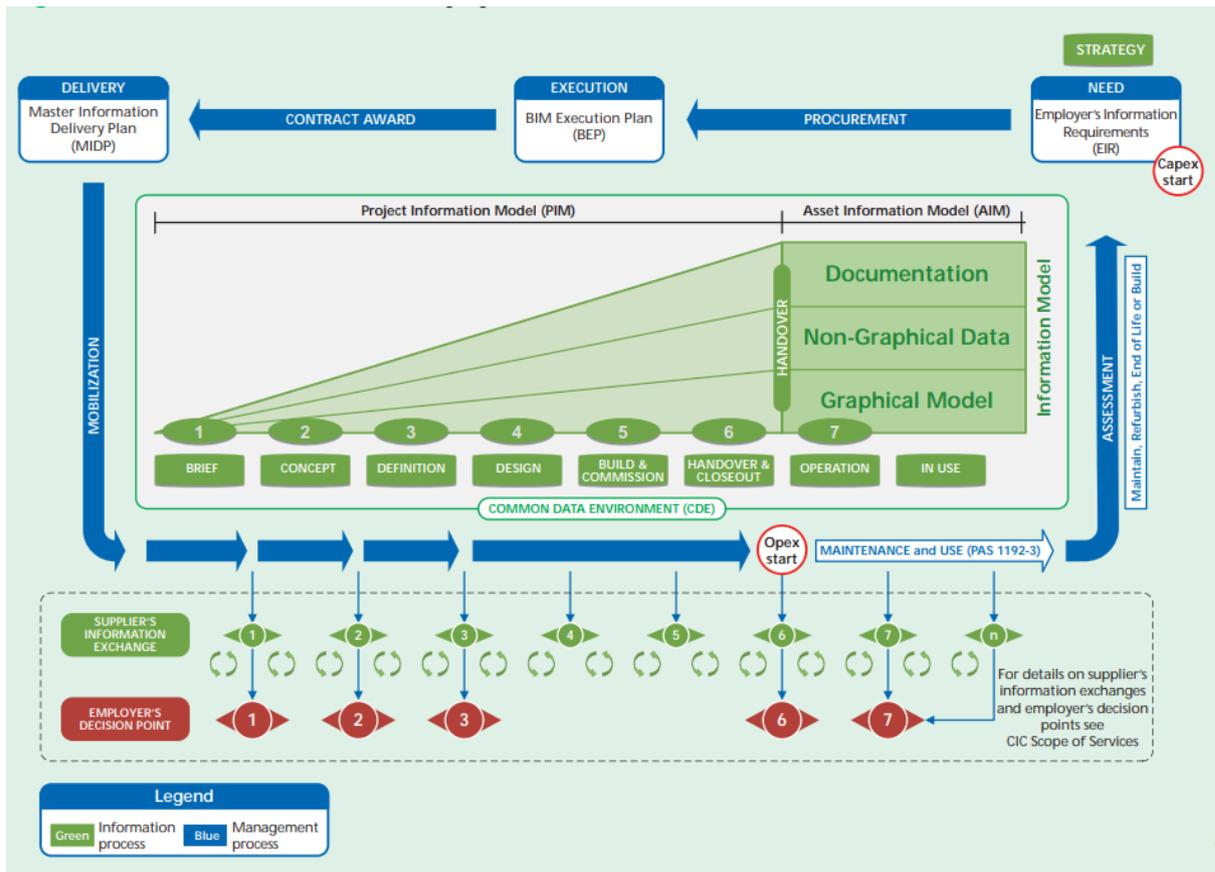
**Figura 10:** Interrelación del grupo de personas involucradas en un proyecto a través de un CDE.



Nota: El gráfico muestra el CDE como herramienta de intercambio de información entre los involucrados en un proyecto, Tomado de la Guía Nacional BIMl (p.213) por el MEF, 2023.

Un CDE es una fuente de información única que habilita la “Parte que Designa” y que recopila, gestiona y distribuye documentos del proyecto; esta fuente de información suele estar en la nube. En la práctica puede ser realizado por servidores del cliente o directamente en aplicaciones creadas para este fin y que están validadas como aplicaciones BIM de EDC. Permite así mismo un proceso auditable, transparente y controlable.

**Figura 11:** Ciclo de información de proyecto



Nota: El gráfico muestra el flujo de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto usando un CDE como herramienta de intercambio de información, Tomado de la Especificación PAS 1192-2-2013 (p.VIII) por el BSI, 2013.

### 2.2.10 Estados del contenedor de información

Para desarrollar un proyecto en un contenedor de información es necesario conocer el estado de la información y dependiendo de esta su ubicación de la misma, la NTP-ISO 19650-1:2021 y NTP-ISO 19650-2:2021 ha simplificado en cuatro estados en los cuales se maneja los flujos y permisos de los involucrados del proyecto.

**Figura 12:** Estados de un contenedor de información dentro del CDE



Nota: El gráfico los estados de información dentro del CDE durante el desarrollo del proyecto, Tomado de la Guía Nacional BIMi (p.232) por el MEF, 2023.

A continuación, se presenta cada uno de los estados de los contenedores de información dentro de un CDE:

**Trabajo en proceso (WIP con las siglas en inglés de Work in Progress):** Información que está siendo desarrollada por el equipo de trabajo, con acceso exclusivo para la parte designada principal o la parte designada.

**Compartido:** En este estado se da la revisión y aprobación de la información por parte del BIM Manager de la parte designada principal y posteriormente a esto es compartida con el resto del equipo de trabajo, esta aprobación también se puede realizar en coordinación con la parte que designa.

**Publicado:** Información autorizada por la parte que designa para su uso en las siguientes etapas que requieran de diseños más detallados, para la construcción o para la gestión de activos.

**Archivo:** Información registrada a través de flujos de trabajo, creando automáticamente producto del flujo de trabajo en el CDE, esta registra cada progreso en cada hito del proyecto incluido los cambios que ha sufrido en el desarrollo de este.

## 2.2.11 Software de aplicación BIM

Los sectores de la Ingeniería y la Edificación se han visto revolucionados a lo largo de los últimos años y la metodología y los softwares BIM han tenido mucho que ver. Y es que, no cabe duda de que los nuevos cambios estructurales son debidos a la implantación de estas soluciones de modelado de información de construcción. Esta metodología se ha convertido en una plataforma de trabajo colaborativo en la que todos los agentes de un proyecto pueden introducir sus progresos en tiempo real. Así, a través de una base de datos inteligente se consigue una optimización de los recursos, pero también de la productividad de las distintas partes.

Existen numerables softwares en el mercado, su aplicación depende del tipo de proyecto, nivel de detalle de este y la solicitud del cliente. Es así que tenemos diferentes softwares BIM según el desarrollador al que pertenecen, Autodesk, Graphisoft, Trimble, Bentley, Cype, etc.

**Tabla 2:** Programas BIM según su función

ÁREA FUNCIONAL	DESARROLLADOR	SOFTWARE
MODELADO ARQUITECTURA	Autodesk	Revit
	Graphisoft	Archicad
	Bentley	Edificius
	Cype	Cypecad
MODELADO DE OBRA CIVIL	Autodesk	Civil 3D
	Autodesk	Navisworks
	Bentley	OpenRoads Designer
	Buhodra Ingeniería	Istram
MODELADO DE INSTALACIONES MEP	Autodesk	Revit
	Bentley	Edificius
	Cype	CypeMEP
MODELADO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL	Autodesk	Robot Structural
	Tekla Corp	Tekla Structures
	Cype	CypeCAD
REVISIÓN Y COORDINACIÓN DE MODELOS	Autodesk	Navisworks
	Solibri	Solibri Model Checker
	Bentley	Bentley Navigator
	Cype	BIM Server center
PLANIFICACIÓN 4D	Autodesk	Navisworks
	Bentley	Syncro
	Trimple	Vico Office
PLANIFICACIÓN 5D	Autodesk	Navisworks
	Bentley	Bentley Navigator

ÁREA FUNCIONAL	DESARROLLADOR	SOFTWARE
	Cype	Arquimedes
	Trimble	Vico Office
	Rib-software)	Cost-IT Presto
GESTIÓN DE PROYECTOS	Autodesk	BIM 360
	Trimble	Trimble Conect

### 2.2.12 Dimensiones BIM

La metodología BIM, va mucho más allá del modelado 3D. En la actualidad su utilidad se extiende a lo largo de todas las fases de una edificación, desde la del diseño y concepción del proyecto, pasando por la de construcción y mantenimiento hasta su demolición o reciclado.

Aunque para sacar el modelo tridimensional es suficiente con tres dimensiones, cuando hablamos de sacar todo el rendimiento a BIM, a lo que nos referimos es, a toda la posibilidad de información que podemos adjuntarle.

En la actualidad, aunque en constante actualización, se hablan de siete dimensiones BIM, aunque algunas fuentes llegan incluso a especificar los requerimientos y beneficios de hasta 10 dimensiones. Así que el futuro es BIM y el momento de implantarlo es ahora.

**1D Idea:** Partimos de una idea una vivienda por ejemplo y definimos las condiciones iniciales, la localización; realizamos unas primeras estimaciones superficie, volumetría y costos; establecemos el plan de ejecución, etc.

**2D Boceto:** Preparamos el software para modelar; planteamos los materiales; definimos las cargas estructurales y energéticas; y establecemos las bases para la sostenibilidad del proyecto.

**3D Modelo 3D:** Modelo con información integrada de todas las disciplinas del proyecto, el cual permite generar y extraer información de acuerdo con las necesidades de cada fase del activo durante todo el ciclo de vida del proyecto.

**4D Planificación:** Introducción de la variable tiempo en el modelo tridimensional, lo que permite realizar la planificación del proyecto de construcción, Sincronización del modelo con la planificación temporal.

**5D Costos:** Introducción de la variable económica integrada junto al modelo 3D y el tiempo, produciendo un control del costo y estimación de gastos en el proyecto, reduciendo de esta manera incertidumbres.

**6D Sostenibilidad:** Integración de los parámetros ambientales y de eficiencia energética en el proyecto BIM, Esta dimensión permite realizar análisis del consumo de energía desde el proceso de diseño, produciendo así infraestructuras más eficientes y con menos consumo de energía.

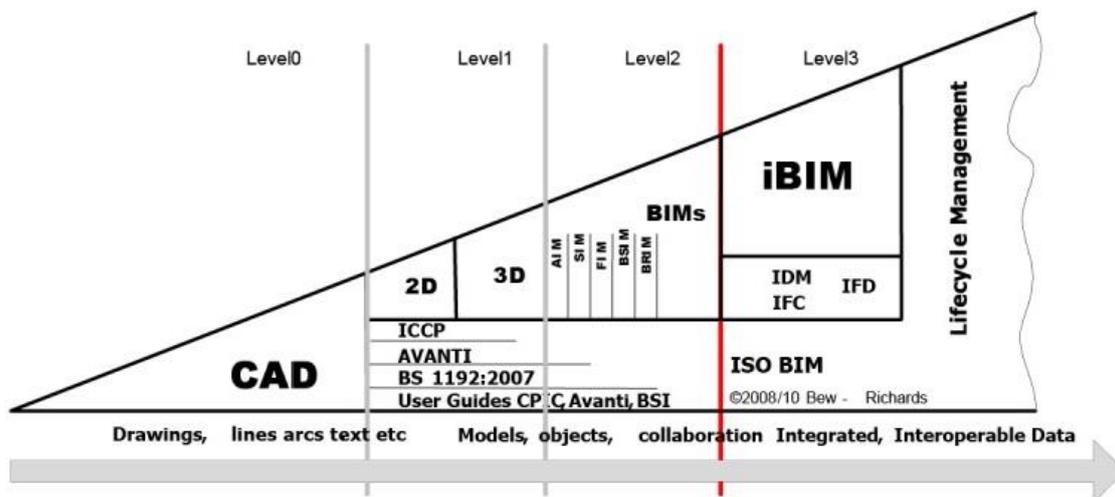
**7D Gestión y facility management:** Fase de operación de la infraestructura, la extracción y acceso a la información como el estado, especificaciones, manuales de mantenimiento, garantías, etc.; ofrece ventajas como: la reducción del tiempo en reparaciones, reemplazos o mantenimiento en general hasta optimización de la gestión de los activos en todo su ciclo de vida.

### 2.2.13 Nivel de madurez del BIM

El nivel de madurez determina el grado de inclusión del BIM en los procesos de una organización, región e incluso en un proyecto.

Los niveles de madurez y desarrollo del BIM han sido ampliamente discutidos por distintos autores (Kassem y otros 2014, Succar 2009). El BewRichards BIM Maturity Model (ver imagen posterior) es el modelo más utilizado en la industria o en las organizaciones y es el adoptado por Reino Unido.

**Figura 13:** Nivel de madurez del BIM según BewRichards BIM Maturity Model



Nota: El gráfico muestra el nivel de madurez BIM y sus implicaciones que tiene este a medida que avanza de nivel, Tomado BIM Maturity Model por BewRichards, 2008.

**Nivel 0 BIM:** Este modelo identifica el “Nivel 0” como aquel en el que se utiliza todavía el CAD 2D como sustituto de los planos tradicionales en papel. En la práctica este nivel se podría asumir como no colaborativo. La distribución de la información se realiza mediante copia electrónica o en papel o una mezcla de ambos.

**Nivel 1 BIM:** El “Nivel 1” comienza con la introducción de prácticas para la gestión de la producción, la distribución y la calidad de la información de la construcción, incluyendo los generados por el sistema CAD, usando un proceso normalizado para la colaboración. EN cuanto a los métodos de modelado, este nivel normalmente incluye una mezcla entre 3D CAD y delineación en 2D CAD. La distribución de información se realiza en un entorno de datos común (EDC o CDE) normalmente gestionado por el constructor, los modelos ED no se comparten entre diferentes disciplinas.

**Nivel 2 BIM:** Este nivel está definido como trabajo colaborativo. Todas las partes usan sus modelos 3D, aunque no necesariamente deben trabajar en un único modelo compartido. La colaboración llega en forma de intercambio de información entre las diferentes partes, siendo este último aspecto crucial. La información de diseño se comparte en un formato común abierto (COBie o IFC) que permitirá a cualquier parte combinar información con la suya propia para crear un modelo federado y posterior coordinación. Por lo tanto, cualquier software CAD deberá permitir la exportación a estos formatos comunes (IFC COBie).

**Nivel 3 BIM:** Representa una colaboración total de todas las disciplinas por medio de un único modelo compartido que esté localizado en una vaso o soporte central de datos. Todas las partes pueden acceder y modificar el mismo modelo con el beneficio de que se puede eliminar el resto de información contradictoria o falta de coordinación posible en el nivel de madurez anteriores. A este método se lo conoce como “Open BIM”. Hay reticencia en el sector en cuanto a problemas con los derechos de imagen o responsabilidades, pero son problemas que se esperan solucionar mediante estrictos controles de acceso a la información, y mediante nuevos marcos legales. El protocolo BIM en Reino Unido hace referencia a ello. Este nivel no está terminado y se está desarrollando en este momento.

**Nivel 4 BIM:** Si el nivel 3 de BIM no está definido por completo, este nivel está todavía en un proceso embrionario. Lo poco que se puede saber de él es que introducirá y estará centrado en el bienestar y en mejorar los resultados sociales.

#### **2.2.14 Beneficios de la adopción del BIM**

Según la ONU, en 2050, la población mundial será de 9,7 mil millones. La industria global de AEC debe buscar formas más inteligentes y eficientes de diseñar y construir no solo como un medio de estar al día con la demanda global, sino para ayudar a crear espacios que sean más inteligentes y también más duraderos.

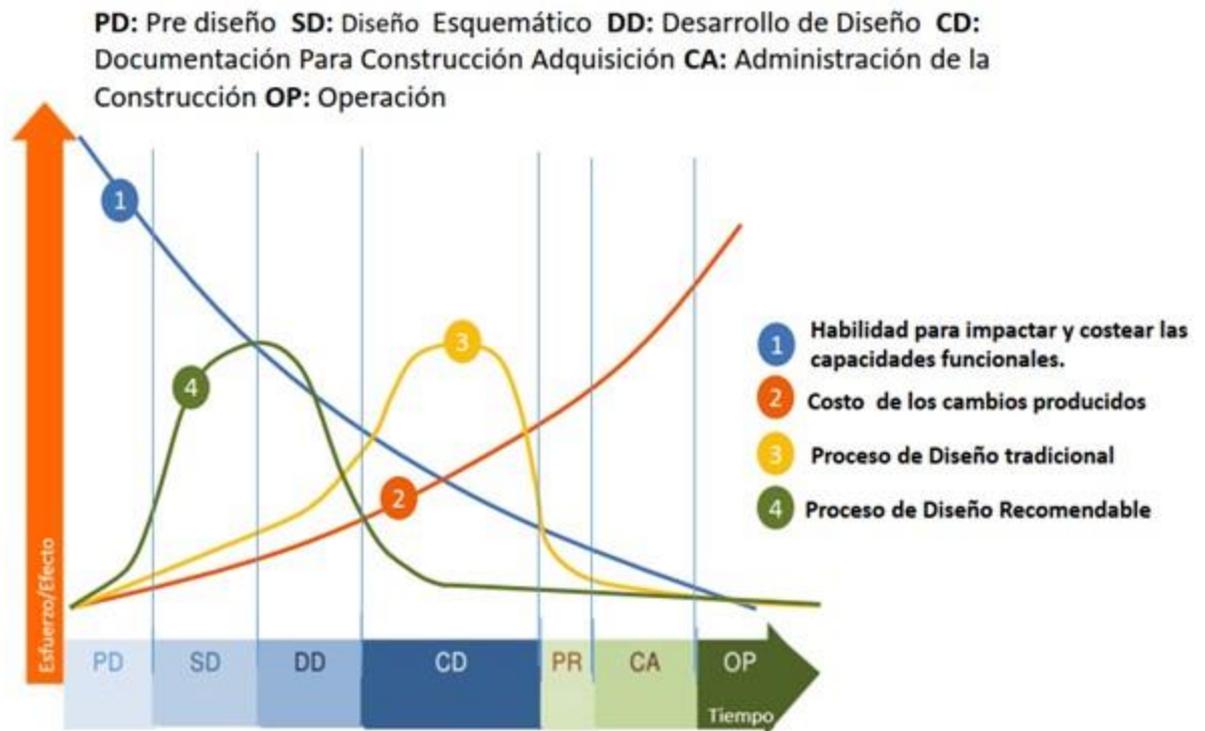
BIM no solo permite que los equipos de diseño y construcción trabajen de manera más eficiente, sino que les permite capturar los datos que crean durante el proceso para mejorar las operaciones y las actividades de mantenimiento. Esta es la razón por la que cada vez se exige más el uso de BIM en todo el mundo.

BIM está revolucionando la forma en que se entregan proyectos en todas las industrias gracias a la incorporación de inteligencia y eficiencia a la ejecución del proyecto y la conexión de equipos, datos y flujos de trabajo en cada etapa del proyecto en la nube para obtener mejores resultados.

El uso de la metodología BIM nos permite aprovechar las herramientas tecnológicas para realizar una preconstrucción digital, y revisar a detalle la compatibilidad de los modelos entre todas las disciplinas, esto nos permite una solución de posibles errores durante la etapa de diseño, donde los costos de modificación son bajos en comparación con errores durante la etapa de construcción.

Patrick MacLeamy, CEO de HOK (Hellmuth-Obata-Kassebaum), una de las mayores firmas de arquitectura del mundo, hizo una presentación en la sesión general de BIM en la convención nacional AIA (American Institute of Architects) de 2005 donde introdujo el gráfico universalmente conocido como *la curva MacLeamy*.

**Figura 14:** *Curva de MACLEAMY*



Nota: El gráfico muestra que las decisiones tomadas al principio del proyecto durante la etapa de diseño pueden ser hechas a un bajo costo con grandes beneficios, Patrick MacLeamy, 2008.

En el gráfico anterior tenemos las siguientes líneas:

**La LÍNEA 1** indica que el efecto del esfuerzo para impactar y costear es mayor cuando se toman las decisiones durante los procesos preliminares.

**La LÍNEA 2** indica que el costo debido a los cambios durante la construcción es cada vez mayor a medida que avanza el proyecto.

**La LÍNEA 3** indica cómo tradicionalmente se distribuye el esfuerzo de consistencia del proyecto en etapas menos convenientes.

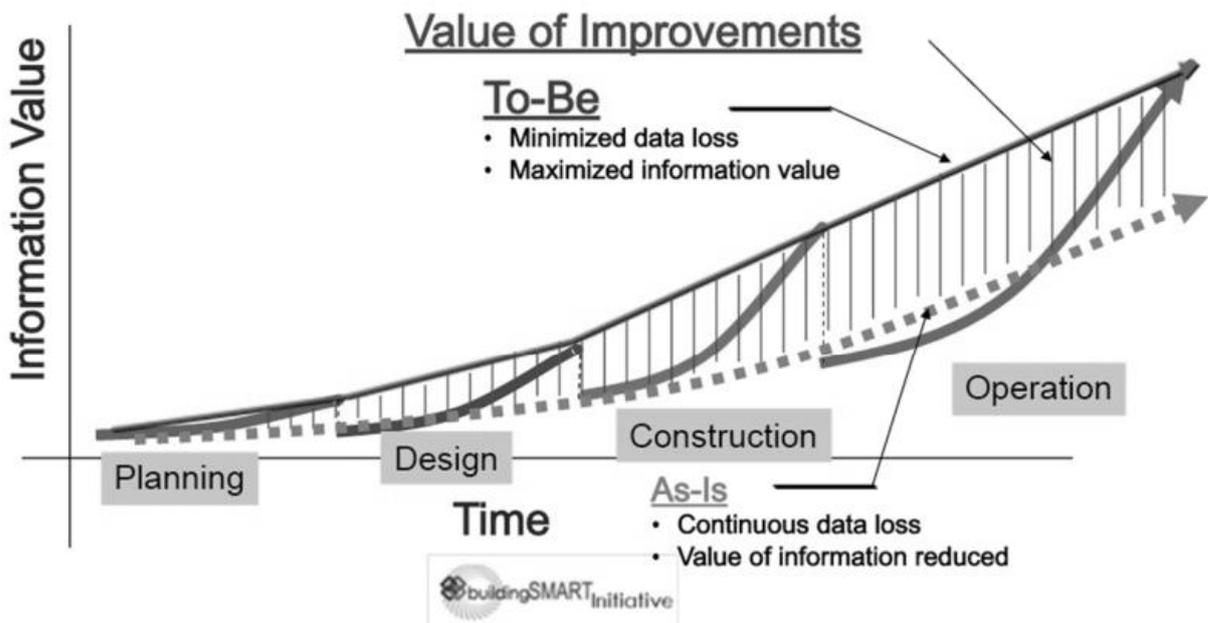
**La LÍNEA 4** muestra cómo debe comportarse el proyecto con la implementación y manejo de BIM en un proyecto de construcción.

### 2.2.15 Valor de la información BIM

Para que exista un mejor flujo de la información en el proyecto se debe un ambiente y un espacio de colaboración que permita crear valor a partir de una información más clara, una comunicación más horizontal entre los diferentes interesados directos del proyecto y que esta comunicación sea eficientemente transmitida a

todos, desde la gerencia hasta el personal obrero que están en el campo de trabajo durante la construcción. La información debe ser compartida, analizada y actualizada por los responsables asignados; con objetivos establecidos en conjunto y no de forma individual, lo cual busca promover la participación y predisposición a la generación de nuevas alternativas para resolver las tareas que se necesiten para el proyecto.

**Figura 15:** Flujo de la información durante el ciclo de vida del proyecto con y sin BIM.



Nota: El gráfico muestra Pérdida continua de información entre cada etapa del proyecto debido a cambios en el equipo del proyecto, National BIM Committee Standard.

Se inicia un camino de retos y desafíos cuando se comienza el cambio de la comunicación tradicional donde cada participante evalúa y toma sus decisiones individualmente en sus propias oficinas, versus un plan colaborativo que requerirá un mayor esfuerzo para cada uno, pero no será insuperable si el equipo se encuentra bien liderado y la respuesta por los participantes es positiva, con una actitud correcta, respeto y con reconocimiento de las capacidades de cada uno, así como sus aportes. Una buena relación entre el equipo del proyecto, proyectistas, constructores y el cliente es fundamental para lograr el éxito con BIM.

### **2.2.16 Sinergias entre BIM y LEAN**

Flórez (2020), busca presentar tanto la metodología de BIM como Lean Construction mediante una investigación teórica para ampliar los conocimientos sobre ambas y mostrar las interacciones que se encontraron en investigaciones ya realizadas, principalmente, las interacciones positivas. Con esto se busca reducir los típicos problemas que se encuentran en la construcción, en este caso, de edificación, tales como mucha incertidumbre, baja productividad, grandes desperdicios, pocas herramientas que faciliten la planificación y el modelamiento

Lean Construction y BIM son enfoques que se han originado y desarrollado de manera independiente, pero ambos han dirigido sus esfuerzos a la mejora de la gestión de proyectos como el diseño y construcción entre otras aplicaciones.

Algunas investigaciones recientes sobre BIM y Lean Construction (LC), hacen referencia a que existe una sinergia significativa entre ambos. Entre las ventajas tenemos: la reducción de la variación de los procesos y los tiempos de los ciclos, el aumento de la visualización de los productos y procesos, la automatización de algunas actividades que no añaden valor, el aumento del trabajo en colaboración, las opciones avanzadas de prefabricación y la mejor captura de valor y la rápida generación de alternativas a través del uso de BIM.

También hay que señalar que la sinergia BIM-Lean no se limita a la fase de diseño y se extiende a lo largo del ciclo de vida del proyecto, todo esto con la rápida llegada de las capacidades multidimensionales de BIM.

En la fase de diseño de la construcción, es donde esta sinergia es más evidente. Los conceptos relacionados a Lean, con el diseño de valor objetivo, el diseño basado en conjuntos, el valor definido por el cliente, el diseño colaborativo, etc., Todos estos aprovechan ampliamente las capacidades del BIM de coordinación multicomercial y la rápida producción de alternativas de diseño con menos errores. Las capacidades BIM apalancadas también incluyen una mejor visualización de la intención del diseño, un modelado eficiente para la constructibilidad, potentes opciones de simulación como: iluminación, calefacción, análisis estructural y análisis avanzados previos a construcción como: planificación y logística del sitio virtual, integración de modelos BIM con horarios y costes o BIM 4D Y BIM 5D, con los resultados de reducción de tiempos de ciclo, reducción de solicitudes de

información (RFI), reducción de desechos y aumento de la seguridad en algunas tareas de trabajo.

Actualmente, el BIM soporta la visualización en las reuniones de Last Planner, los resúmenes de diseño y la participación de las partes interesadas. También se están realizando esfuerzos para crear sistemas de vanguardia basados en BIM para visualizar los flujos de construcción y facilitar los controles visuales in situ.

La identificación de esta interferencia durante la etapa de construcción también es frecuente. Los modelos BIM también pueden soportar información basada en Just-in-Time (JIT), dibujo de proyectos, flujos de materiales/logística y prefabricación avanzada basada en modelos gracias a su alta compatibilidad con unidades industriales de control numérico computarizado (CNC).

Figura 16: Matriz de principios Lean y funcionalidades BIM

		MATRIZ DE PRINCIPIOS LEAN Y FUNCIONALIDADES BIM																															
FUNCIONALIDADES BIM	PRINCIPIOS LEAN	Reducir la variabilidad		Reducir los tiempos de ciclo		Reducir el tamaño de los lotes		Aumentar la flexibilidad		Seleccionar un enfoque de control de producción adecuado		Estandarizar		Institucionaliza la mejora continua		Usar la gestión visual		Diselar el sistema de producción para el flujo y el valor		Garantizar la captura integral de los requisitos		Centrarse en la selección de conceptos		Garantizar que los requisitos fluyan hacia abajo		Verificar y validar		Ir y ver por ti mismo		Decide por consenso considerar todas las opciones		Cultivar una red extendida de socios	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X								
Visualización de la forma	1	1, 2												3				4		11	5	6	4										
Generación rápida de alternativas de diseño	2	1		22								7	7		8																		
Reutilización de datos de modelos para análisis predictivos	3	9	9	22			51											1	16		5												
	4		10	12											8				16		5												
	5	1, 2	1	12														1	1	1	5												
Mantenimiento de la información e integridad del modelo de diseño	6	11	11																	11													
	7	12	12	22																	12												
Generación automatizada de dibujos y documentos	8	11		22	-52	53										54	54																
Colaboración en el diseño y la construcción	9			23					36						36																		
	10	2, 13		24			33											43		56	46		49										
La rápida generación y evaluación de múltiples alternativas de planes de construcción	11	14		25	-29	31									-41																		
	12		15	25	-29				37						-41				44		47												
	13	2	40	25	-29					17		40	40		40						47		49										
Comunicación en línea/electrónica basada en objetos	14		29	26	30	30		34				34				-42					47	48											
	15	18		26	30	30		34		38		38	34			-42				45			49										
	16	19		27			32																										
	17		20	28				35									-42													50			
	18		21		30	30		34				39					-42					47	48										

Nota: En el gráfico se muestra que las celdas azules indican una interacción positiva, las celdas rojas denotan una interacción negativa entre una funcionalidad BIM y un principio Lean. Cada número en las celdas corresponde a una explicación de interacción específica, Tomada de *La interacción de Lean y BIM: un análisis conceptual*. Revista de Ingeniería y Gestión de la Construcción, (p968-980), por Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. y Owen, RL (2010).

## CAPÍTULO 3 MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Ubicación geográfica

En la investigación se ha tomado como base el proyecto “Construcción del puente carrozable sobre el Río Cancha Corral en el ámbito de la Comunidad Campesina La Encañada, distrito la Encañada, provincia y departamento de Cajamarca” cuya ubicación es:

#### Localización:

Sector : Pedregal - Rodacocho  
Comunidad : La Encañada  
Distrito : La Encañada  
Provincia : Cajamarca  
Departamento : Cajamarca

Tabla 3: Coordenadas UTM WGS – 84 Datum, zona 17S

ESTE	NORTE	ALTITUD
793 562	9 223 582	3408

Figura 17: Macro localización

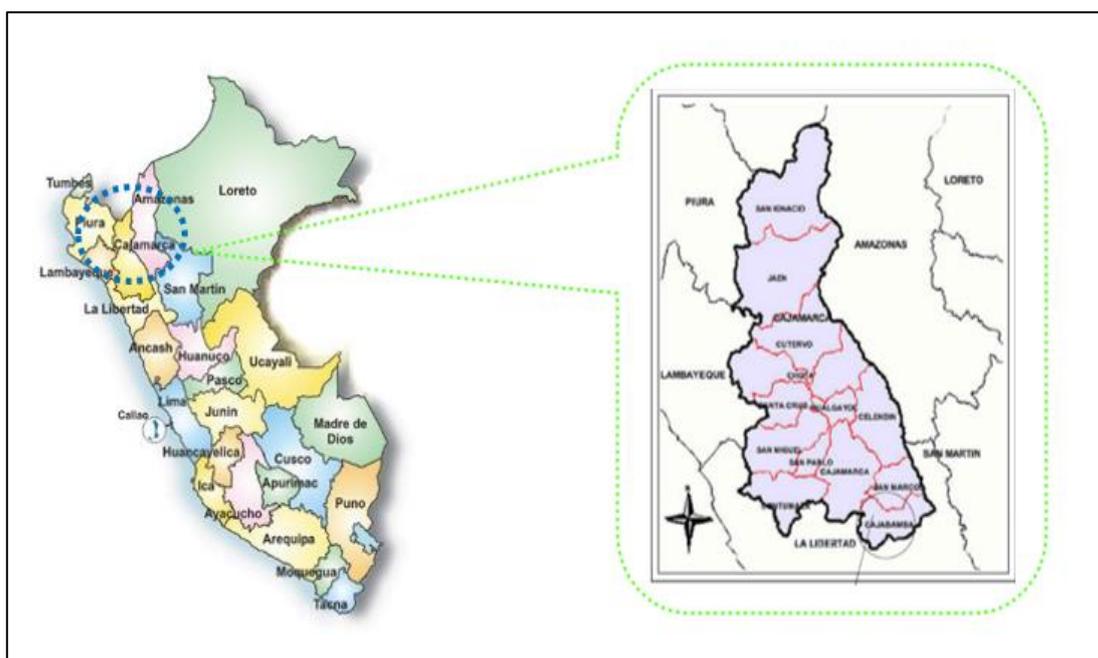


Figura 18: Micro localización

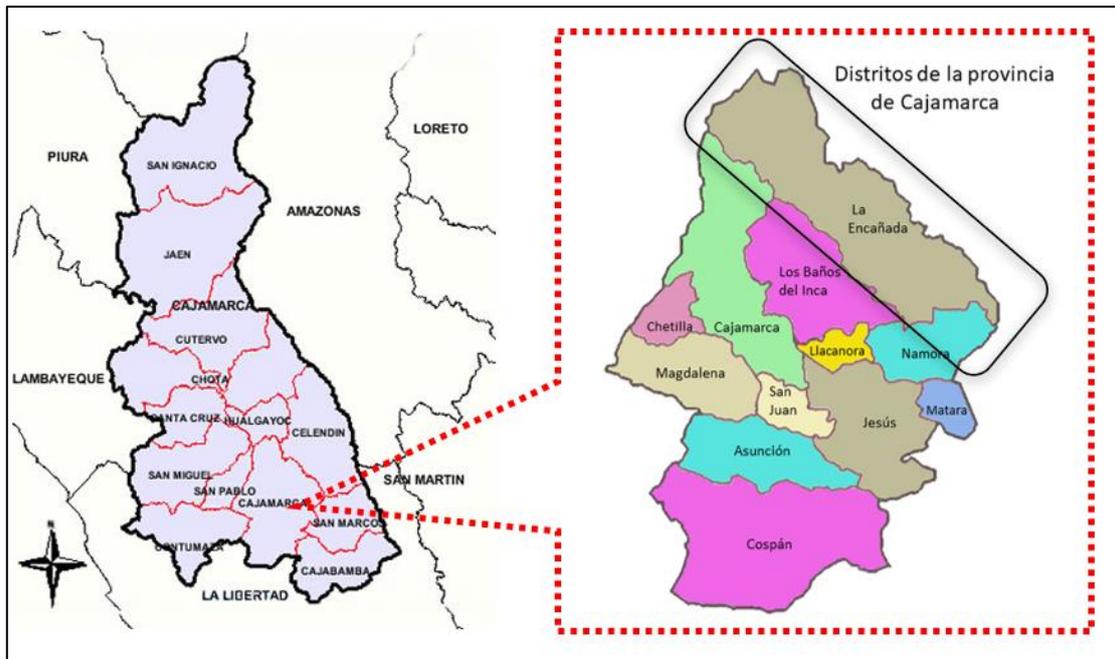
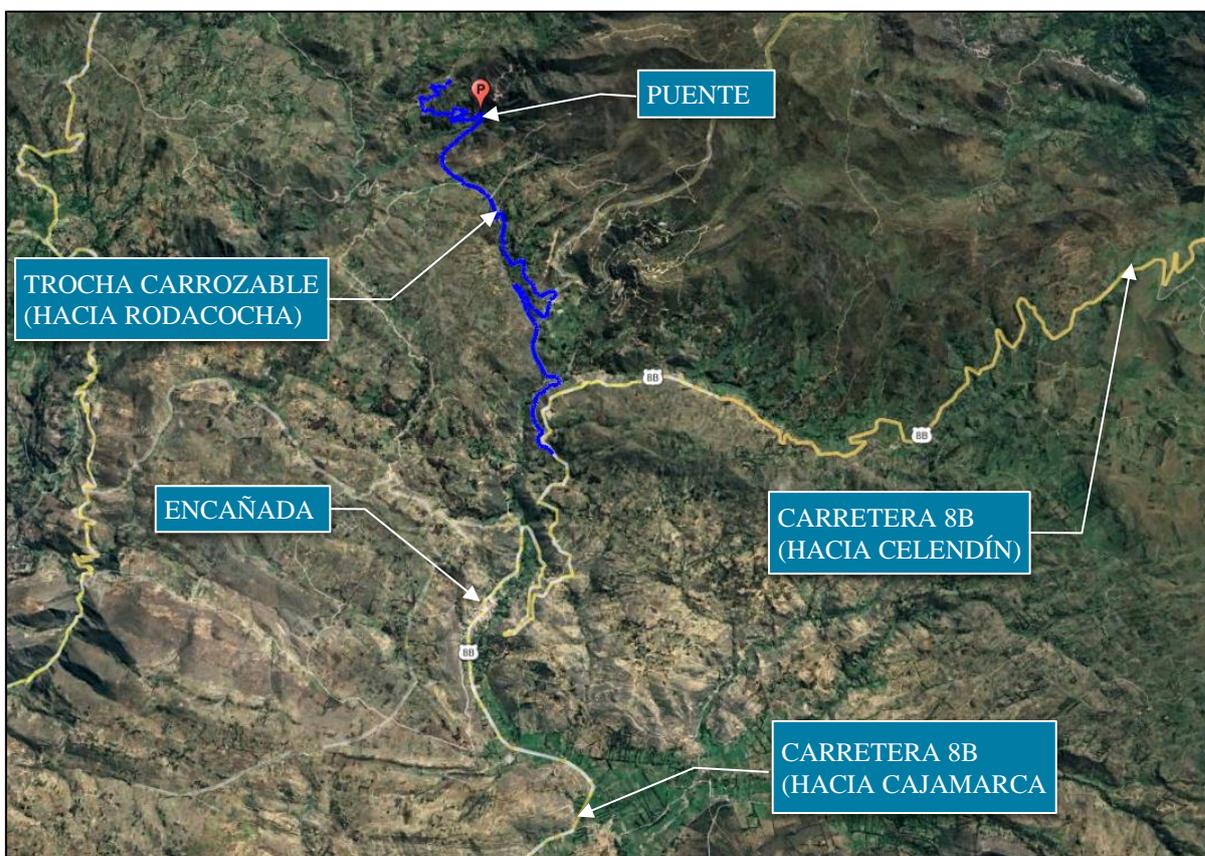


Figura 19: Ubicación satelital



Nota: El grafico muestra la vista satelital del puente y la carretera hacia el Caserío de Rodacocha, así como zonas aledañas. Tomada desde Google Earth.

### 3.2 Periodo de investigación

La investigación se ha desarrollado según el siguiente cuadro:

**Tabla 4:** *Periodo de elaboración de la investigación*

PERIODO	ACTIVIDAD
May 2023	Recolección de información de campo (Levantamiento topográfico, Estudio de Mecánica de Suelos)
Junio 2023 – Julio 2023	Procesamiento, análisis de datos y desarrollo de modelos y planos del proyecto

### 3.3 Metodología

#### 3.3.1 Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación.

##### 3.3.1.1 Tipo.

Se utilizó una investigación aplicada, ya que se está aplicando la metodología BIM en el proyecto del Puente sobre el Rio Cancha Corral, con el objetivo de evaluar su impacto en la etapa de ingeniería del proyecto.

##### 3.3.1.2 Nivel.

El nivel de la investigación es explicativo ya que se busca entender cómo la implementación de BIM afecta la eficiencia y la gestión de información en el proyecto del Puente sobre el Rio Cancha Corral.

##### 3.3.1.3 Método de Investigación.

El método de investigación es de tipo cuantitativo porque permite recopilar datos numéricos y métricas específicas para comparar la metodología CAD tradicional con la metodología BIM y cuantificar cualquier mejora o diferencia que se obtiene al aplicar la metodología BIM en el diseño del puente carrozable.

#### 3.3.2 Población de estudio

La población son todos los proyectos en la fase de ingeniería de puentes carrozables en el departamento de Cajamarca elaborados en el año 2023.

#### 3.3.3 Muestra

La muestra es la fase de ingeniería del proyecto “Construcción del puente carrozable sobre el Río Cancha Corral en el ámbito de la Comunidad Campesina La Encañada, distrito la Encañada, provincia y departamento de Cajamarca”.

### 3.3.4 Unidad de análisis

Se consideró como unidad de análisis a los elementos y componentes clave del proyecto "Construcción del puente carrozable sobre el Río Cancha Corral en el ámbito de la Comunidad Campesina La Encañada, distrito la Encañada, provincia y departamento de Cajamarca" en la fase de ingeniería.

### 3.4 Procedimiento

El procedimiento mediante el cual se ha desarrollado la investigación consta de las siguientes partes:

**Levantamiento Topográfico con Dron:** Se llevó a cabo un levantamiento topográfico detallado utilizando un dron para obtener datos precisos del terreno y el entorno del proyecto.

**Procesamiento de Datos:** Se procesaron los datos topográficos y fotogramétricos utilizando la metodología BIM para crear una representación precisa del entorno del proyecto y facilitar el modelado del puente y los accesos.

**Modelado BIM:** Se realizó el modelado del puente y los accesos utilizando software BIM, incluyendo Infracore, Revit y Civil 3D, para evaluar la precisión y eficiencia en el diseño.

**Coordinación y Programación 4D:** Se coordinaron los modelos generados y se realizó una programación 4D del proyecto utilizando Navisworks, lo que permitió simular el proceso constructivo y detectar interferencias potenciales.

**Determinación de Metrados:** Se utilizaron los modelos BIM para determinar los metrados de las partidas que componen el puente, facilitando la estimación de recursos y costos de manera precisa y eficiente.

**Análisis de Mejoras:** Se realizó un análisis detallado de las mejoras identificadas en el proyecto aplicando la metodología BIM, incluyendo la detección de interferencias, la optimización de recursos y la simulación de procesos constructivos.

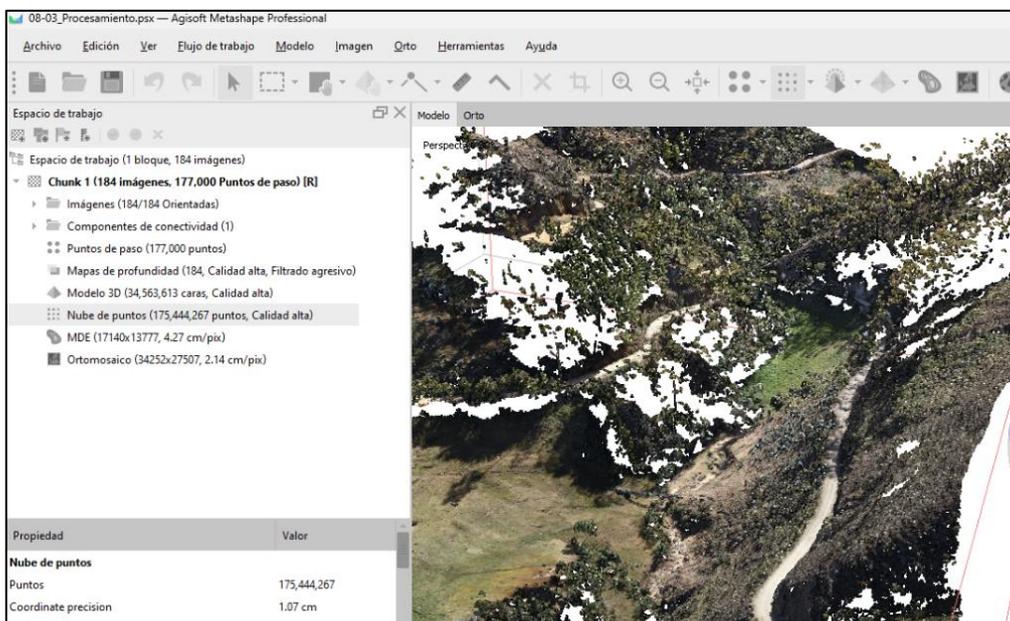
Este procedimiento en gabinete permitió recopilar, procesar y analizar datos para evaluar el impacto de la implementación de BIM en la fase de ingeniería del proyecto del puente.

### 3.4.1 Levantamiento topográfico con dron

Un levantamiento topográfico tipo con dron RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) es un tipo de levantamiento topográfico realizado a partir de fotografías tomadas por la cámara de un dron, estas fotografías son procesadas en el software Agisoft Metashape, a partir de ese procesamiento de las fotografías se puede obtener topografía de alta precisión. Esta información se combina con la posición de puntos de control o BM's realizados con GPS diferencial o Estación Total (generalmente obtenida con sistemas de posicionamiento global, GPS) para crear una nube de puntos tridimensional de alta densidad.

El procesamiento de esta nube de puntos se realiza en el software "Agisoft Metashape Professional" dónde se realiza la discretización de puntos, eliminando la vegetación, objetos móviles y demás para obtener la superficie topográfica.

**Figura 20:** Nube de puntos unificada de la ubicación del proyecto



De este software obtendremos la superficie topográfica y el ortomosaico para proceder con el diseño del puente.

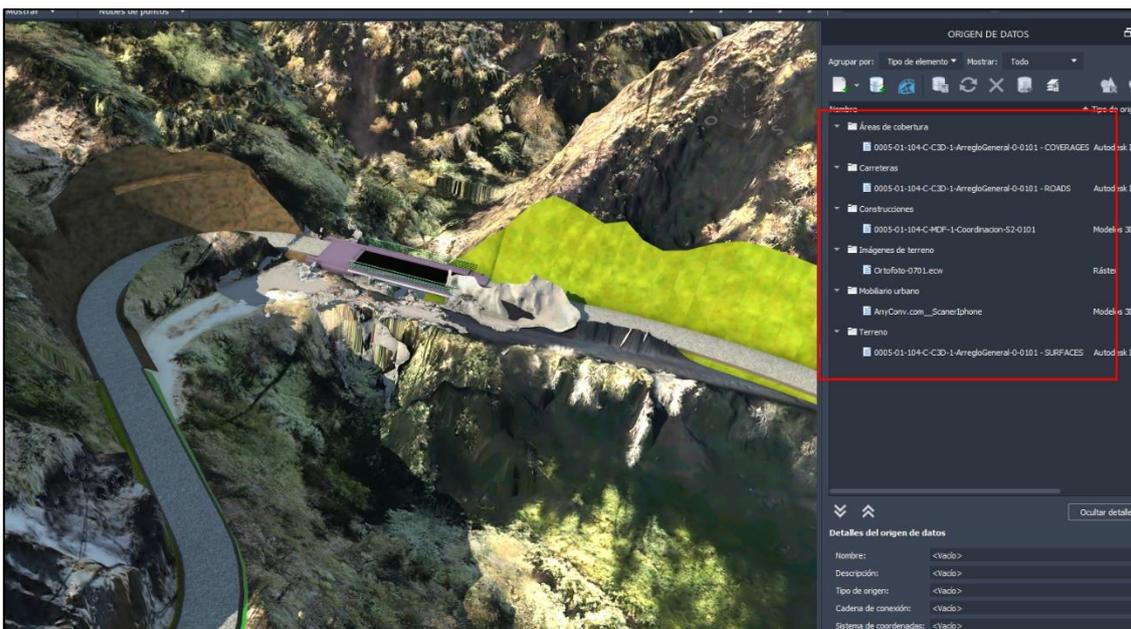
### 3.4.2 Diseño conceptual

Para el diseño conceptual se creó un proyecto en el software "Autodesk Infracore", Infracore es un software de diseño a nivel conceptual de infraestructura y construcción, el cual con sus diferentes herramientas de modelado y visualización 3D nos permite tener un alcance del proyecto en su etapa de diseño.

El entorno de trabajo realista que incluye nos ayuda a realizar mejor presentación de los proyectos para la mejor toma de decisiones.

El flujo de trabajo en Infracore parte de la creación de un modelo georreferenciado, a partir de la superficie topográfica e imagen ráster (ortomosaico) y posteriormente generar el modelo conceptual de los accesos de aproximación y del puente. Este modelo conceptual sirve para realizar un predimensionamiento del puente, así como su visualización con el entorno del mismo, incluida la nube de puntos sin editar.

**Figura 21:** Modelo conceptual del puente con el mejoramiento del ingreso y salida al mismo.



A partir de este modelo conceptual generado se exporta como archivo IMX al software Civil 3D donde se realizará el diseño definitivo.

### 3.4.3 Diseño geométrico y modelado BIM

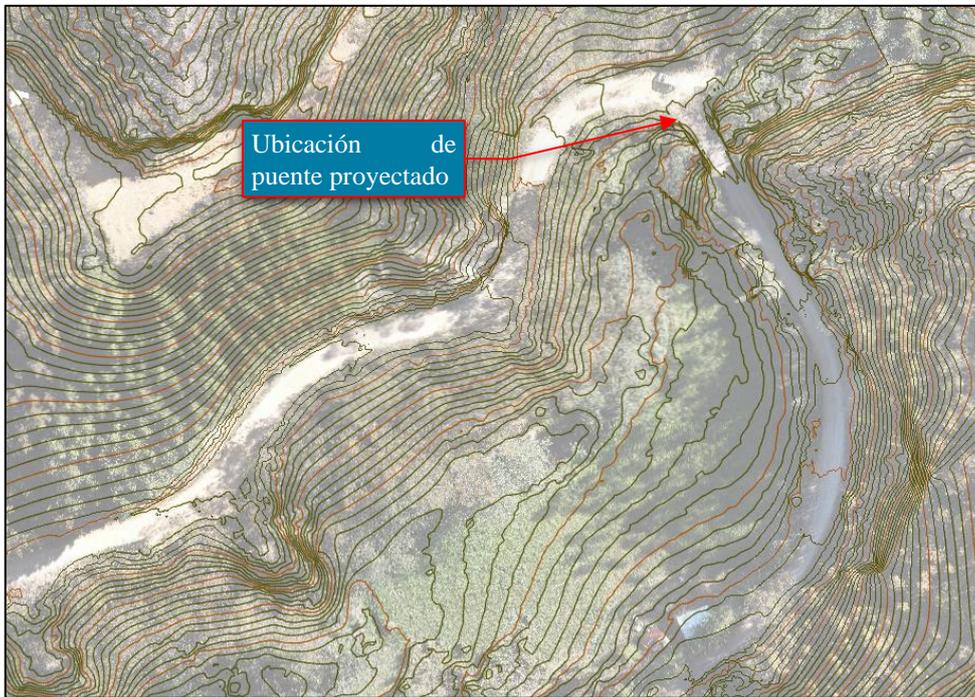
Una vez realizado el diseño conceptual y partiendo de la ingeniería desarrollada con la metodología clásica se procede a elaborar los diferentes modelos BIM, partiendo desde la topografía, modelado de acceso y salida y modelado del puente, estos modelos servirán para la coordinación del proyecto y para obtener resultados y conclusiones de la investigación.

#### 3.4.3.1 Topografía

En la “Guía nacional BIM” establece como Uso BIM el “Levantamiento de condiciones existentes”, para este caso se refiere a la topografía, la cual ha sido

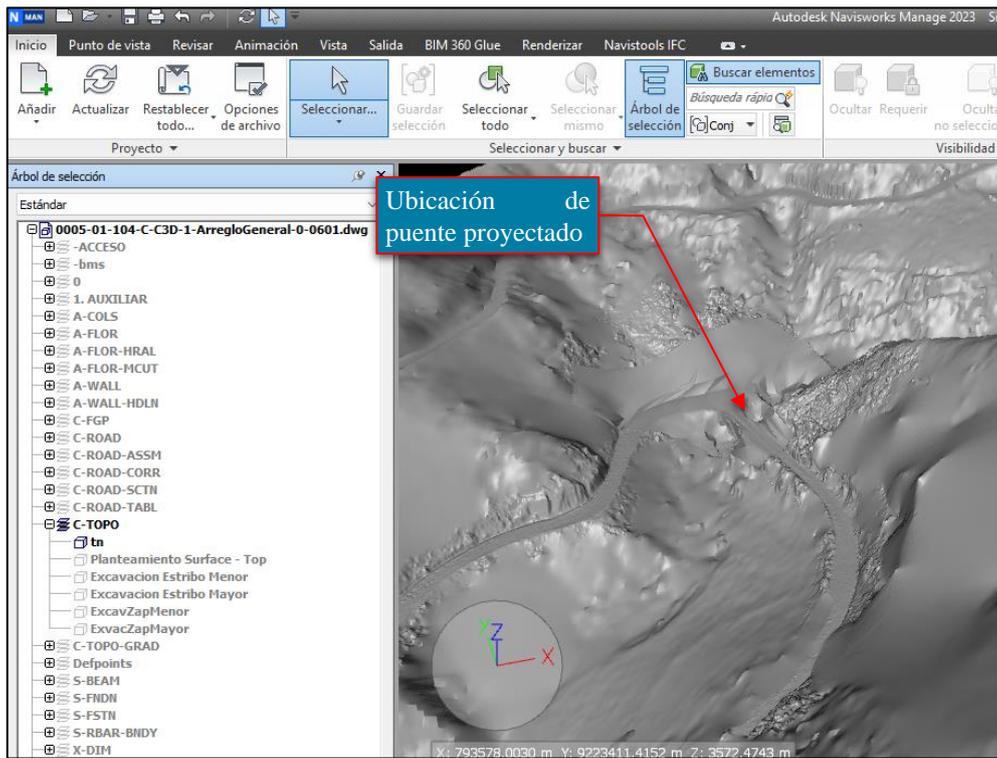
obtenida a partir de la nube de puntos y está georreferenciada con los BM's, esta topografía tiene una densidad de puntos de 50 puntos por m2. La topografía obtenida servirá como base para el desarrollo de los modelados tanto en Civil 3D así como en Revit.

**Figura 22:** Superficie topográfica obtenida a partir de la nube de puntos (levantamiento de condiciones existentes).



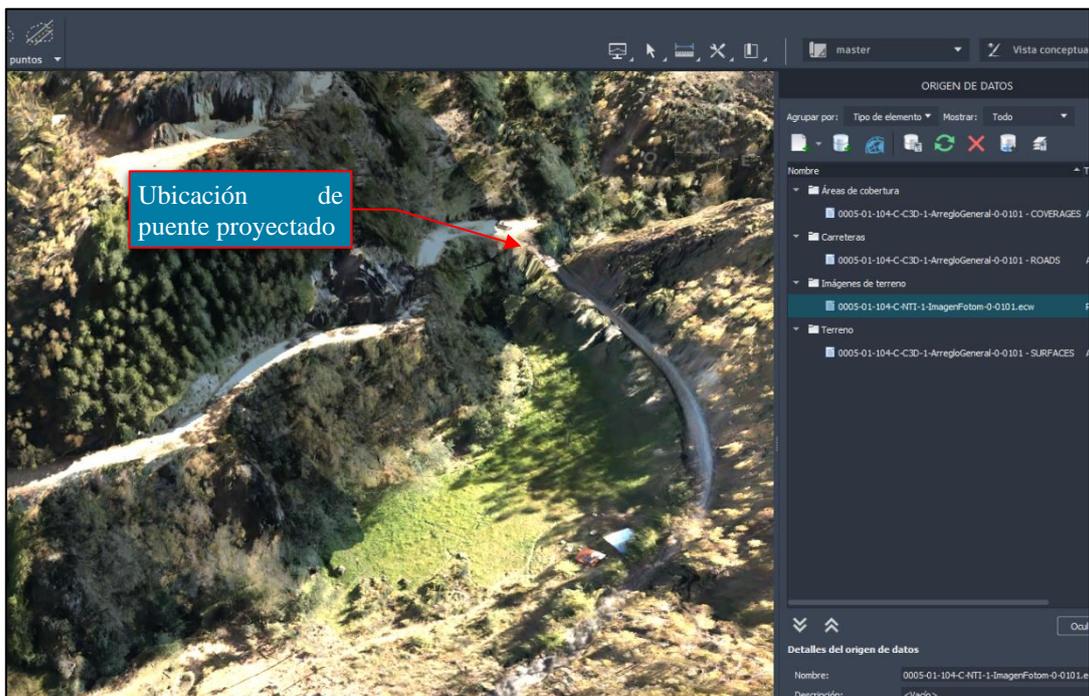
Nota: Topografía obtenida a partir de la nube de puntos. Fuente: Civil 3D (2021).

**Figura 23:** Superficie topográfica.



Nota: Visualización de superficie topográfica existente en Autodesk Navisworks. Fuente: Navisworks Manager (2021).

**Figura 24:** Modelo de condiciones existentes.



Nota: Visualización del modelo de las condiciones existentes obtenido combinando la superficie de terreno con la imagen raster. Fuente: Autodesk InfraWorks (2021).

### 3.4.3.2 Modelado de acceso y salida del puente

Como parte del desarrollo del estudio de ingeniería se ha considerado el mejoramiento del acceso existente tanto al ingreso como a la salida del puente, sumando una longitud total de 500.00 m.

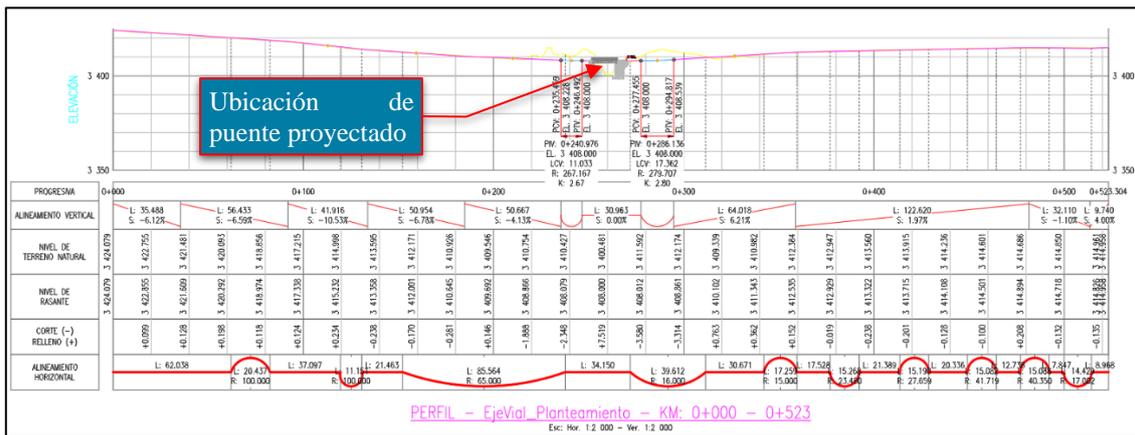
El modelado de los accesos se ha realizado en Autodesk Civil 3D, teniendo en cuenta sólo el mejoramiento a nivel de rasante y respetando el ancho de vía existente, el modelado de los accesos proyectados implica realizar la sección típica tal cual contempla el estudio, ya que esta nos servirá para calcular el movimiento de tierras y las áreas a intervenir dentro del derecho de vía de la trocha carrozable.

**Figura 25:** Alineamiento en planta del mejoramiento de los accesos.



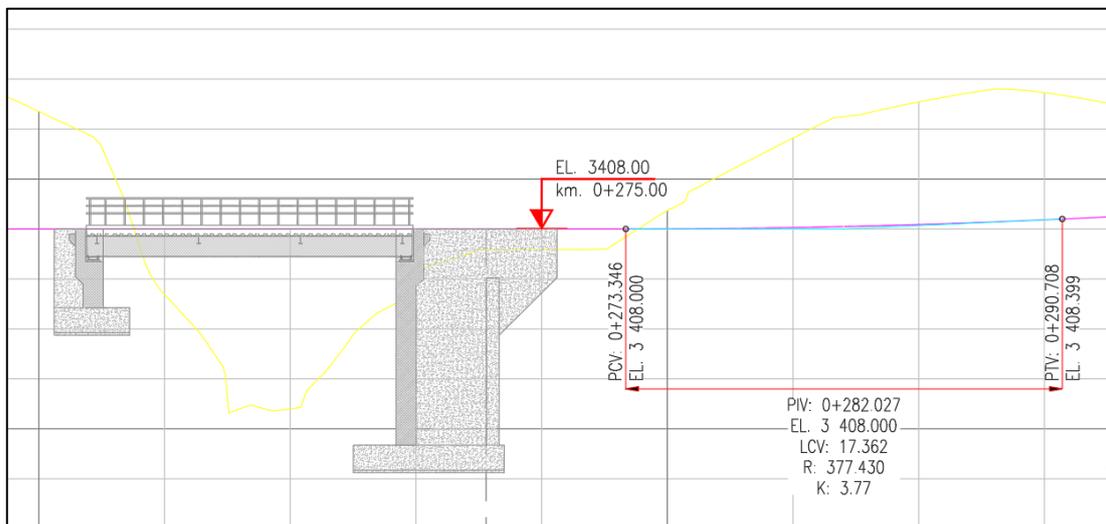
Nota: Planta de los acceso de ingreso y salida del puente carrozable. Fuente: Civil 3D (2021).

**Figura 26:** Perfil de los accesos de ingreso y salida del puente.



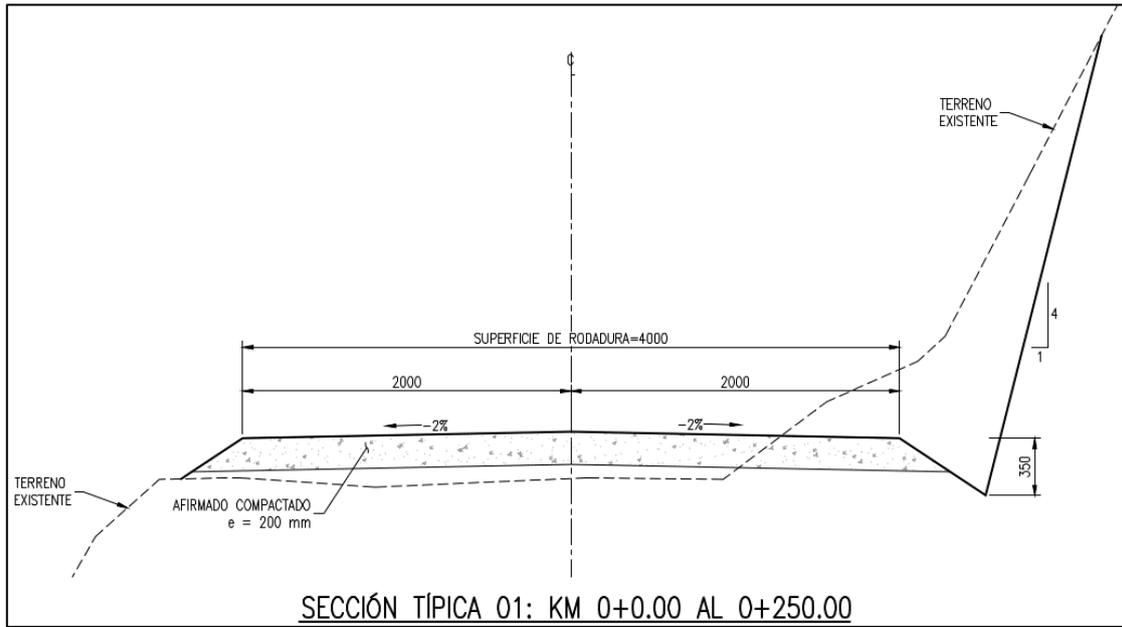
Nota: Perfil de los acceso de ingreso y salida del puente donde se puede ver la pendiente y las curvas verticales contempladas. Fuente: Civil 3D (2021).

**Figura 27:** Perfil del espacio predimensionado para la ubicación del puente.



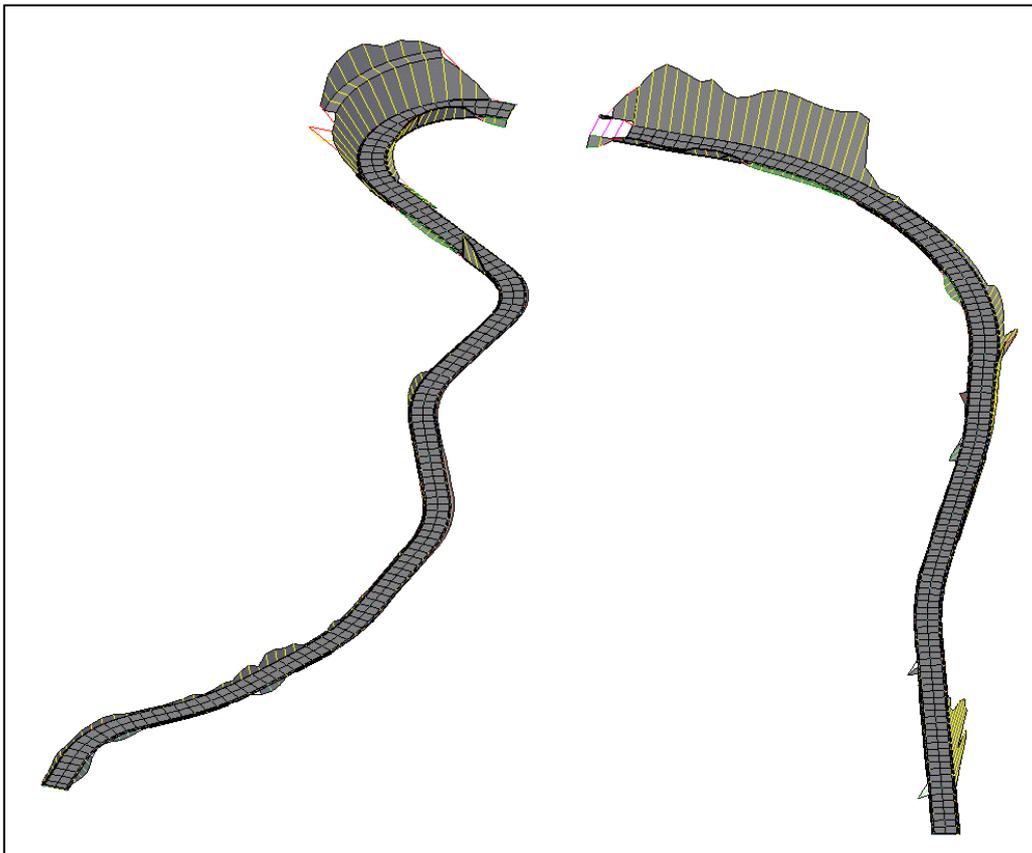
Nota: Perfil del espacio en la quebrada existente para la proyección del puente, en este se puede ver la cota a la cual se proyectará el puente. Fuente: Civil 3D (2021).

**Figura 28:** Sección transversal típica de los accesos proyectados.



Nota: Sección transversal típica de los accesos de ingreso y salida del puente, con los diferentes taludes según el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS). Fuente: Civil 3D (2021).

**Figura 29:** Corredor de los accesos de ingreso y salida del puente.



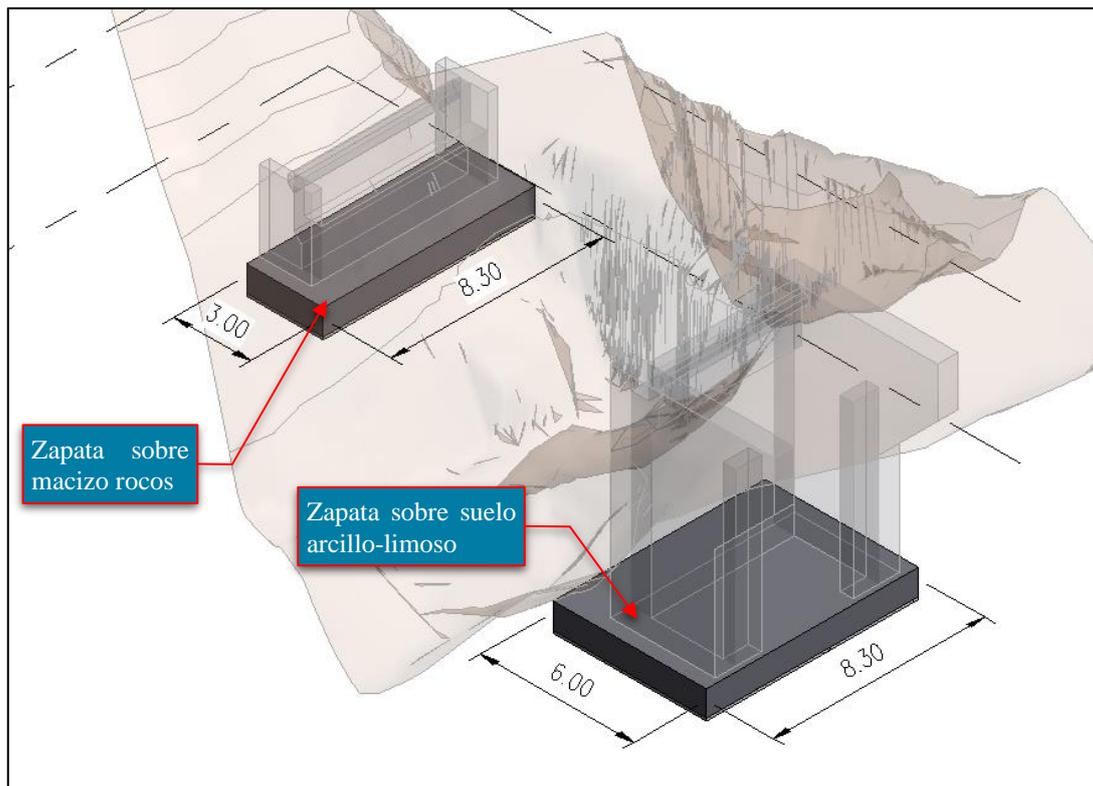
Nota: Corredor de los accesos proyectados donde se puede evidenciar el movimiento de tierras que se necesitará para proyectar los mismos. Fuente: Civil 3D (2021).

### 3.4.3.3 Modelado de la subestructura y superestructura del puente

Tomando como base el estudio de ingeniería desarrollado con metodología clásica (CAD), se procede a modelar el puente según las dimensiones y distribución de acero de los planos de ingeniería.

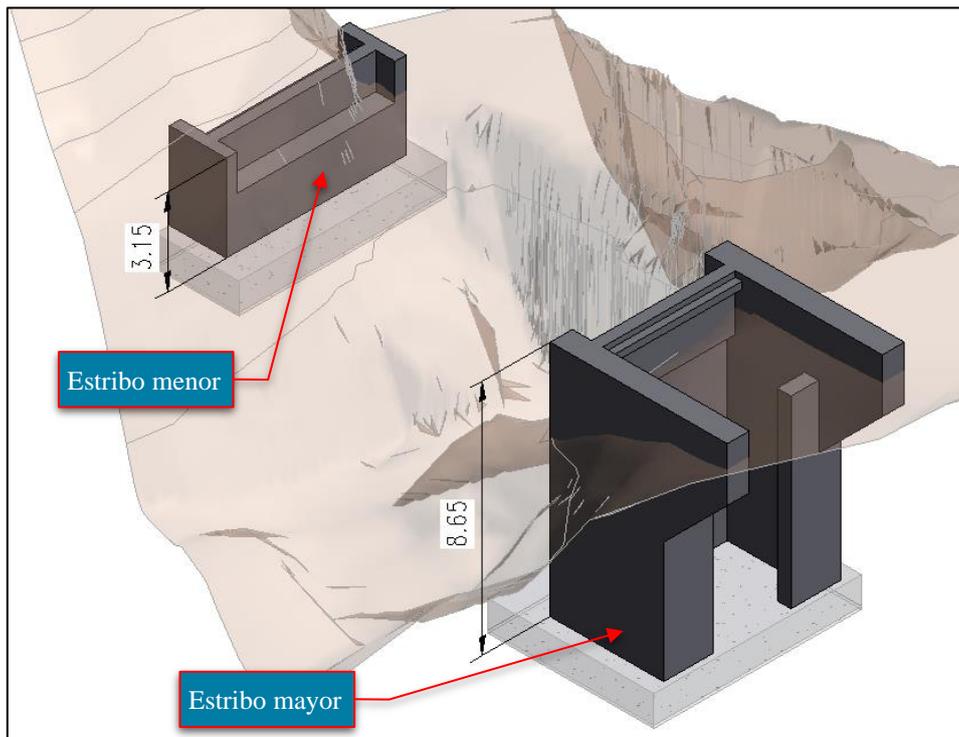
El modelo desarrollado es con un LOD 400 teniendo en cuenta todos los componentes del puente, los cuales nos servirán para contrastar el metrado y la generación del modelo 4D.

**Figura 30:** Modelado de zapatas de los estribos.



Nota: Zapatas de los estribos apoyados en macizo rocoso y suelo arcillo-limoso. Fuente: Revit (2021).

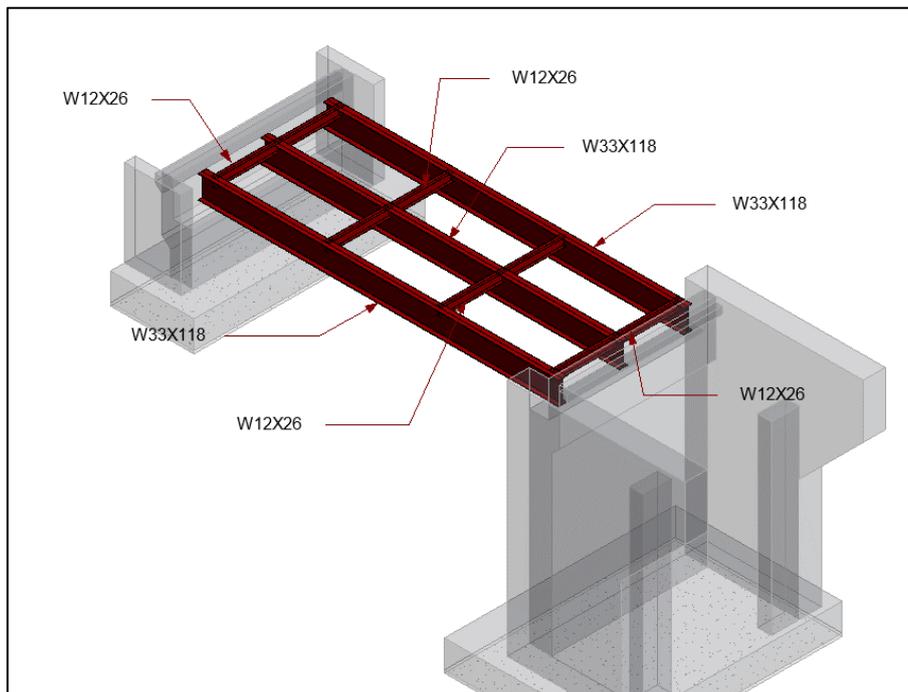
**Figura 31:** Modelado de estribos como familia paramétrica.



Nota: Los estribos han sido modelados como familia paramétrica, la cual se adapta a cualquier dimensión de estribo de este tipo, a su vez está parametrizada para alojar acero estructural.

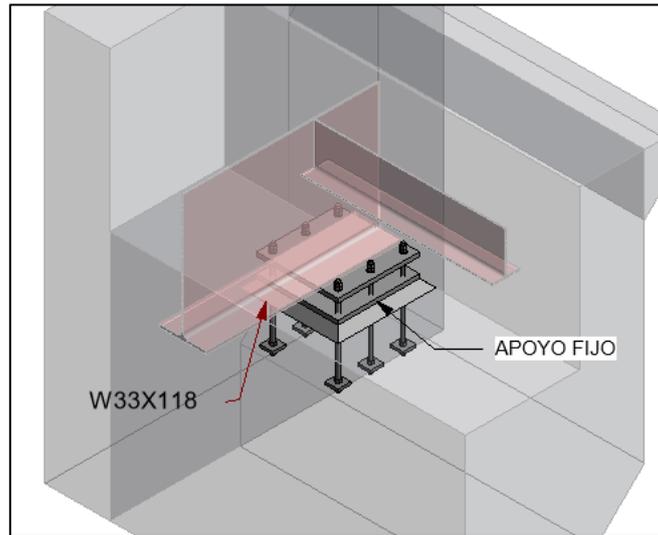
Fuente: Revit (2021).

**Figura 32:** Modelado de vigas de acero.



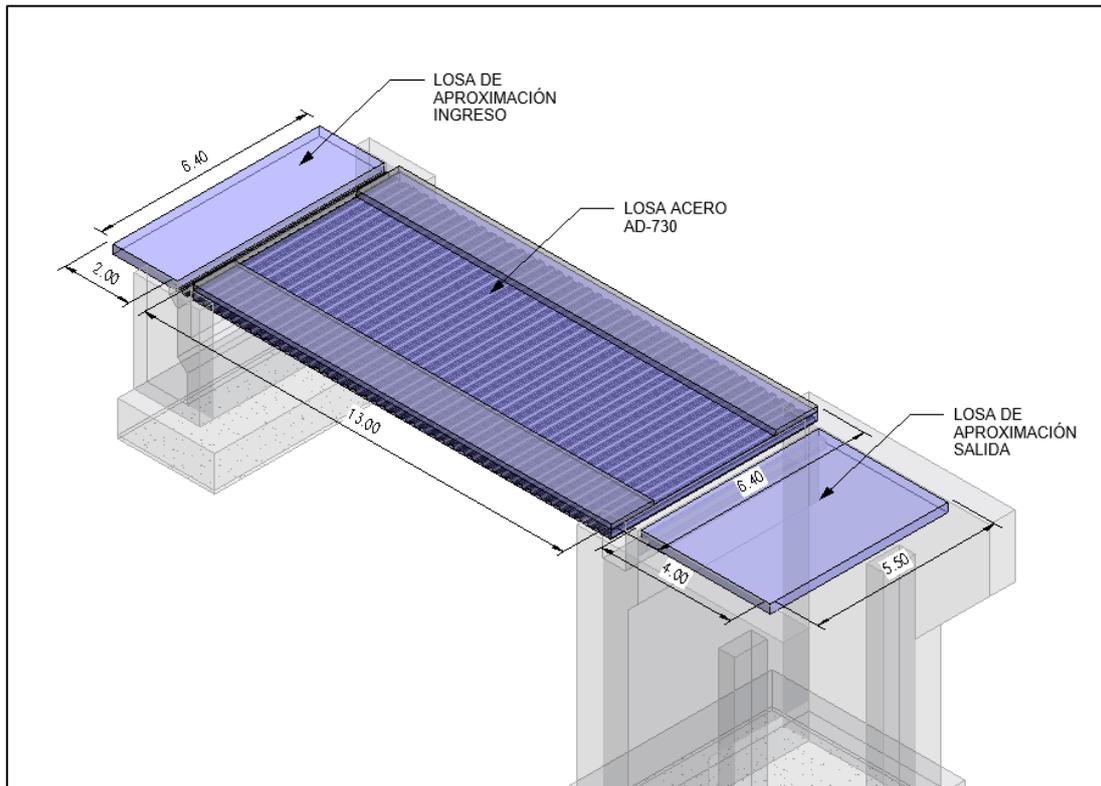
Nota: Las vigas de acero han sido modeladas según el estudio de ingeniería y con los perfiles según la normativa indicada. Fuente: Revit (2021).

**Figura 33:** Modelado de apoyos de vigas principales sobre estribos.



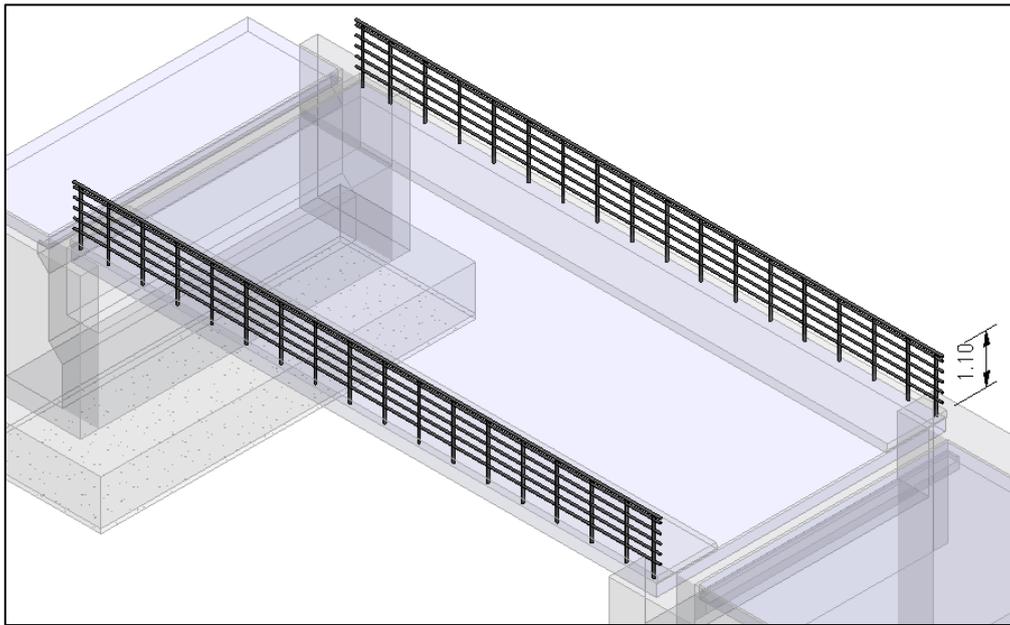
Nota: Los apoyos han sido modelados a detalle según diseño de la ingeniería, Fuente: Revit (2021).

**Figura 34:** Modelado de losa de puente apoyada sobre placa colaborante y losas de aproximación.



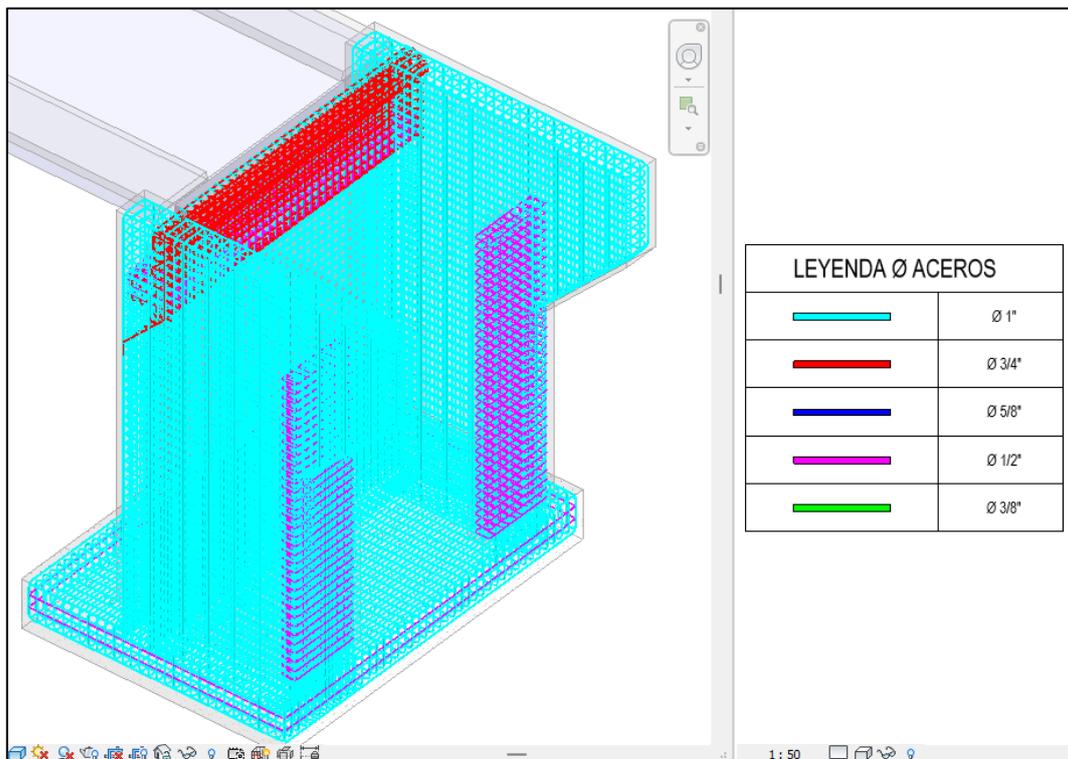
Nota: La losa ha sido modelada con la familia de “Losa acero AD-730” para el análisis de interferencias posteriores, Fuente: Revit (2021).

**Figura 35:** Modelado de barandas peatonales.



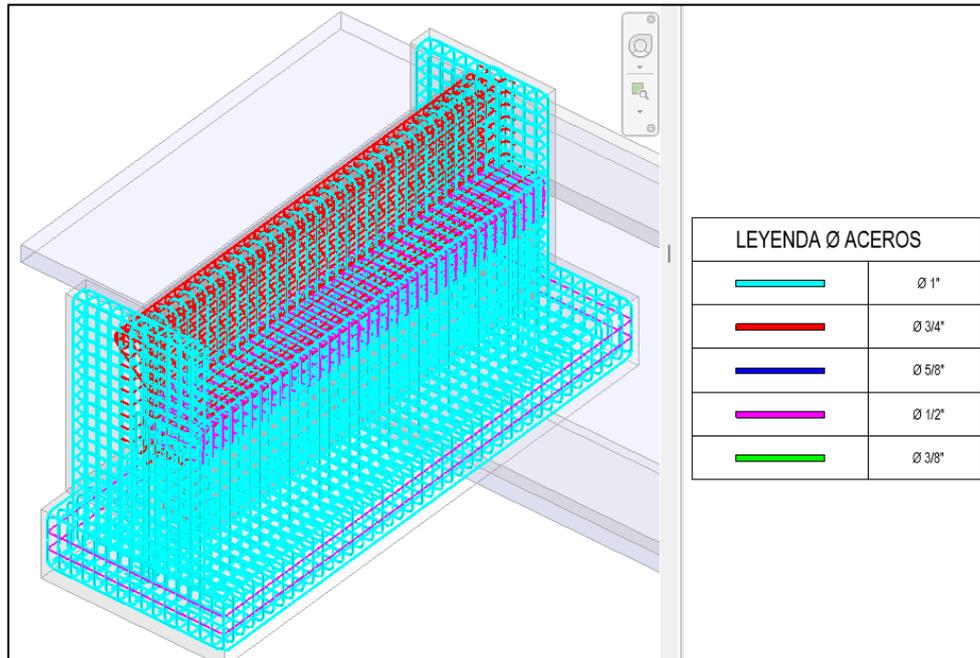
Nota: Las barandas han sido modelados a partir de los planos de ingeniería, Fuente: Revit (2021).

**Figura 36:** Modelado de acero de refuerzo en estribo mayor.



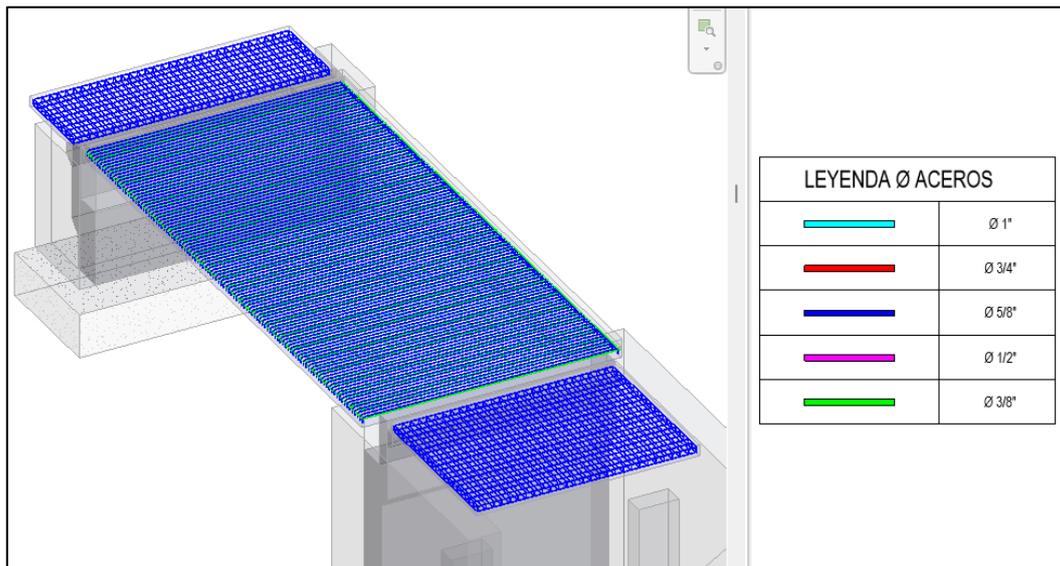
Nota: Los aceros de refuerzo han sido modelados teniendo en cuenta las longitudes máxima, longitudes de empalme, ganchos y otros de acuerdo a la normativa E-06, Fuente: Revit (2021).

**Figura 37:** Modelado de acero de refuerzo en estribo menor.



Nota: Los aceros de refuerzo han sido modelados teniendo en cuenta las longitudes máxima, longitudes de empalme, ganchos y otros de acuerdo a la normativa E-06, Fuente: Revit (2021).

**Figura 38:** Modelado de acero de refuerzo en losas.

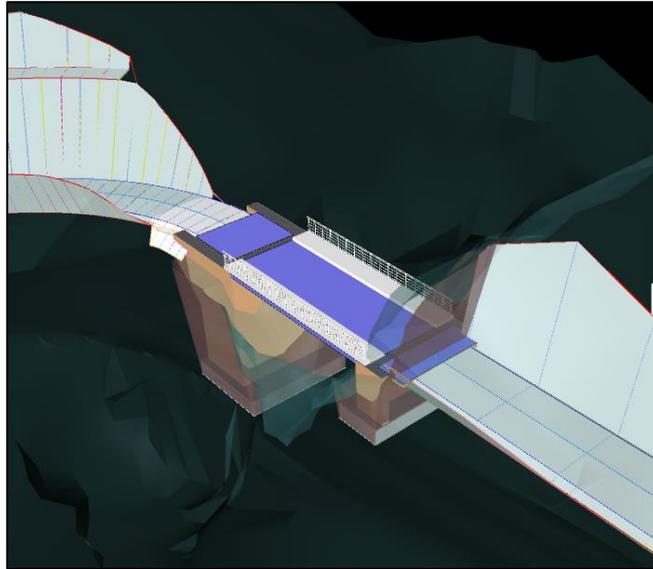


Nota: Los aceros de refuerzo han sido modelados teniendo en cuenta las longitudes máxima, longitudes de empalme, ganchos y otros de acuerdo a la normativa E-060 RNE, Fuente: Revit (2021).

### 3.4.4 Coordinación de los modelos BIM

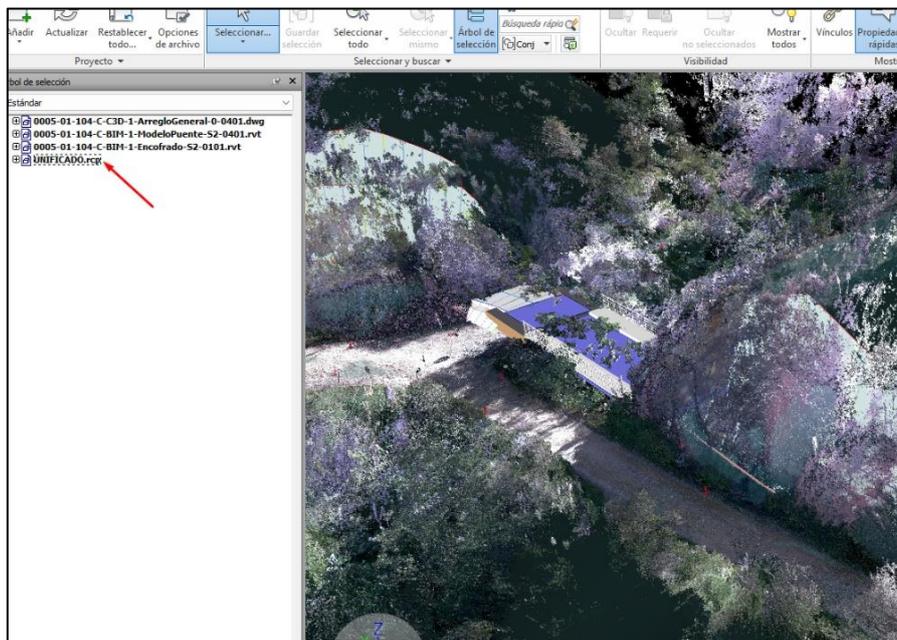
Con los modelos realizados de las diferentes disciplinas y subdisciplinas del proyecto se procede a realizar la coordinación para detectar posibles interferencias y/o errores que puedan impactar en el proceso constructivo del puente.

**Figura 39:** Integración de los modelos BIM para la coordinación.



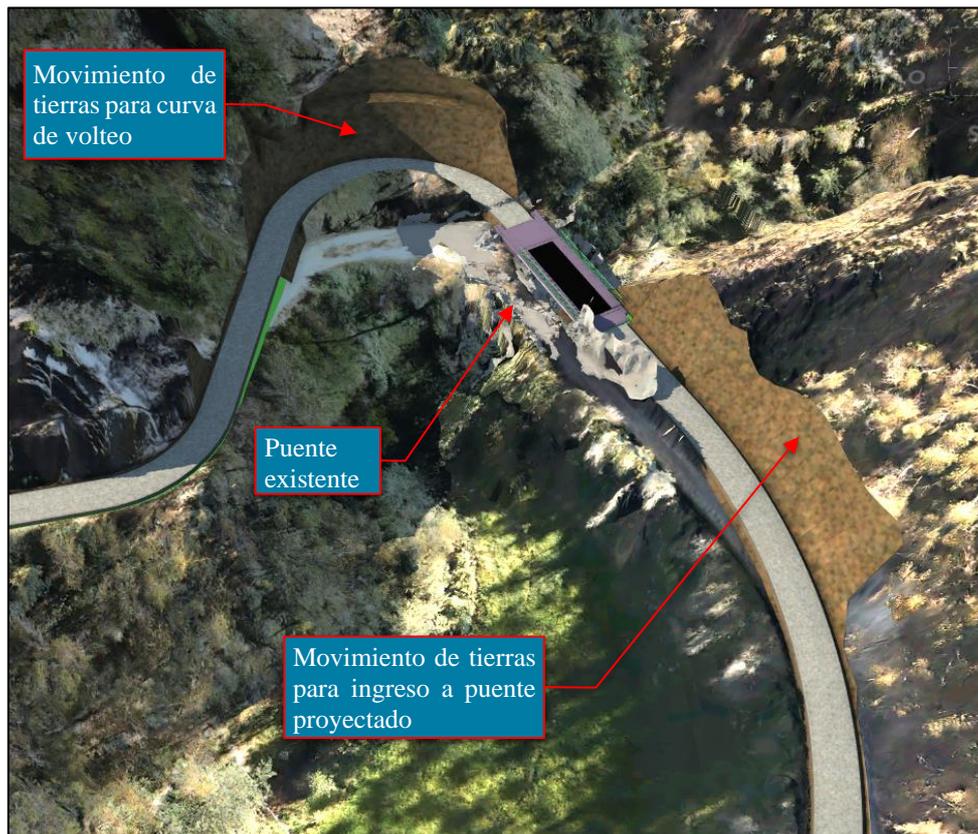
Nota: Integración de los modelos para su visualizar su interacción y coordinación. Fuente: Navisworks (2021).

**Figura 40:** Integración de los modelos BIM con la nube de puntos de las condiciones existentes.



Nota: Integración de los modelos BIM con la nube de puntos producto del levantamiento de las condiciones existentes. Fuente: Navisworks (2021).

**Figura 41:** *Impacto de los accesos proyectados sobre el terreno existente.*

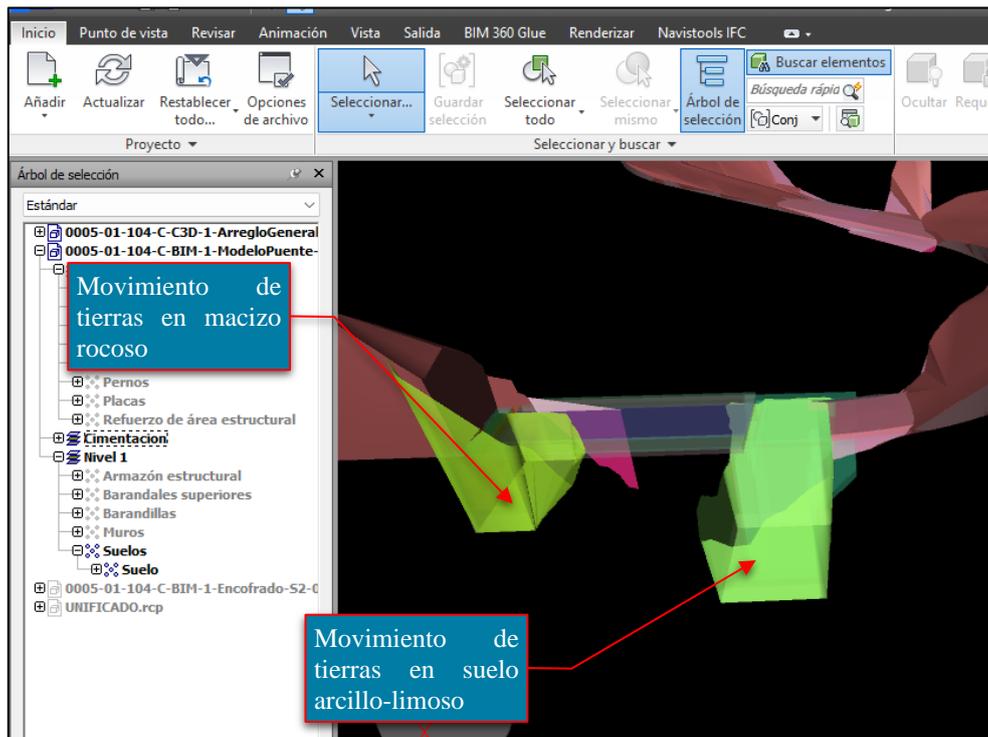


Nota: Visualización del impacto que tendrá la proyección del ingreso y salida al puente proyectado para su socialización con los propietarios de los terrenos adyacentes: Autodesk Infraworks (2021).

### **3.4.5 Revisión de interferencias e incompatibilidades**

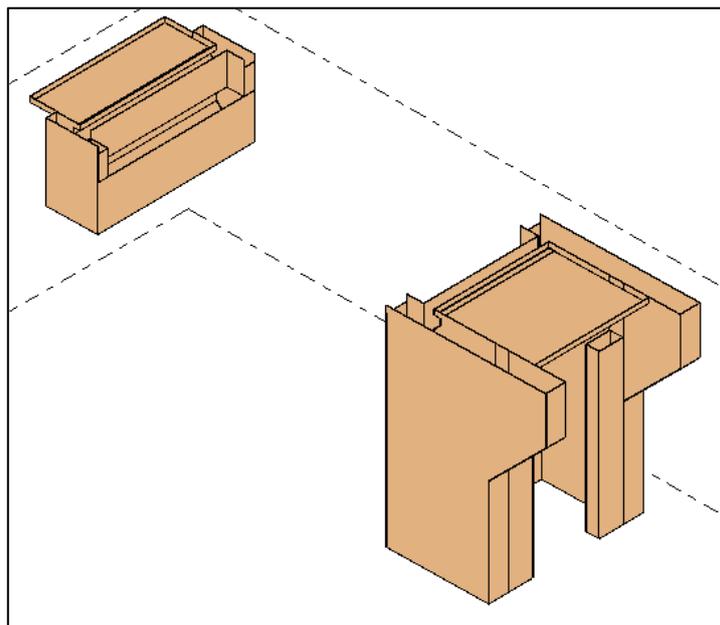
Para la investigación se realizó la detección de interferencias utilizando el software Autodesk Navisworks Manager para comparar los modelos creados por cada especialidad. Esto permitió detectar colisiones físicas, choques entre elementos e interferencias, metrados duplicados, asegurando así una solución adecuada y previniendo la aparición de dichos problemas durante la ejecución del puente.

**Figura 42:** Explanación para movimiento de tierras de cimentación.



Nota: Movimiento de tierras para cimentación. Fuente: Navisworks Manage (2021).

**Figura 43:** Modelado del encofrado.



Nota: El encofrado ha sido modelado en todas las caras de los estribos, losas, etc. Fuente: Revit (2021).

### 3.4.6 Metrado de materiales BIM

Con los modelos realizados de las diferentes disciplinas y subdisciplinas del proyecto se procede a realizar la cuantificación de materiales según las partidas consideradas en el proyecto con el fin de encontrar diferencias entre el metrado a partir de los planos y el metrado realizado con la metodología BIM.

**Tabla 5:** *Metrado de materiales con metodología BIM*

ÍTEM	PARTIDA	UND.	METRADO
1.00	OBRAS PRELIMINARES		
1.10	CARTEL DE OBRA 2.40 x 3.60	und	1.00
1.20	CAMPAMENTO EN GENERAL	glb	1.00
1.30	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00
1.40	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO	m <sup>2</sup>	1035.93
1.50	TRAZO Y REPLANTEO	m <sup>2</sup>	3077.45
2.00	SUB ESTRUCTURA		
2.10	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
2.1.1	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMÚN BAJO AGUA (ESTRIBOS Y ALETAS)	m <sup>3</sup>	123.09
2.1.2	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMÚN EN SECO (ESTRIBOS Y ALETAS)	m <sup>3</sup>	287.22
2.1.3	EXCAVACION PARA ESTRUCTURA EN ROCA FIJA S/EXPLOSIVOS	m <sup>3</sup>	211.44
2.1.4	RELLENO PARA ESTRUCTURAS (MATERIAL PROPIO)	m <sup>3</sup>	321.88
2.1.5	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE (ESTRIBOS Y ALETAS)	m <sup>3</sup>	452.34
2.1.6	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM<=1 km	m <sup>3</sup> -km	176.77
2.20	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE		
2.2.1	SOLADO PARA ZAPATAS E=0.20 CM, MEZCLA C:H, 1:8, BAJO AGUA (ESTRIBOS Y ALETAS)	m <sup>3</sup>	6.75
2.30	OBRAS DE CONCRETO ARMADO		
2.3.1	CIMENTACIÓN		

ÍTEM	PARTIDA	UND.	METRADO
2.3.1.1	ZAPATA DE ESTRIBOS		
2.3.1.1.1	CONCRETO $f_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> , EN SECO EN ZAPATA DE ESTRIBO	m <sup>3</sup>	67.50
2.3.1.1.2	ACERO CORRUGADO $FY= 4200$ kg/cm <sup>2</sup> EN SECO EN ZAPATA DE ESTRIBO	kg	6113.76
2.3.1.1.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m <sup>2</sup>	48.20
2.3.3	ESTRIBOS		
2.3.2.1	ESTRIBO MAYOR		
2.3.2.1.1	CONCRETO $f_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> , BAJO AGUA EN ESTRIBO MAYOR	m <sup>3</sup>	107.24
2.3.2.1.2	ACERO CORRUGADO $FY= 4200$ kg/cm <sup>2</sup> BAJO AGUA EN ESTRIBO MAYOR	kg	20805.31
2.3.2.1.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, EN SECO EN ESTRIBO MAYOR	m <sup>2</sup>	256.85
2.3.2.2	ESTRIBO MENOR		
2.3.2.2.1	CONCRETO $f_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> , BAJO AGUA EN ESTRIBO MENOR	m <sup>3</sup>	18.54
2.3.2.2.2	ACERO CORRUGADO $FY= 4200$ kg/cm <sup>2</sup> BAJO AGUA EN ESTRIBO MENOR	kg	6412.96
2.3.2.2.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, EN SECO EN ESTRIBO MENOR	m <sup>2</sup>	63.45
2.3.3	JUNTAS		
2.3.3.1	JUNTA DE DILATACION DE NEOPRENO, $A=0.10$ m	m	12.10
3.00	SUPERESTRUCTURA		
3.10	VIGAS Y DIAFRAGMA		
3.1.1	VIGAS METÁLICAS	kg	7520.60
3.1.2	PERNOS ESTRUCTURALES ASTM A-490 (5%)	Und	150.00
3.1.3	ARENADO Y PINTURA PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS	m <sup>2</sup>	130.55
3.20	LOSA Y VEREDAS		
3.2.1	CONCRETO $f_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> , EN LOSA	m <sup>3</sup>	20.03

ÍTEM	PARTIDA	UND.	METRADO
3.2.2	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 EN VEREDAS	m <sup>3</sup>	5.05
3.2.3	CONCRETO f'c=280 kg/cm2 EN LOSAS DE APROXIMACIÓN	m <sup>3</sup>	6.00
3.2.4	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN LOSA	kg	1642.26
3.2.5	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN VEREDA	kg	224.90
3.2.6	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN LOSA DE APROXIMACIÓN	kg	1005.02
3.2.7	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, VEREDA	m <sup>2</sup>	8.58
3.2.8	LOSA COLABORANTE TIPO AD-70	m <sup>2</sup>	87.36
3.2.9	CANTONERA PARA BORDE DE LOSA	m	25.90
3.30	BARANDAS METÁLICAS		
3.3.1	BARANDA DE TUBO F°G° (H=1.10 m) PASAMANOS + PARANTE 3" INC. PINTURA	m	26.00
3.40	VARIOS		
3.4.1	APOYO FIJO - NEOPRENO GRADO 50	und	3.00
3.4.2	APOYO MÓVIL - NEOPRENO GRADO 70	und	3.00
3.4.3	CURADO DE OBRAS DE CONCRETO	m <sup>2</sup>	460.02
3.4.4	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"	m <sup>2</sup>	49.26
4.00	INGRESO Y SALIDA DE PUENTE		
4.20	CORTE EN TERRENO SUELTO	m <sup>3</sup>	2909.85
4.30	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m <sup>3</sup>	76.33
4.40	AFIRMADO (E=0.20 m)	m <sup>3</sup>	429.88
5.00	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL		
5.10	SEÑALES PREVENTIVAS	und	1.00
5.20	SEÑAL REGLAMENTARIA	und	1.00
5.30	SEÑAL INFORMATIVA	und	1.00
6.00	SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO		
6.10	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE PLAN DE SEGURIDAD	glb	1.00
6.20	EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL	glb	1.00

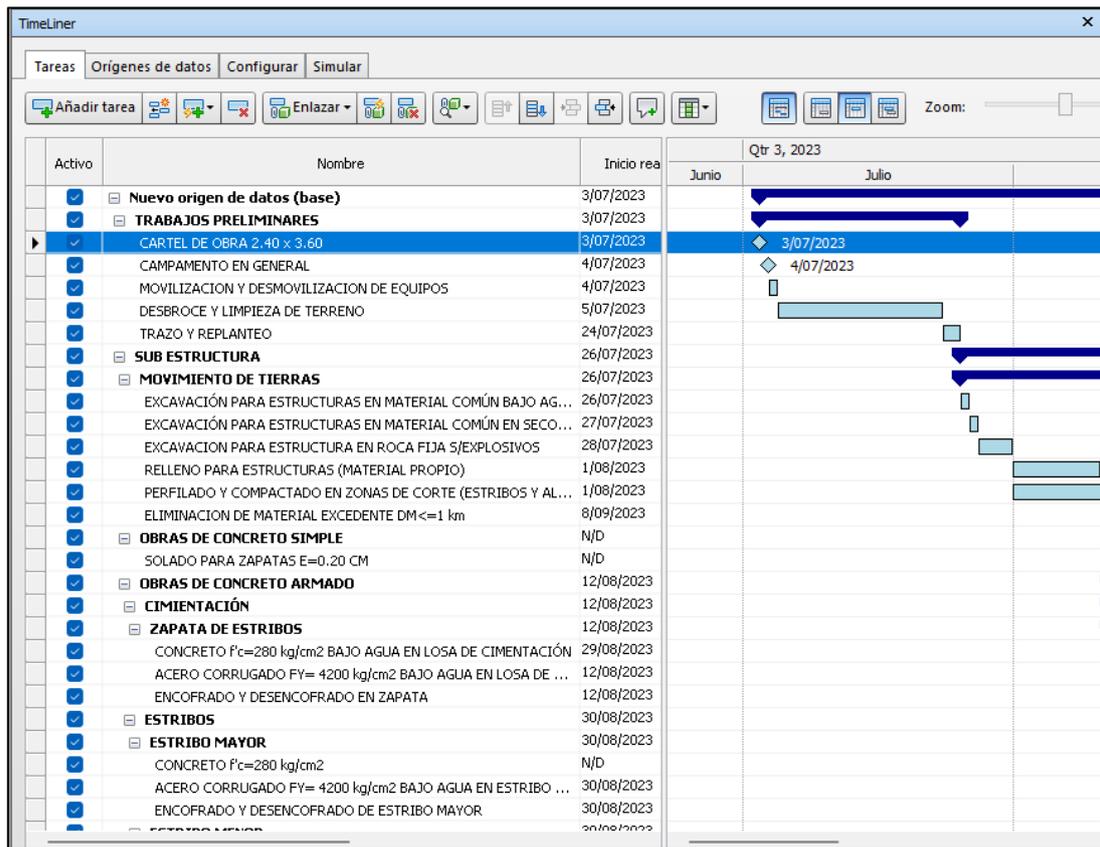
ÍTEM	PARTIDA	UND.	METRADO
6.30	EQUIPO DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00
6.40	RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS	glb	1.00
6.50	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00
7.00	MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL		
7.10	ACOPIO Y RECOJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	glb	1.00
7.20	INSTALACIÓN DE BAÑOS QUÍMICOS	glb	1.00
7.40	LIMPIEZA GENERAL Y RETIRO DE INSTALACIONES PROVISIONALES	glb	1.00
8.00	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLÓGICO		
8.10	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLÓGICO	glb	1.00
9.00	FLETE TERRESTRE	glb	1.00
9.10	FLETE TERRESTRE	glb	1.00

Nota: Metrado de materiales a partir de los modelos BIM generados, utilizando la herramienta “Quantification”. Fuente: Navisworks (2021).

### 3.4.7 Modelado BIM 4D (Programación)

Con los modelos realizados de las diferentes disciplinas y subdisciplinas del proyecto se procede a enlazar los modelos con la programación importada de MS Project según las fechas indicadas en el cronograma del proyecto con el fin de encontrar posibles incoherencias constructivas que puedan ocasionar retrasos durante la construcción.

Figura 44: Programación BIM 4D del proyecto.



Nota: Programación 4D del proyecto enlazado con los modelos BIM. Fuente: Navisworks (2021).

## CAPÍTULO 4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

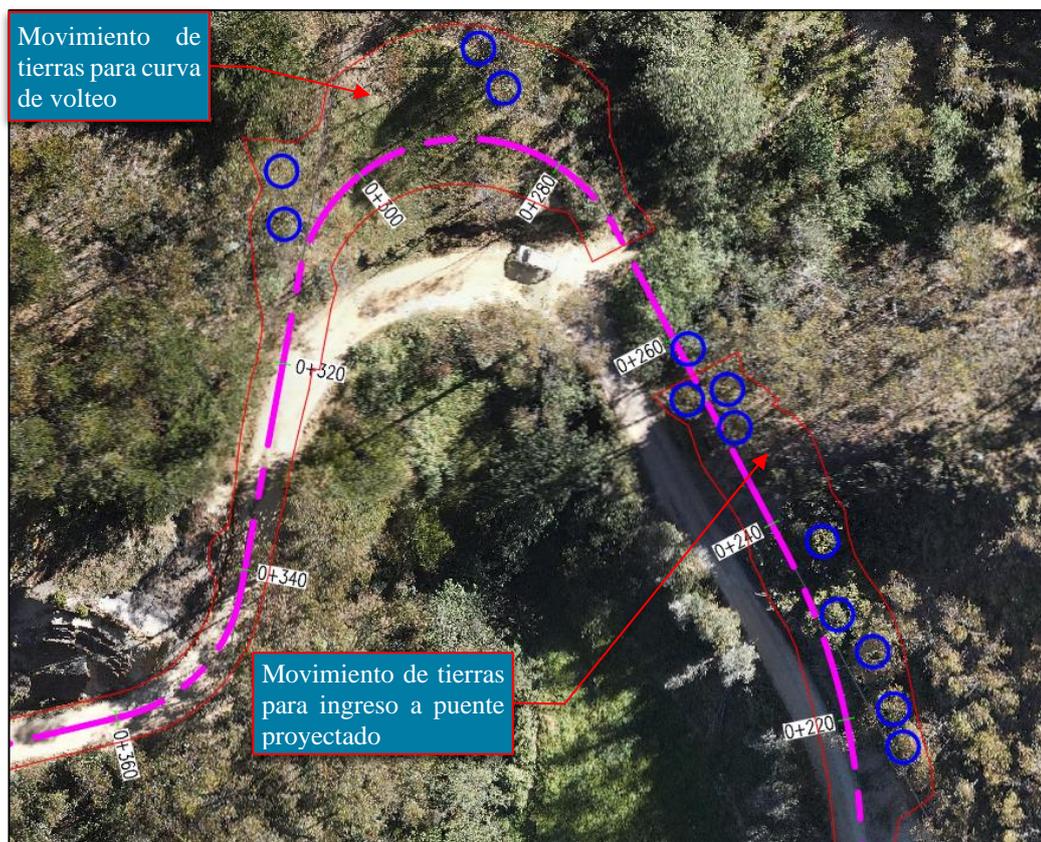
### 4.1 Análisis de las interferencias e incidencias encontradas.

#### a) Omisión de partida “Tala de árboles”

La omisión de partidas y/o errores de metrado son las principales causas de los retrasos y adicionales durante la ejecución de proyectos, en este caso según el Metrado del proyecto no se observa la partida “Tala de árboles” sin embargo y tal como se evidencia en la Figura 50 hay 13 árboles en el área a intervenir.

El levantamiento de condiciones existentes con la metodología BIM (Levantamiento topográfico con dron o scanner lidar) nos da tener una vista panorámica del terreno durante el desarrollo de la ingeniería.

**Figura 45:** Tala de árboles no considerados en las partidas del proyecto.



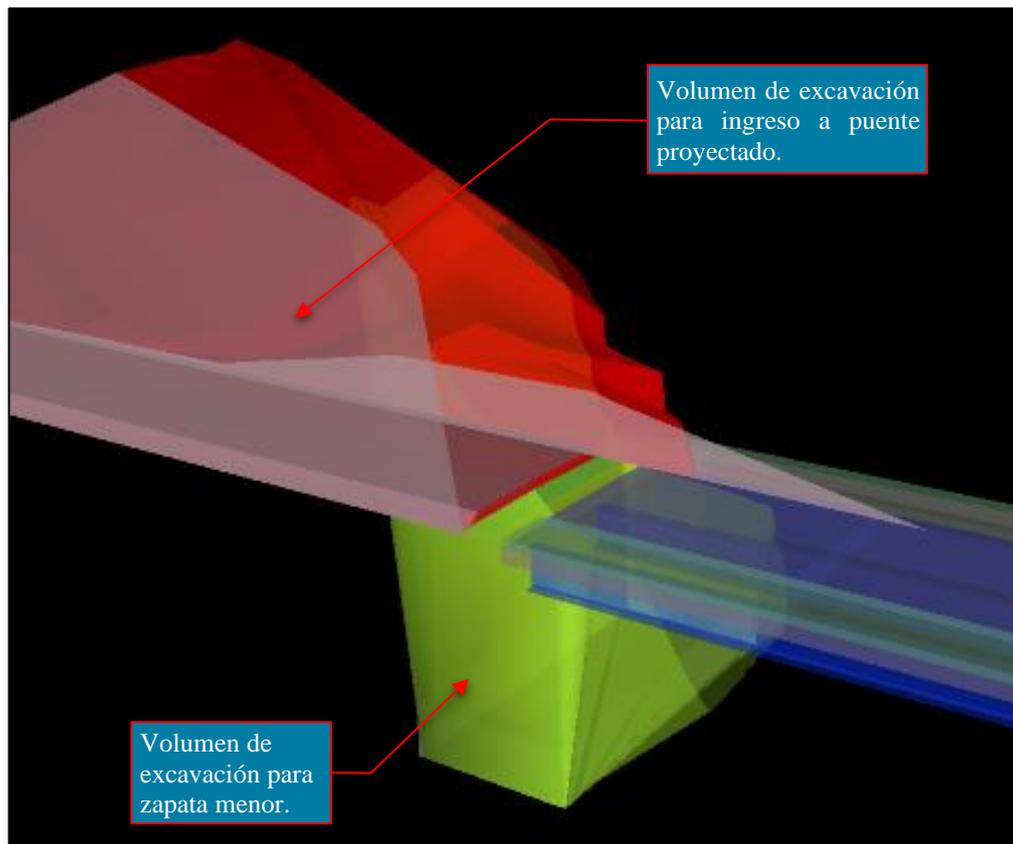
Nota: Durante la visualización de las condiciones del proyecto se evidencia la presencia de árboles (círculos azules) en el área a intervenir para el ingreso y salida del puente proyectado. Fuente: Civil 3D (2021).

## b) Duplicidad en la partida de movimiento de tierras

La falta de criterio de diseño en el cálculo de movimiento de tierras es muy frecuente en la ejecución de proyectos, pues se suele encontrar diferencia entre las cantidades indicadas en los metrados y los volúmenes encontrados en campo, en este caso tal y como se evidencia en la Figura 51 hay cierta parte del volumen de excavación que se encuentra en el movimiento de tierras del acceso y también en la excavación para la cimentación.

La coordinación de los modelos nos da la capacidad de encontrar choques de elementos, sobreposición, duplicidad, entre otros.

**Figura 46:** *Duplicidad de metrado en excavación.*



Nota: Durante la coordinación de los modelos se evidencia la duplicidad del movimiento de tierras en la excavación. Fuente: Autodek Manager (2021).

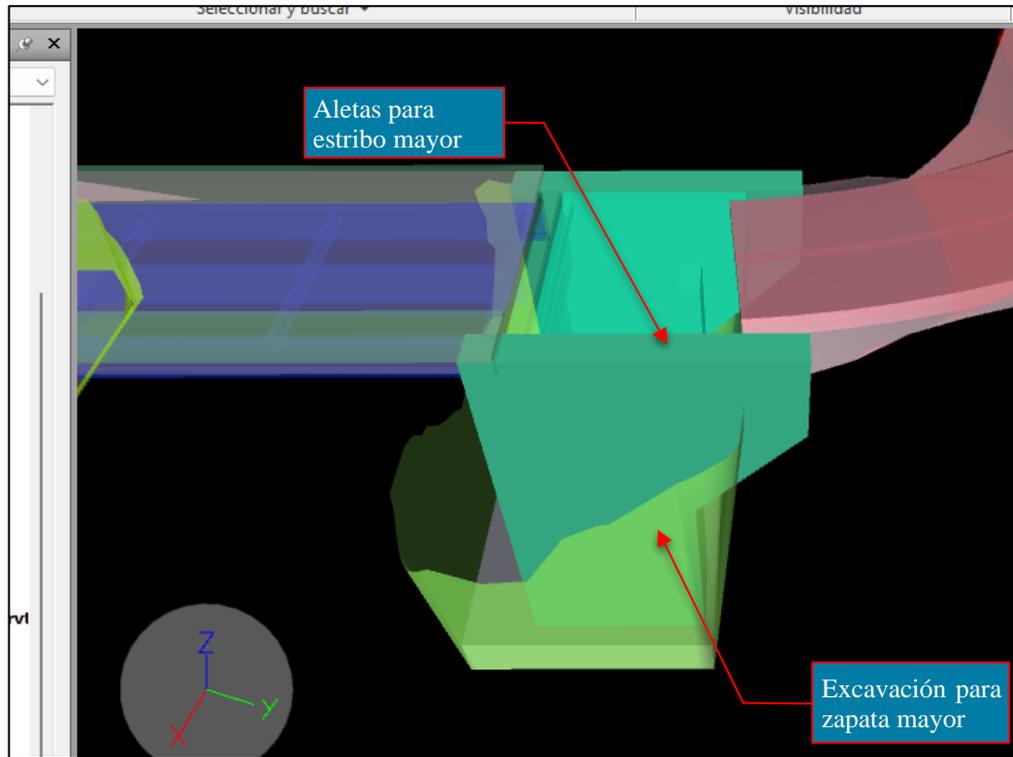
## c) Volumen de excavación para estribos no considerado

La falta de visualización conjunta de planos del puente con los accesos proyectados hace que sea difícil evidenciar posibles errores de metrados o modelos, en este caso en la figura 52 se visualiza la falta de excavación para la construcción de las aletas

del estribo mayor, esto ocasiona una diferencia entre el metrado programado y el metrado ejecutado y posteriormente adicionales de obra.

La coordinación de los modelos BIM nos da la capacidad de encontrar deficiencias en la ingeniería y anticiparnos en esta etapa antes de proceder con la construcción.

**Figura 47:** Falta de excavación para aletas de estribo.



Nota: Durante la coordinación de los modelos se evidencia la falta de excavación para aletas de estribo mayor. Fuente: Autodesk Manager (2021).

## 4.2 Análisis de la diferencia entre metrados

### d) Diferencia de metrados entre metodologías

Haciendo uso de la herramienta “Quantificaion” de Navisworks Manager se obtuvo los metrados a partir de los modelos BIM, de esta manera se procede a realizar la comparación con los metrados realizados en el expediente técnico obteniendo la siguiente tabla.

**Tabla 6:** Datos comparativos entre el metrado de la ingeniería y el metrado con la metodología BIM

ITEM	PARTIDA	UND	MTO. ET.	MTO. BIM	COSTO UNIT.	COST. ET.	COST. BIM	% VAR.
<b>1.00</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>					-	-	
1.10	CARTEL DE OBRA 2.40 x 3.60	und	1.00	1.00	1 591.21	1591.21	1591.21	0.00%
1.20	CAMPAMENTO EN GENERAL	glb	1.00	1.00	5 930.30	5930.30	5930.30	0.00%
1.30	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	glb	1.00	1.00	3 471.53	3471.53	3471.53	0.00%
1.40	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO	m <sup>2</sup>	698.000	1035.933	6.94	4844.12	7189.38	48.41%
1.50	TRAZO Y REPLANTEO	m <sup>2</sup>	598.00	3077.45	4.68	2798.64	14402.48	414.62%
<b>2.00</b>	<b>SUB ESTRUCTURA</b>					-	-	
<b>2.10</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					-	-	
2.1.1	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMÚN BAJO AGUA (ESTRIBOS Y ALETAS)	m <sup>3</sup>	325.00	123.09	17.99	5846.75	2214.44	-62.13%
2.1.2	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMÚN EN SECO (ESTRIBOS Y ALETAS)	m <sup>3</sup>	18.00	287.22	10.16	182.88	2918.13	1495.65%
2.1.3	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURA EN ROCA FIJA S/EXPLOSIVOS	m <sup>3</sup>	209.00	211.44	53.29	11137.61	11267.42	1.17%
2.1.4	RELLENO PARA ESTRUCTURAS (MATERIAL PROPIO)	m <sup>3</sup>	336.00	321.88	28.24	9488.64	9089.92	-4.20%
2.1.5	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE (ESTRIBOS Y ALETAS)	m <sup>3</sup>	499.00	452.34	28.89	14416.11	13068.03	-9.35%
2.1.6	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE DM<=1 km	m <sup>3</sup> -km	216.00	176.77	9.32	2013.12	1647.52	-18.16%
<b>2.20</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>					-	-	

ITEM	PARTIDA	UND	MTO. ET.	MTO. BIM	COSTO UNIT.	COST. ET.	COST. BIM	% VAR.
2.2.1	SOLADO PARA ZAPATAS E=0.20 CM, MEZCLA C:H, 1:8, BAJO AGUA (ESTRIBOS Y ALETAS)	m³	14.00	6.75	258.82	3623.48	1747.03	-51.79%
<b>2.30</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					-	-	
<b>2.3.1</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>					-	-	
<b>2.3.1.1</b>	<b>ZAPATA DE ESTRIBOS</b>					-	-	
2.3.1.1.1	CONCRETO f'c=280 kg/cm², EN SECO EN ZAPATA DE ESTRIBO	m³	69.00	67.50	519.99	35879.31	35099.32	-2.17%
2.3.1.1.2	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm² EN SECO EN ZAPATA DE ESTRIBO	kg	6523.00	6113.76	8.54	55706.42	52211.53	-6.27%
2.3.1.1.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	49.00	48.20	107.82	5283.18	5196.93	-1.63%
<b>2.3.3</b>	<b>ESTRIBOS</b>					-	-	
<b>2.3.2.1</b>	<b>ESTRIBO MAYOR</b>					-	-	
2.3.2.1.1	CONCRETO f'c=280 kg/cm², BAJO AGUA EN ESTRIBO MAYOR	m³	109.00	107.24	579.41	63155.69	62134.95	-1.62%
2.3.2.1.2	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm² BAJO AGUA EN ESTRIBO MAYOR	kg	19448.00	20805.31	10.10	196424.80	210133.60	6.98%
2.3.2.1.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, EN SECO EN ESTRIBO MAYOR	m²	309.00	256.85	107.82	33316.38	27693.97	-16.88%
<b>2.3.2.2</b>	<b>ESTRIBO MENOR</b>					-	-	
2.3.2.2.1	CONCRETO f'c=280 kg/cm², BAJO AGUA EN ESTRIBO MENOR	m³	24.00	18.54	540.24	12965.76	10018.62	-22.73%
2.3.2.2.2	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm² BAJO AGUA EN ESTRIBO MENOR	kg	6982.00	6412.96	6.77	47268.14	43415.75	-8.15%
2.3.2.2.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, EN SECO EN ESTRIBO MENOR	m²	63.00	63.45	78.41	4939.83	4975.34	0.72%
<b>2.3.3</b>	<b>JUNTAS</b>					-	-	

ITEM	PARTIDA	UND	MTO. ET.	MTO. BIM	COSTO UNIT.	COST. ET.	COST. BIM	% VAR.
2.3.3.1	JUNTA DE DILATACIÓN DE NEOPRENO, A=0.10 m	m	12.00	12.10	386.95	4643.40	4683.62	0.87%
<b>3.00</b>	<b>SUPERESTRUCTURA</b>					-	-	
<b>3.10</b>	<b>VIGAS Y DIAFRAGMA</b>					-	-	
3.1.1	VIGAS METÁLICAS	kg	7549.00	7520.60	43.43	327853.07	326619.45	-0.38%
3.1.2	PERNOS ESTRUCTURALES ASTM A-490 (5%)	und	378.00	150.00	16.60	6274.80	2490.00	-60.32%
3.1.3	ARENADO Y PINTURA PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS	m <sup>2</sup>	124.00	130.55	49.00	6076.00	6397.14	5.29%
<b>3.20</b>	<b>LOSA Y VEREDAS</b>					-	-	
3.2.1	CONCRETO f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> , EN LOSA	m <sup>3</sup>	18.00	20.03	508.92	9160.56	10193.48	11.28%
3.2.2	CONCRETO f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> EN VEREDAS	m <sup>3</sup>	6.00	5.05	508.90	3053.40	2569.92	-15.83%
3.2.3	CONCRETO f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSAS DE APROXIMACIÓN	m <sup>3</sup>	5.00	6.00	489.15	2445.75	2934.90	20.00%
3.2.4	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA	kg	1367.00	1642.26	6.77	9254.59	11118.07	20.14%
3.2.5	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> EN VEREDA	kg	125.00	224.90	6.77	846.25	1522.56	79.92%
3.2.6	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA DE APROXIMACIÓN	kg	391.00	1005.02	6.77	2647.07	6804.01	157.04%
3.2.7	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, VEREDA	m <sup>2</sup>	9.00	8.58	73.84	664.56	633.48	-4.68%
3.2.8	LOSA COLABORANTE TIPO AD-70	m <sup>2</sup>	81.00	87.36	147.90	11979.90	12920.54	7.85%
3.2.9	CANTONERA PARA BORDE DE LOSA	m	26.00	25.90	43.24	1124.24	1119.92	-0.38%
<b>3.30</b>	<b>BARANDAS METÁLICAS</b>					-	-	

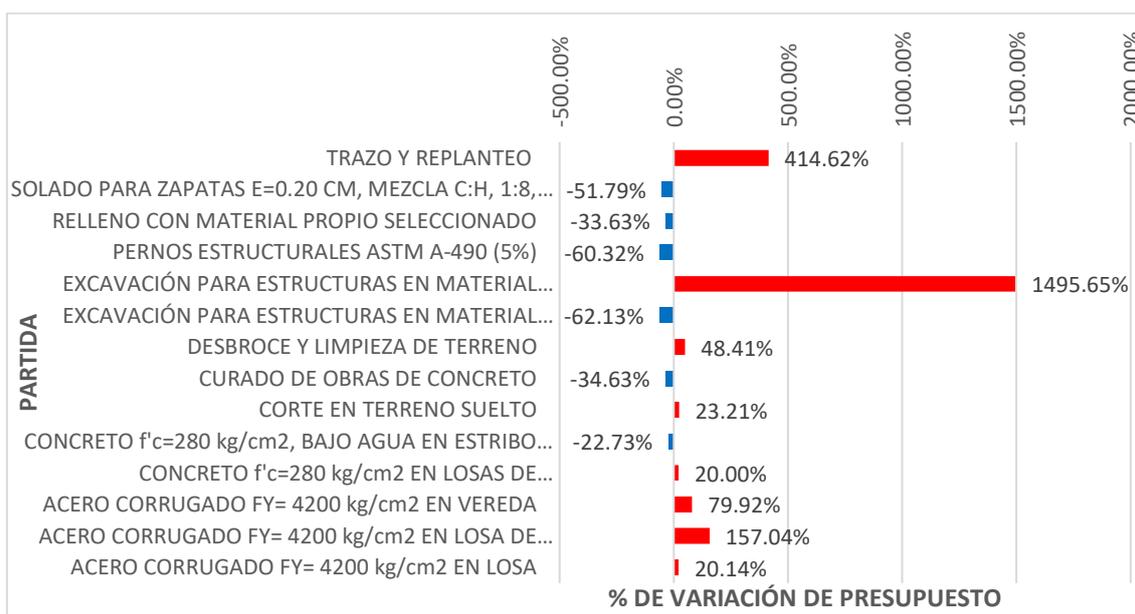
ITEM	PARTIDA	UND	MTO. ET.	MTO. BIM	COSTO UNIT.	COST. ET.	COST. BIM	% VAR.
3.3.1	BARANDA DE TUBO F°G° (H=1.10 m) PASAMANOS + PARANTE 3" INC. PINTURA	m	26.00	26.00	459.18	11938.68	11938.68	0.00%
<b>3.40</b>	<b>VARIOS</b>					-	-	
3.4.1	APOYO FIJO - NEOPRENO GRADO 50	und	3.00	3.00	3 766.98	11300.94	11300.94	0.00%
3.4.2	APOYO MÓVIL - NEOPRENO GRADO 70	und	3.00	3.00	3 708.77	11126.31	11126.31	0.00%
3.4.3	CURADO DE OBRAS DE CONCRETO	m²	703.67	460.02	2.97	2089.90	1366.25	-34.63%
3.4.4	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	m²	54.00	49.26	49.75	2686.50	2450.53	-8.78%
<b>4.00</b>	<b>INGRESO Y SALIDA DE PUENTE</b>					-	-	
4.20	CORTE EN TERRENO SUELTO	m³	2361.77	2909.85	18.38	43409.33	53483.09	23.21%
4.30	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m³	115.00	76.33	33.66	3870.90	2569.23	-33.63%
4.40	AFIRMADO (E=0.20 m)	m³	430.00	429.88	158.84	68301.20	68282.08	-0.03%
<b>5.00</b>	<b>SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL</b>					-	-	
5.10	SEÑALES PREVENTIVAS	und	1.00	1.00	848.31	848.31	848.31	0.00%
5.20	SEÑAL REGLAMENTARIA	und	1.00	1.00	993.46	993.46	993.46	0.00%
5.30	SEÑAL INFORMATIVA	und	1.00	1.00	1 065.48	1065.48	1065.48	0.00%
<b>6.00</b>	<b>SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO</b>					-	-	
6.10	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE PLAN DE SEGURIDAD	glb	1.00	1.00	6 800.00	6800.00	6800.00	0.00%
6.20	EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	glb	1.00	1.00	4 780.50	4780.50	4780.50	0.00%

ITEM	PARTIDA	UND	MTO. ET.	MTO. BIM	COSTO UNIT.	COST. ET.	COST. BIM	% VAR.
6.30	EQUIPO DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	1.00	3 708.91	3708.91	3 708.91	0.00%
6.40	RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS	glb	1.00	1.00	2 161.40	2161.40	2161.40	0.00%
6.50	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	1.00	6 020.00	6020.00	6020.00	0.00%
<b>7.00</b>	<b>MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL</b>					-	-	
7.10	ACOPIO Y RECOJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	glb	1.00	1.00	16 910.64	16910.64	16910.64	0.00%
7.20	INSTALACIÓN DE BAÑOS QUÍMICOS	glb	1.00	1.00	3 700.00	3700.00	3700.00	0.00%
7.40	LIMPIEZA GENERAL Y RETIRO DE INSTALACIONES PROVISIONALES	glb	1.00	1.00	3 835.67	3835.67	3835.67	0.00%
<b>8.00</b>	<b>PLAN DE MONITOREO ARQUEOLÓGICO</b>					-	-	
8.10	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLÓGICO	glb	1.00	1.00	9 303.20	9303.20	9303.20	0.00%
<b>9.00</b>	<b>FLETE TERRESTRE</b>	<b>glb</b>		<b>1.00</b>		-	-	
9.10	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	1.00	3 750.00	3750.00	3750.00	0.00%
<b>COSTO DIRECTO</b>						<b>1124908.82</b>	<b>1141819.18</b>	<b>1.50%</b>

A partir de la tabla 6 podemos obtener la variación del costo directo del presupuesto que es del 1.50%, este cálculo se ha realizado teniendo en cuenta los costos unitarios del expediente técnico.

A continuación, se presentan las partidas con mayor variación de presupuesto según el metrado del expediente técnico y el metrado aplicando la metodología BIM.

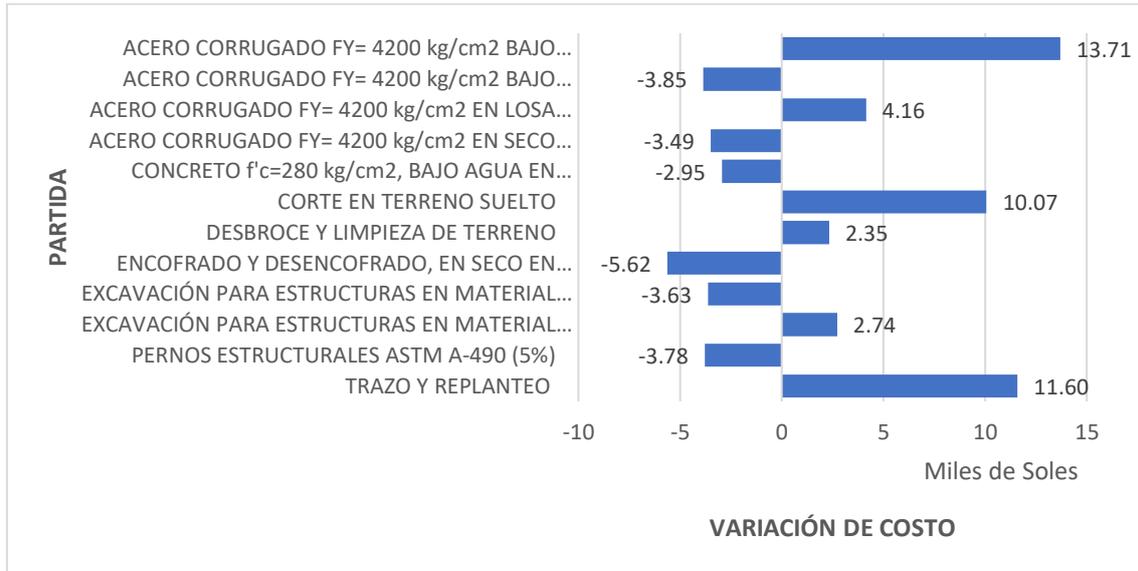
**Figura 48:** Partidas con mayor variación porcentual.



Como se puede ver en la Figura 53 se tiene partidas con variación porcentual notoria en el presupuesto, la partida “EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMÚN EN SECO (ESTRIBOS Y ALETAS)” tiene un error en el metrado debido a una mala concepción de la excavación para cimentaciones, la siguiente partida con mayor variación es “TRAZO Y REPLANTEO” en la cual se ha calculado el área teniendo en cuenta solo la capa de rodadura de los accesos, mas no los taludes que se generan por el movimiento de tierras.

En el siguiente gráfico se hace un análisis de las partidas con mayor variación del costo directo según el metrado del expediente técnico y el metrado aplicando la metodología BIM.

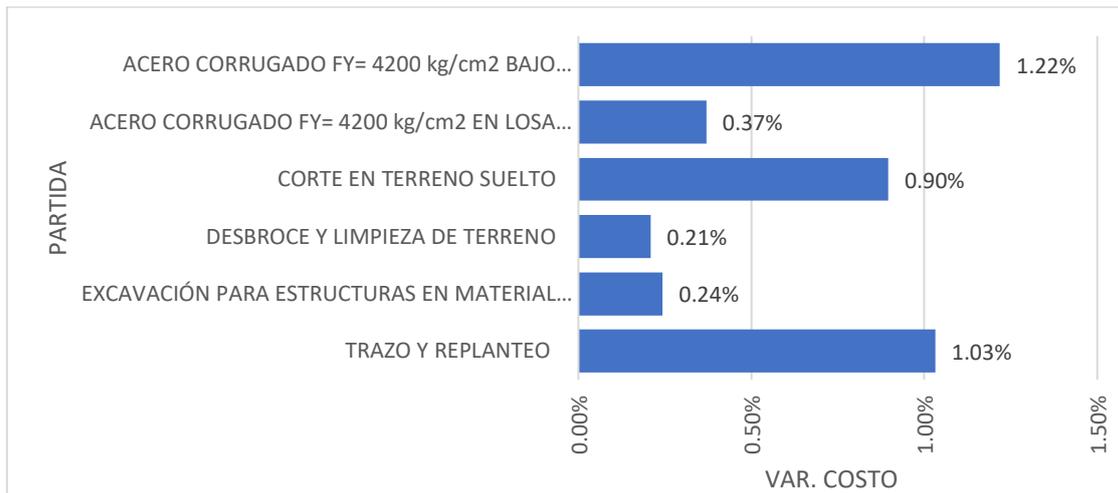
**Figura 49:** Partidas con mayor variación de costo en miles de soles.



Como se aprecia en la Figura 54 la partida “ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 BAJO AGUA EN ESTRIBO MAYOR” tiene una variación considerable de S/ 13 708.79, esto debido a un error en el metrado durante el desarrollo de la ingeniería, ya que no se tuvo en cuenta los ganchos de las armaduras según el RNE; seguidamente se tiene una variación de S/ 11 603.84 en la partida “TRAZO Y REPLANTEO”, esto debido a que se ha calculado el área teniendo en cuenta solo la capa de rodadura de los accesos, mas no los taludes que se generan por el movimiento de tierras.

En el siguiente gráfico vemos cómo incide el metrado aplicando la metodología BIM en el costo directo del proyecto.

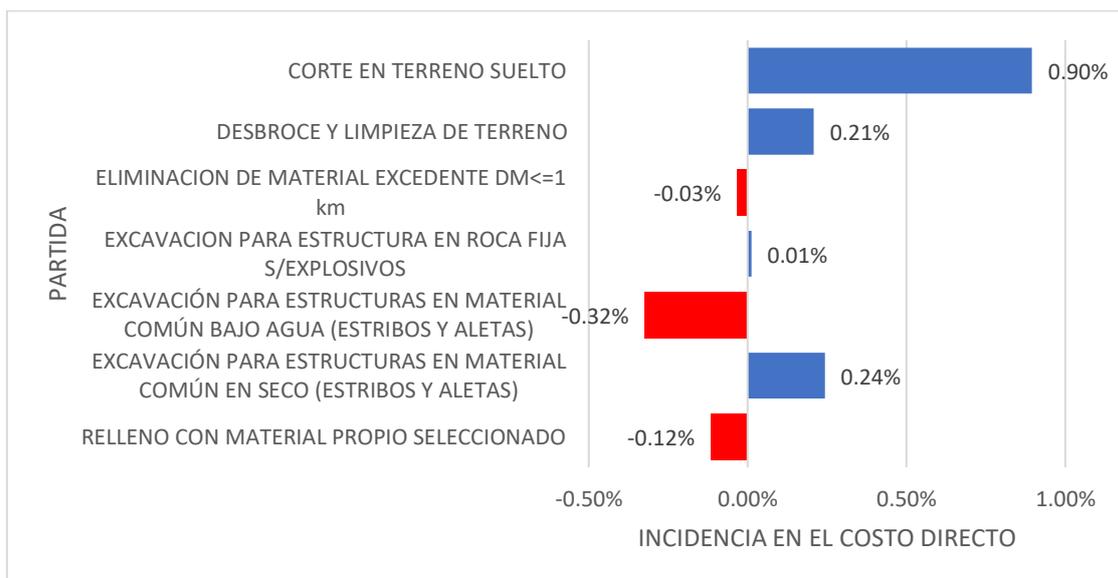
**Figura 50:** Partidas con mayor variación de costo en miles de soles.



Como se aprecia en la Figura 55 la partida “ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 BAJO AGUA EN ESTRIBO MAYOR” tiene una mayor incidencia en el costo directo del proyecto, seguido por la partida “TRAZO Y REPLANTEO” y seguidamente la partida “CORTE EN TERRENO SUELTO”.

En el siguiente gráfico se representa la incidencia de las partidas de movimiento de tierras en el costo directo del proyecto

**Figura 51:** Incidencia de las partidas de movimiento de tierras en el costo directo.



### 4.3 Discusión de resultados obtenidos con la metodología BIM en contraste con la metodología tradicional del expediente técnico.

Cómo se ha visto en la Figura 51 se tiene errores en los metrados del movimiento de tierras, esto se debe principalmente a la falta de precisión en el levantamiento

topográfico realizado tradicionalmente con estación total, pues debido al arduo trabajo que este representa solo se toma lectura de puntos clave de los accesos o lugares donde se proyectará las estructuras. Sin embargo, al realizar un levantamiento topográfico con dron se logra una topografía de alta precisión con la cual se puede calcular los volúmenes de movimiento de tierras con mayor precisión.

Al momento de desarrollar los planos con la metodología BIM se tiene mayor precisión de estos y la certeza de que no hay variación entre las vistas de planta o secciones transversales, pues todas estas son producto del modelo BIM del proyecto y si es que se necesita realizar un cambio este se refleja en todos los planos del proyecto.

Con respecto al metrado obtenido desde los modelos BIM, podemos tener la certeza que las cantidades corresponden con lo que se va a ejecutar en la construcción del proyecto y de esta manera reducir el impacto o retrasos por adicionales de obra y omisión de partidas.

## CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Se concluye que al utilizar la metodología BIM para realizar el levantamiento topográfico (Levantamiento de condiciones existentes) nos da resultados más precisos al momento de calcular los volúmenes, de esta manera se puede prevenir el aumento del 0.89 % del costo directo provocado por errores al momento de realizar el cálculo de volumen de movimiento de tierras.
- Del análisis de la diferencia de metrados de movimiento de tierras del expediente técnico con el desarrollado con la metodología BIM se concluye que la partida "Excavación para Estructuras en Material Común Bajo Agua (Estribos y Aletas)" tiene una variación del -62.13%, la partida "Excavación para Estructuras en Material Común en Seco (Estribos y Aletas)" tiene una variación del 1495.65%; esto debido a la falta de consideración de taludes de corte, omisión de excavación, etc.
- La Del análisis de la diferencia de metrados de concreto del expediente técnico con el desarrollado con la metodología BIM se concluye que la partida "Concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, bajo gua en Estribo Menor" tiene una variación del -22.73%, la partida "Concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en Losas de Aproximación tiene una variación del 20.00%, esto debido a que al momento de metrar tradicionalmente no se tiene en cuenta la irregularidad de las estructuras, sin embargo con la metodología BIM se logra calcular el volumen del sólido modelado a detalle.
- Del análisis de la diferencia de metrados de acero del expediente técnico con el desarrollado con la metodología BIM se concluye que la partida "Acero Corrugado  $F_y = 4200$  kg/cm<sup>2</sup> en losa" tiene una variación del 20.14%, la partida "Acero Corrugado  $F_y 4200$  kg/cm<sup>2</sup> en vereda" tiene una variación del 79.92%, la partida "Acero Corrugado  $F_y = 4200$  kg/cm<sup>2</sup> en losa de aproximación" tiene una variación del 157.04%; esto debido a que al momento de metrar tradicionalmente no se tiene en cuenta la longitud de ganchos y longitudes reales de las varillas, esto destaca la importancia de tener en cuenta detalles específicos en el diseño que a menudo se pasan por alto utilizando la metodología tradicional.

- La coordinación de modelos BIM y la programación 4D han sido esenciales para simular el proceso constructivo de manera anticipada. Esto ha permitido identificar y abordar interferencias potenciales antes de la ejecución del proyecto, lo que ha mejorado significativamente la eficiencia en la planificación y ejecución de la obra

## **5.2 Recomendaciones**

- Se sugiere realizar evaluaciones rigurosas de los beneficios de la implementación de BIM en proyectos específicos, incluyendo un análisis de costos y beneficios. Esto ayudará a respaldar la toma de decisiones informadas sobre el uso de BIM en futuros proyectos.
- Dada la eficacia del levantamiento topográfico con drones, se recomienda considerar su uso en proyectos de infraestructura desde las primeras etapas. Esto puede mejorar la precisión de los datos iniciales y contribuir a una mejor planificación y diseño.
- Se recomienda que en las futuras investigaciones sobre metodología BIM, se implemente sobre equipos completos de trabajo, de tal manera que los impactos encontrados se ajusten a la realidad de los proyectos, y se pueda utilizar como base para municipalidades locales, gobiernos regionales, etc.

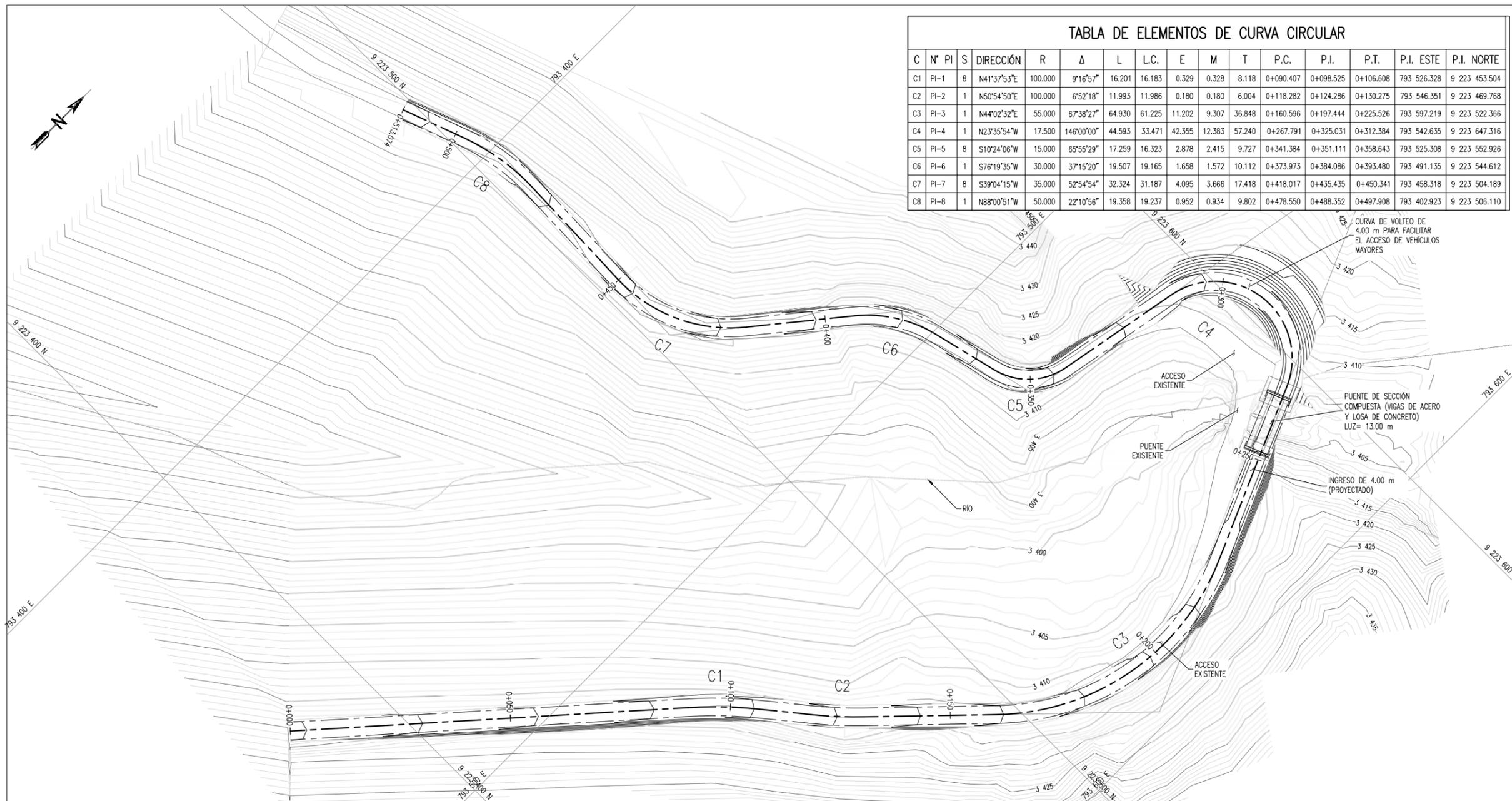
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BuildingSMART Spanish Chapter. 2018. Guía de Usuarios BIM.
- Bermúdez Sarmiento, C. A., & Quintero García, J. (2021). *Beneficios de la Adopción BIM en Proyectos de Infraestructura*. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia.
- Cabellos Rodríguez, J. (2021). *Aplicación De La Metodología VDC/BIM Para El Rediseño Y Construcción En Proyecto De Infraestructura Vial*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Departamento de Ingeniería - Pontificia Universidad Católica del Perú. (2021). *Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificaciones en Lima y Callao*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Eastman, Teicholz, Sacks & Liston (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*: Wiley
- Espadas, G. d. (09 de setiembre de 2022). En *Implementación de la Metodología BIM en el proceso*. Obtenido de [http://www.anp.org.pe/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2029:anp-cajamarca-se-pronuncia-sobre-transporte-publico&catid=65:pronunciamientos&Itemid=95](http://www.anp.org.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=2029:anp-cajamarca-se-pronuncia-sobre-transporte-publico&catid=65:pronunciamientos&Itemid=95)
- Espinoza Menacho, F. J. (2017). *Impacto de la Implementación De La Metodología BRIM en La Construcción del Puente El Tingo y Accesos. San Juan, Cajamarca - Cajamarca*. Lima - Perú: Universidad San Martín de Porres.
- Facility Management Market. (26 de febrero del 2021). *Facility Management Market Size, Share, Growth Report 2030*: Zion Market Research.
- Farfán Tataje, Chavil Pisfil. (2016). *Análisis y Evaluación de la Implementación de la Metodología BIM en Empresas Peruanas*. Lima - Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Flores Cajacuri, Diego G. (2020). *Interacción Entre BIM Y Lean Construction Analizadas en Proyectos De Edificación*. Lima - Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

- IDESIE Business & Tech School. (jueves, abril 15, 2021). Adopción del BIM en el mundo. IDESIE. <https://idesie.com/blog/2021/04/15/adopcion-del-bim-en-el-mundo/>
- INACAL. (2021). *Organización y digitalización de la información en edificaciones y obras de ingeniería civil, incluyendo BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información usando BIM. Parte 1: Conceptos y principios*. Lima: INACAL.
- INEI. (2020) Comportamiento de la Economía Peruana en el Tercer Trimestre de 2020. Lima-Perú
- McKinsey Global Institute. (2017). *Reinventing Construction: A Route To Higher Productivity*. McKinsey & Company.
- MEF (Ministerio de Economía y Finanzas, Perú). 2018. Ciclo de Inversión. Lima, Perú. Consultado 10 jun. 2021. Disponible en: [https://www.mef.gob.pe/es/?option=com\\_content&language=esES&Itemid=10282&lang=es-ES&view=article&id=5520](https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=esES&Itemid=10282&lang=es-ES&view=article&id=5520)
- MEF (Ministerio de Economía y Finanzas, Perú). 2020. Plan de Implementación y Hoja de Ruta Del Plan BIM Perú. Lima, Perú. Comité Editorial del Bicentenario. 11 jul.
- MEF (Ministerio de Economía y Finanzas). 2021a. Nota Técnica. Lima, Perú. Comité Editorial del Bicentenario. 27 jul.
- MEF (Ministerio de Economía y Finanzas). 2021b. Guía Nacional BIM. Comité Editorial del Bicentenario. 27 jul.
- MEF. 2021. Nota Técnica de Introducción BIM: Adopción en la Inversión Pública. Lima.
- MEF. 2023. Guía Técnica BIM para edificaciones e infraestructura. Lima.
- Norma NTP-ISO 19650-1-2021-INACAL. 2021. Norma Técnica Peruana: Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo el modelado de la información de la construcción. Parte 1: Conceptos y Principios. Lima.

- Resolución N.º 073-2010/VIVIENDA/VMCS-DNC, aprobado en el Decreto Supremo N°001-2009- JUS. 2009. Norma Técnica de Metrados para Obras de Edificaciones y Habilitaciones Urbanas. Lima.
- S. Honghong, Y. Gang, L. Haijiang, Z. Tian, J. Annan (2022). Digital twin enhanced BIM to shape full life cycle digital transformation for bridge engineering. ScienceDirect.
- Urteaga Esparza, L. M. 2022. Impacto de la Implementación de la Metodología BIM en la Etapa de Diseño de Proyectos de Vivienda, Desarrollados por Empresas de Consultoría de Obras - Cajamarca 2022. Tesis de grado. Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Vasquez Rivera, Cristhian. (2021). Influencia del contexto de la industria en la adopción BIM de los profesionales de construcción. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Yiannis Xenidis (2022). Building Information Modeling for Bridge Design and Construction. Springer

Anexo 1: Planos de Expediente Técnico.



### TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR

C	N°	PI	S	DIRECCIÓN	R	Δ	L	L.C.	E	M	T	P.C.	P.I.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C1	PI-1	8		N41°37'53"E	100.000	9°16'57"	16.201	16.183	0.329	0.328	8.118	0+090.407	0+098.525	0+106.608	793 526.328	9 223 453.504
C2	PI-2	1		N50°54'50"E	100.000	6°52'18"	11.993	11.986	0.180	0.180	6.004	0+118.282	0+124.286	0+130.275	793 546.351	9 223 469.768
C3	PI-3	1		N44°02'32"E	55.000	67°38'27"	64.930	61.225	11.202	9.307	36.848	0+160.596	0+197.444	0+225.526	793 597.219	9 223 522.366
C4	PI-4	1		N23°35'54"W	17.500	146°00'00"	44.593	33.471	42.355	12.383	57.240	0+267.791	0+325.031	0+312.384	793 542.635	9 223 647.316
C5	PI-5	8		S10°24'06"W	15.000	65°55'29"	17.259	16.323	2.878	2.415	9.727	0+341.384	0+351.111	0+358.643	793 525.308	9 223 552.926
C6	PI-6	1		S76°19'35"W	30.000	37°15'20"	19.507	19.165	1.658	1.572	10.112	0+373.973	0+384.086	0+393.480	793 491.135	9 223 544.612
C7	PI-7	8		S39°04'15"W	35.000	52°54'54"	32.324	31.187	4.095	3.666	17.418	0+418.017	0+435.435	0+450.341	793 458.318	9 223 504.189
C8	PI-8	1		N88°00'51"W	50.000	22°10'56"	19.358	19.237	0.952	0.934	9.802	0+478.550	0+488.352	0+497.908	793 402.923	9 223 506.110

### LEYENDA-PLANTA

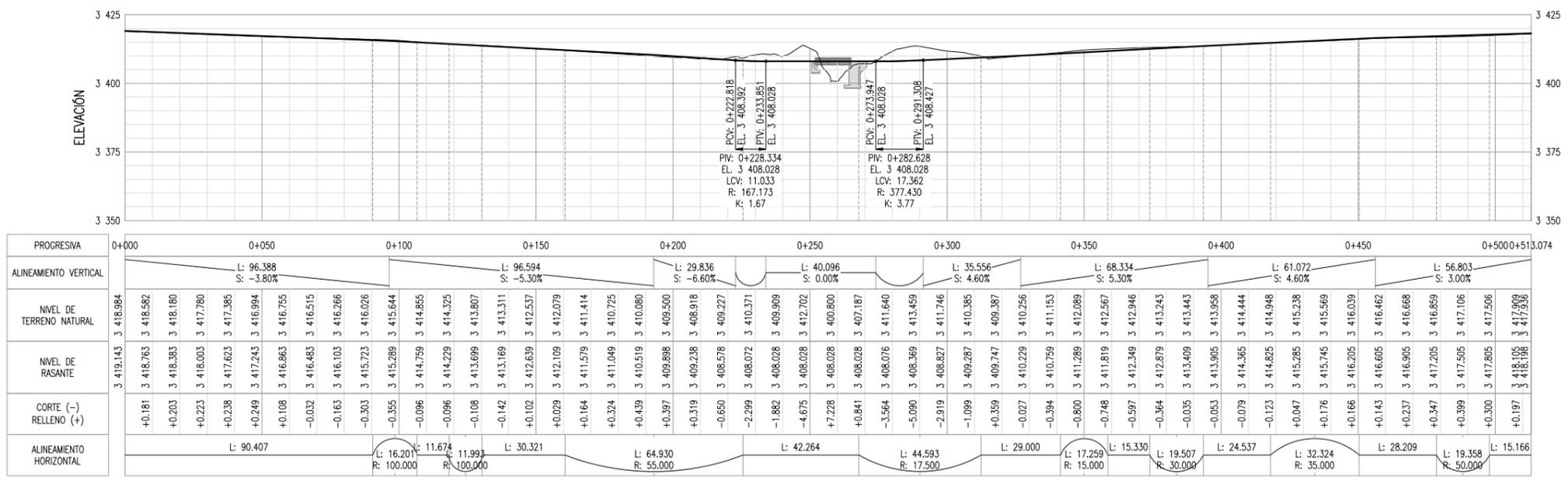
	CURVAS DE NIVEL DE SUPERFICIE INICIAL CADA 1 m
	CURVAS DE NIVEL DE SUPERFICIE FINAL CADA 1 m
	ACCESO EXISTENTE
	ACCESO PROYECTADO
	PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN DE TANGENTES

- ### NOTAS
- EL SISTEMA DE COORDENADAS UTILIZADO ES UTM; DATUM WGS84, ZONA 17 SUR.
  - LAS DIMENSIONES SE ENCUENTRAN EN MILIMETROS Y LAS ELEVACIONES EN METROS.
  - EL PLANTEAMIENTO CONSISTE EN CONSTRUIR EL NUEVO PUENTE AL COSTADO DEL PUENTE EXISTENTE Y SIN AFECTARLO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN.
  - SE CONSTRUIRÁ INGRESO Y SALIDA ACORDE CON NORMATIVAS DE RADIOS DE GIROS PARA EL VEHICULO DE DISEÑO (CAMIÓN DOBLE EJE).

### CUADRO DE VOLÚMENES

ÍTEM	CORTE (m³)	RELLENO (m³)	DESCRIPCIÓN
1	2361.77	114.16	MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA INGRESO Y SALIDA DE PUENTE PROYECTADO
2	-	429.88	AFIRMADO PARA INGRESO Y SALIDA DE PUENTE PROYECTADO

**ARREGLO GENERAL DE PUENTE AL COSTADO DEL PUENTE EXISTENTE**  
Esc. 1:500

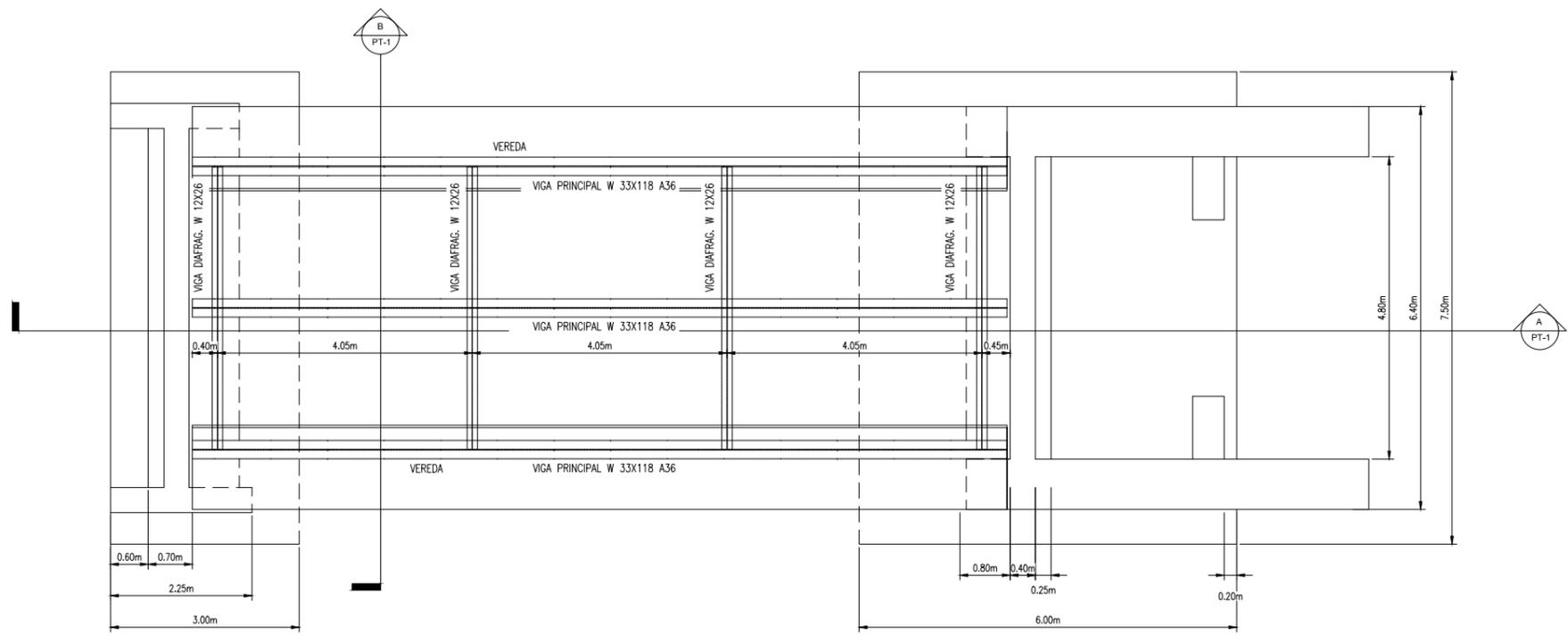


**PERFIL - KM: 0+000 - 0+513**  
Esc. Hor. 1:1 000 - Ver. 1:1 000



PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE CARROZABLE SOBRE EL RIO CANCHA CORRAL EN EL ÁMBITO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA LA ENCAÑADA, DISTRITO LA ENCAÑADA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
PLANO:	ARREGLO GENERAL ALTERNATIVA 02
UBICACIÓN:	DEPARTAMENTO : CAJAMARCA PROVINCIA : CAJAMARCA DISTRITO : ENCAÑADA CASERIOS : PEDREGAL RODACUCHA
DIBUJO:	E.J.H.
PROFESIONAL RESPONSABLE:	RAMIRO ROJAS MACHUCA
FECHA:	ABRIL DE 2023
ESCALA:	1:250

AG-02

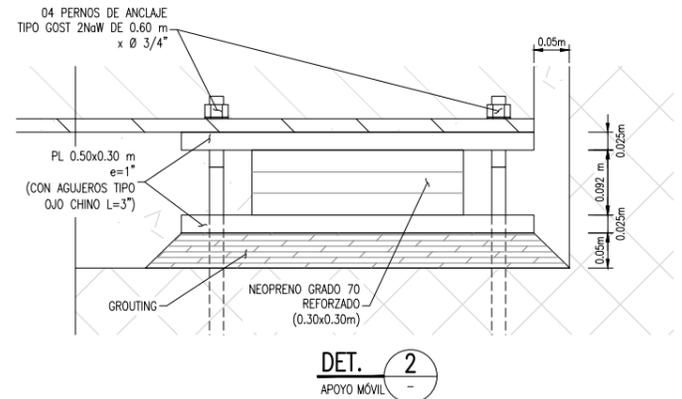
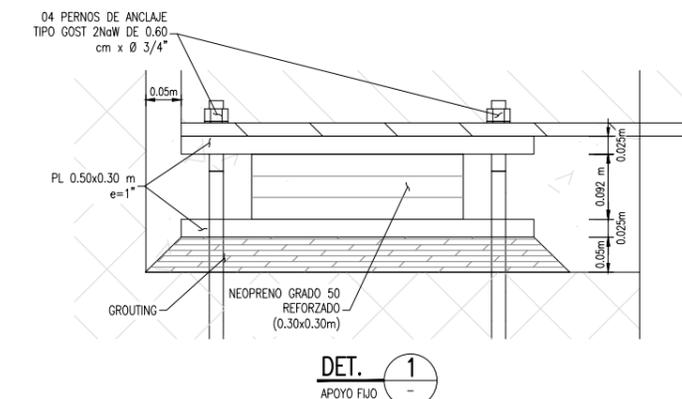
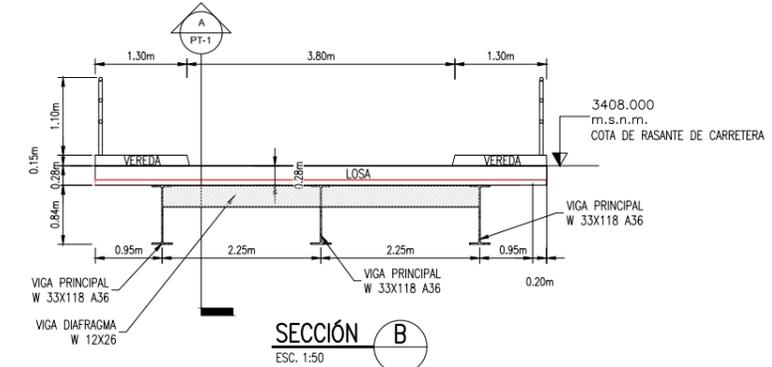
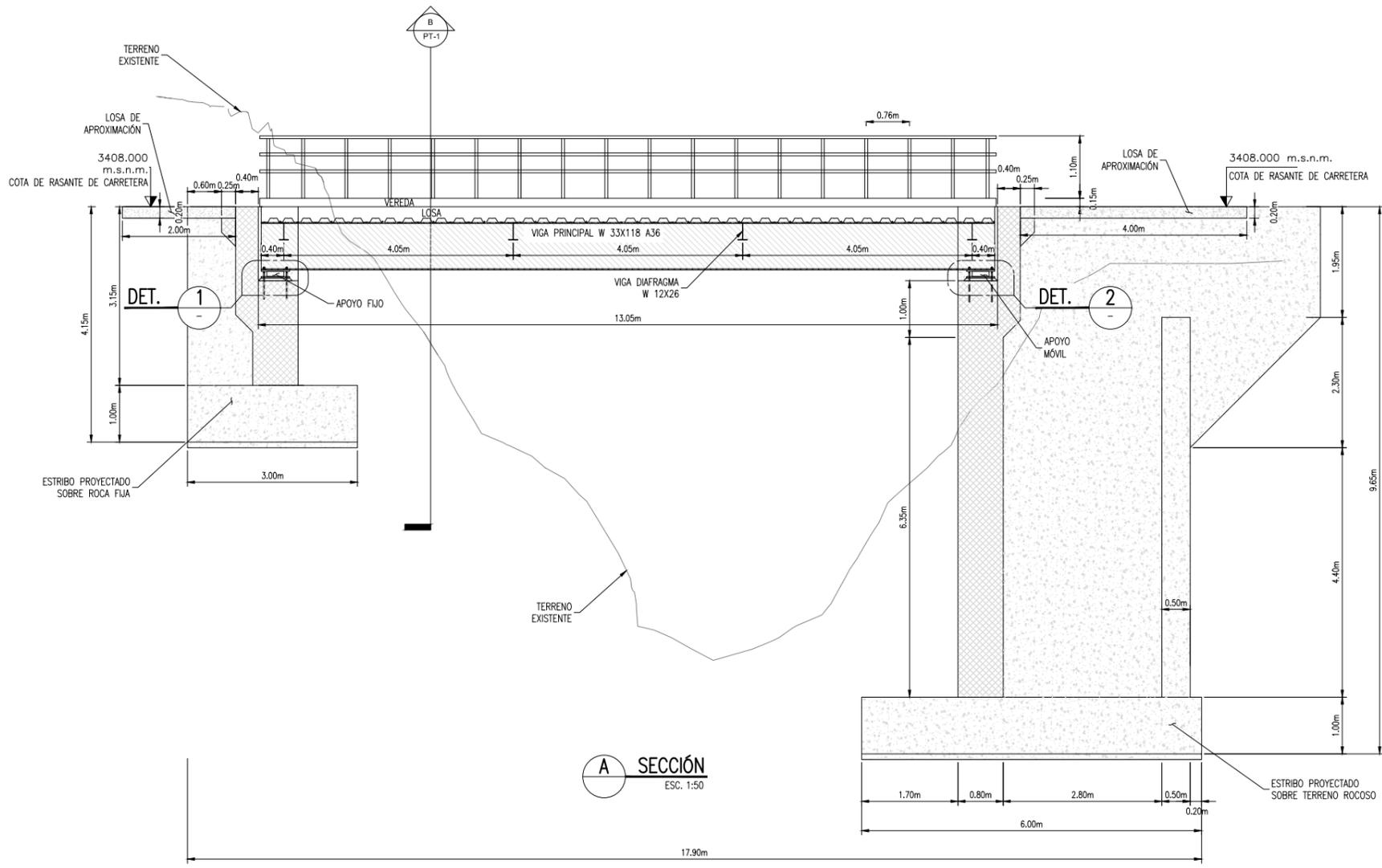


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SUBESTRUCTURA		
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
PESO ESPECÍFICO DEL RELLENO	1680.00	kg/cm <sup>3</sup>
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	27.50	°
ÁNGULO DE FRICCIÓN ESTRIBO/RELLENO	27.50	°
RESISTENCIA DEL TERRENO	1.00	kg/cm <sup>2</sup>
COEFICIENTE DE FRICCIÓN C'/C'	0.70	-
COEFICIENTE DE FRICCIÓN C'/SUELO	0.50	-
ACELERACIÓN SISMO	0.28	g

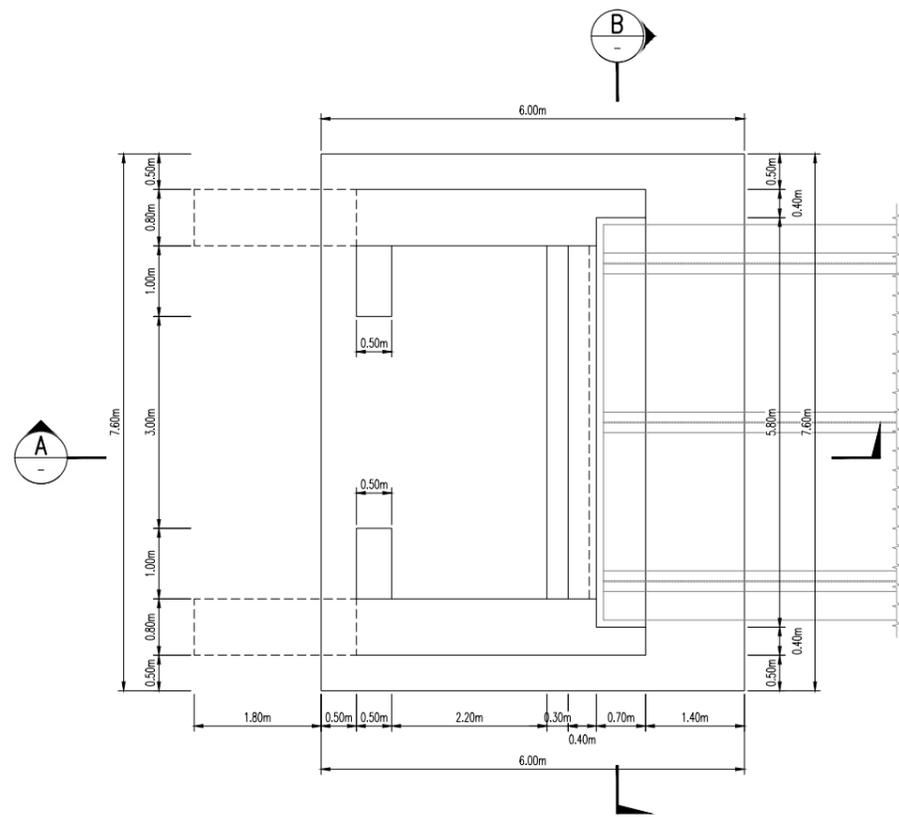
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SUPERESTRUCTURA		
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
LUZ DEL PUENTE ENTRE EJES DE APOYO	12.45	m
LONGITUD TOTAL DEL TABLERO DEL PUENTE	13.00	m
NÚMERO DE VÍAS	1	-
CAMIÓN DE DISEÑO	HL-93	-
SOBRE CARGA PEATONAL	400.00	kg/cm <sup>2</sup>
SOBRE CARGA BARANDA DE METAL	150.00	kg/cm <sup>2</sup>
SOBRE CARGA BARANDA DE CONCRETO	60.00	kg/cm <sup>2</sup>
ACELERACIÓN SISMO	0.28	g
VELOCIDAD DE VIENTO	100.00	km/h

RECUBRIMIENTO DE MATERIALES			
ELEMENTO	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'y (kg/cm <sup>2</sup> )	RECUBRIMIENTO (cm)
LOSA	280.00	4200.00	SUP. = 5.00, INF. = 3.00
VEREDA	280.00	4200.00	3.00
ESTRIBO EN VOLADIZO	280.00	4200.00	10.00
ALETA DE GRAVEDAD	280.00	4200.00	-
JUNTA DE ASFALTO-ARENA ESTRIBO/ALETA e = 5.0 cm			
JUNTA DE ASFALTO-ARENA ESTRIBO/VIGA e = 5.0 cm			

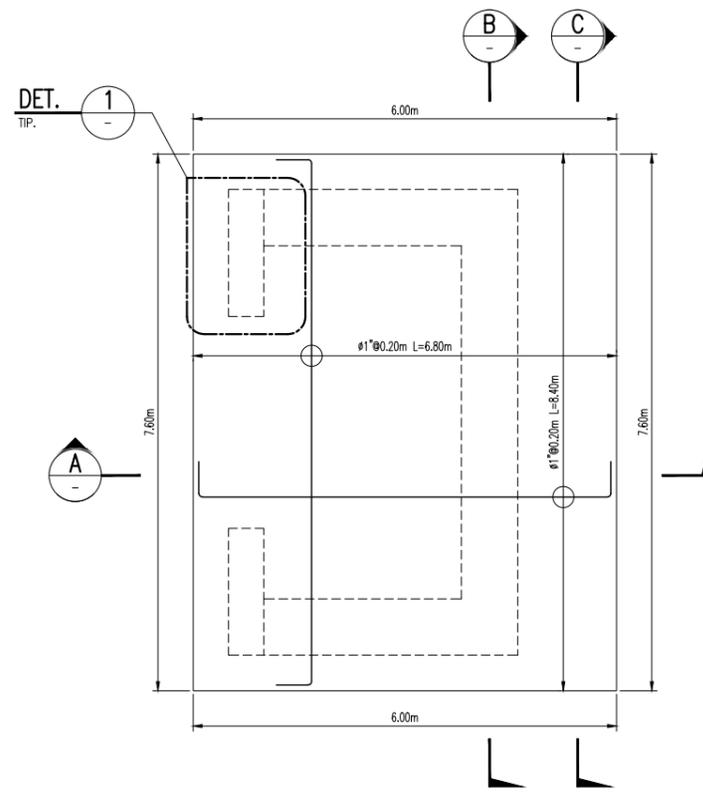
**PUENTE VIGA LOSA L = 13.00 m**  
Esc. 1:50



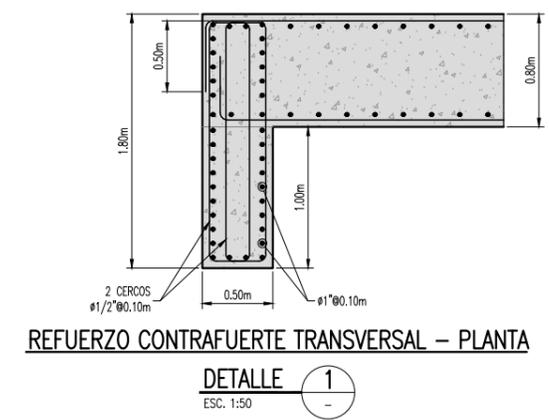
<b>PROYECTO:</b> CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE CARROZABLE SOBRE EL RIO CANCHA CORRAL EN EL ÁMBITO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA LA ENCAÑADA, DISTRITO LA ENCAÑADA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	
<b>PLANO:</b> PUENTE: PLANTA Y SECCIONES ALTERNATIVA 2	
<b>UBICACIÓN:</b> DEPARTAMENTO : CAJAMARCA PROVINCIA : CAJAMARCA DISTRITO : ENCAÑADA CASERIOS : PEDREGAL RODACÓCHA	
<b>DIBUJO:</b> E.J.H	
<b>PROFESIONAL RESPONSABLE:</b> RAMIRO ROJAS MACHUCA	
<b>FECHA:</b> ABRIL DE 2023	<b>LÁMINA:</b> <b>PT-01</b>
<b>ESCALA:</b> NN	



**ENCOFRADO ZAPATA DE ESTRIBO MAYOR – PLANTA**  
ESC. 1:50

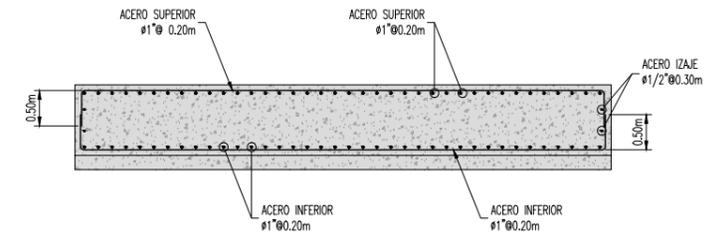


**REFUERZO ZAPATA DE ESTRIBO MAYOR – PLANTA**  
ESC. 1:50



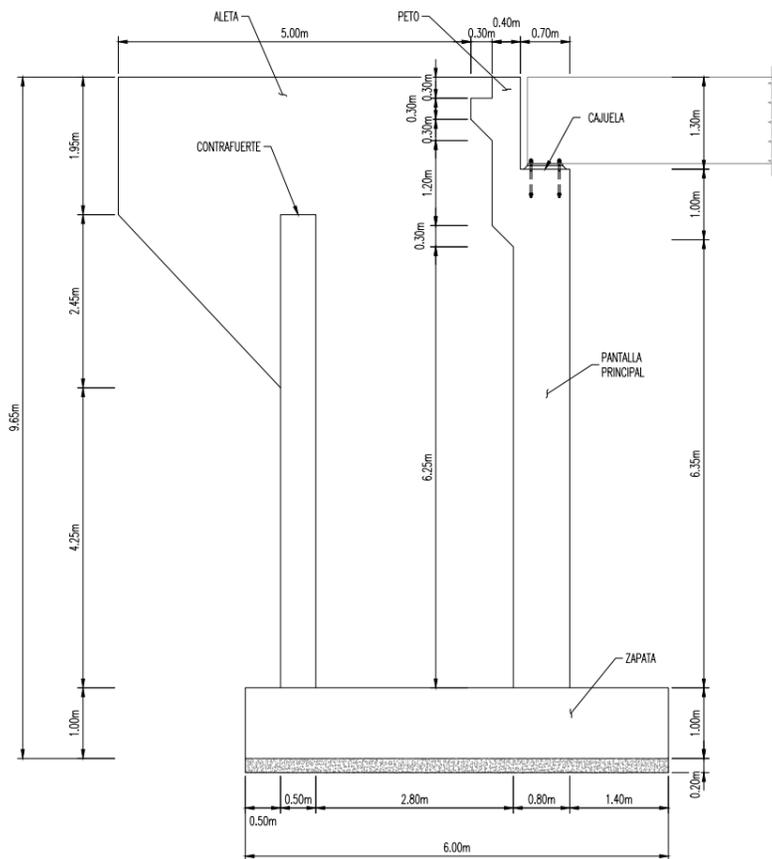
**REFUERZO CONTRAFUERTE TRANSVERSAL – PLANTA**

**DETALLE 1**  
ESC. 1:50



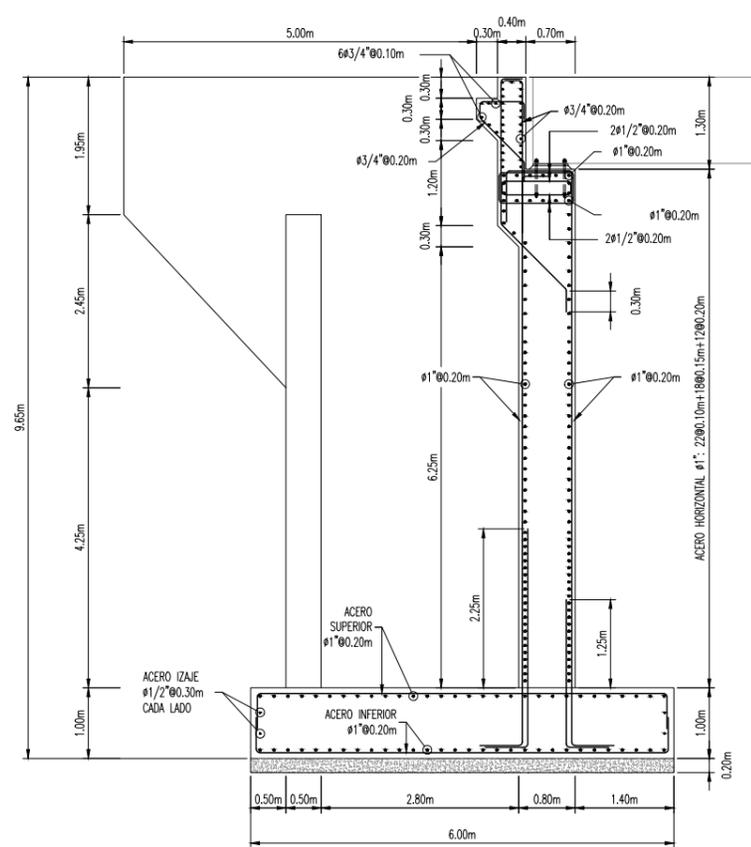
**REFUERZO ZAPATA DE ESTRIBO MAYOR**

**SECCIÓN C**  
ESC. 1:50



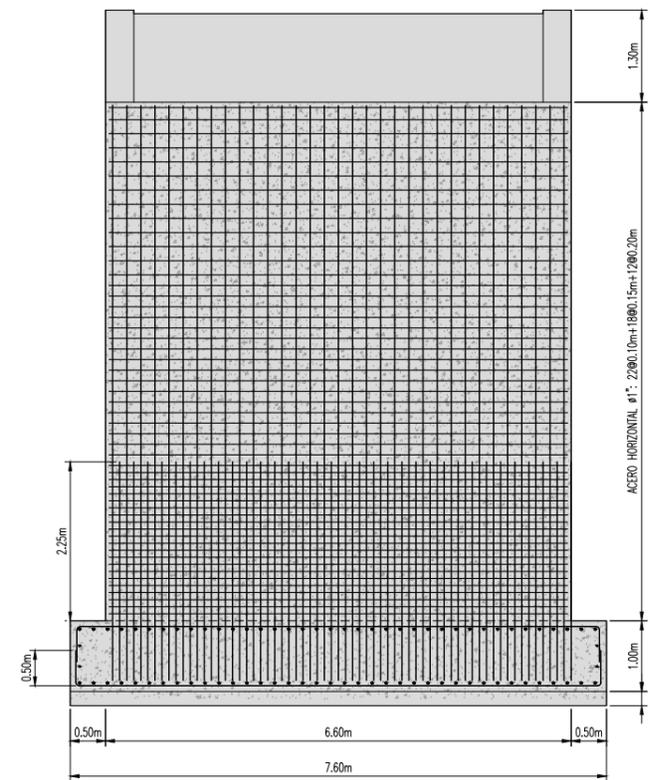
**ENCOFRADO ESTRIBO MAYOR**

**SECCIÓN A**  
ESC. 1:50



**REFUERZO ESTRIBO MAYOR**

**SECCIÓN A**  
ESC. 1:50

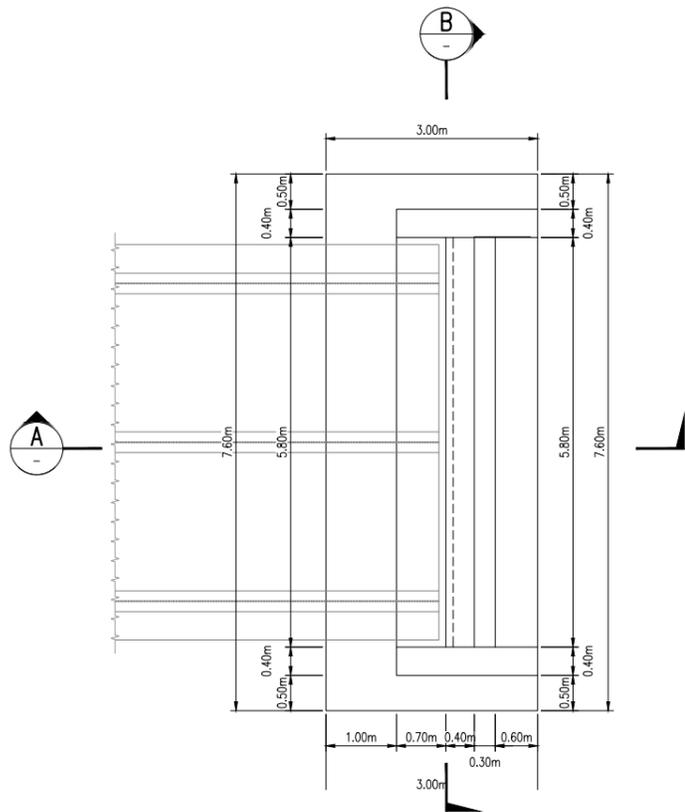


**REFUERZO ESTRIBO MAYOR**

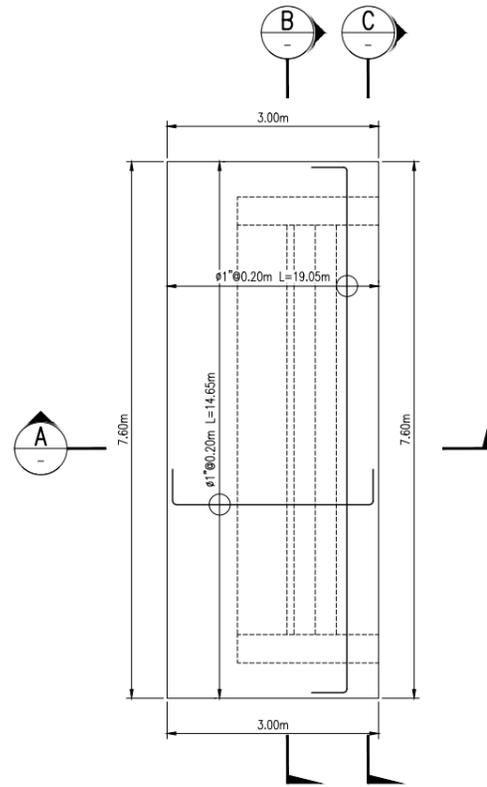
**SECCIÓN B**  
ESC. 1:50



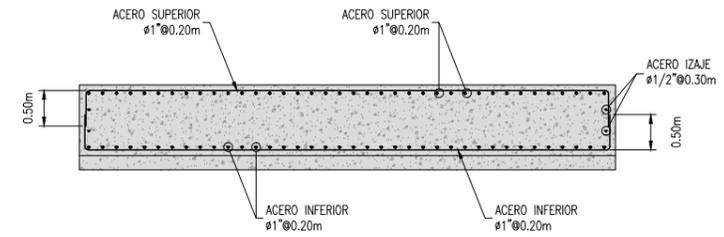
<b>PROYECTO:</b> CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE CARROZABLE SOBRE EL RÍO CANCHA CORRAL EN EL ÁMBITO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA LA ENCAÑADA, DISTRITO LA ENCAÑADA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	
<b>PLANO:</b> SUBESTRUCTURA - ESTRIBO MAYOR PLANTA, SECCIONES Y DETALLES ALTERNATIVA 2	
<b>UBICACIÓN:</b> DEPARTAMENTO : CAJAMARCA PROVINCIA : CAJAMARCA DISTRITO : ENCAÑADA CASERIOS : PEDREGAL RODACOCHA	
<b>DIBUJO:</b> E.D.H.	
<b>PROFESIONAL RESPONSABLE:</b> RAMIRO ROJAS MACHUCA	
<b>FECHA:</b> ABRIL DE 2023	<b>LÁMINA:</b> <b>PT-02</b>
<b>ESCALA:</b> 1:250	



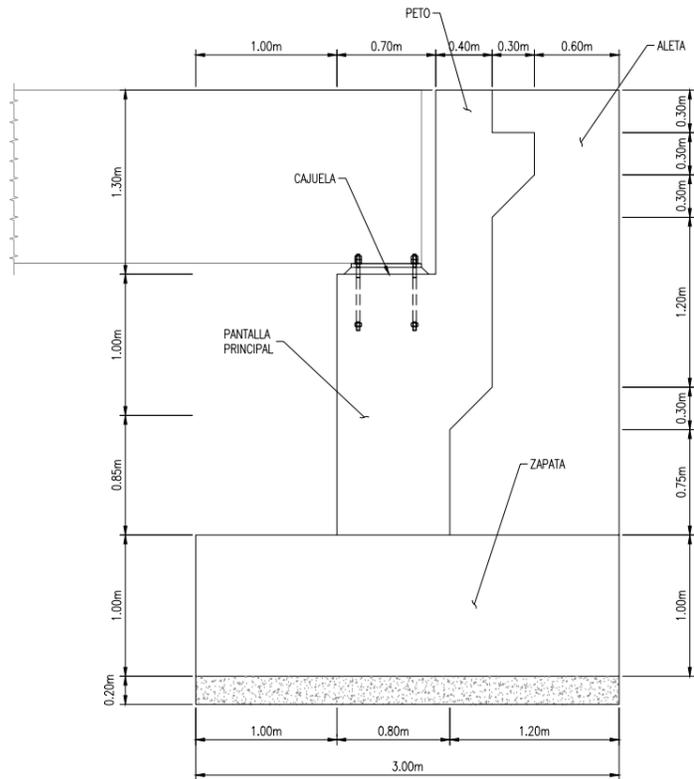
**ENCOFRADO ZAPATA DE ESTRIBO MENOR – PLANTA**  
ESC. 1:50



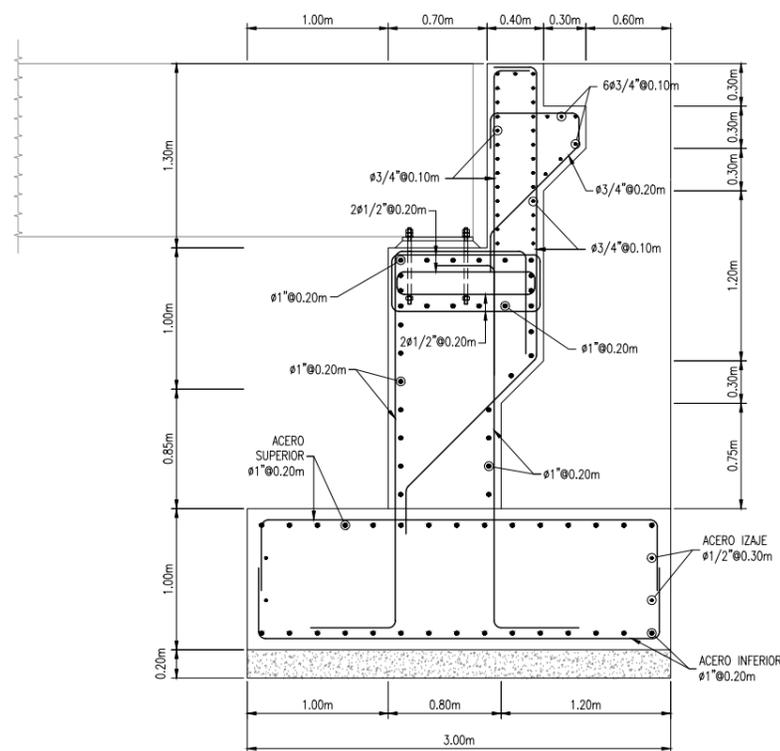
**REFUERZO ZAPATA DE ESTRIBO MENOR – PLANTA**  
ESC. 1:50



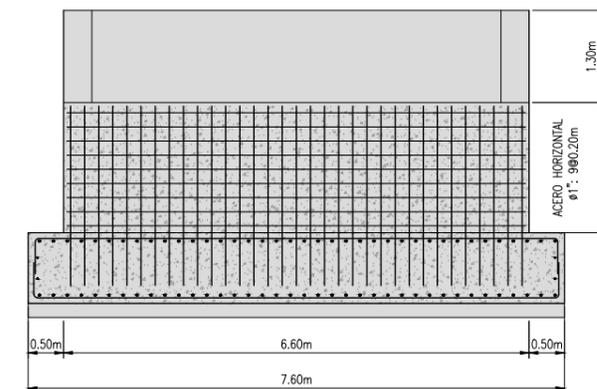
**REFUERZO ZAPATA DE ESTRIBO MENOR**  
**SECCIÓN C**  
ESC. 1:50



**ENCOFRADO ESTRIBO MENOR**  
**SECCIÓN A**  
ESC. 1:50



**REFUERZO ESTRIBO MENOR**  
**SECCIÓN A**  
ESC. 1:50



**REFUERZO ESTRIBO MENOR**  
**SECCIÓN B**  
ESC. 1:50



<b>PROYECTO:</b> CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE CARROZABLE SOBRE EL RÍO CANCHA CORRAL EN EL ÁMBITO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA LA ENCAÑADA, DISTRITO LA ENCAÑADA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	
<b>PLANO:</b> SUBESTRUCTURA - ESTRIBO MENOR PLANTA, SECCIONES Y DETALLES ALTERNATIVA 2	
<b>UBICACIÓN:</b> DEPARTAMENTO : CAJAMARCA PROVINCIA : CAJAMARCA DISTRITO : ENCAÑADA CASERIOS : PEDREGAL RODACOCHA	
<b>DIBUJO:</b> E.D.H.	
<b>PROFESIONAL RESPONSABLE:</b> RAMIRO ROJAS MACHUCA	
<b>FECHA:</b> ABRIL DE 2023	<b>LÁMINA:</b> <b>PT-03</b>
<b>ESCALA:</b> 1:250	