



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



Tesis

Aplicación de la metodología BIM en el Diseño Geométrico y construcción de un proyecto vial en el distrito de Cutervo - Provincia Cutervo- Departamento Cajamarca 2024.

Para obtener el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Arteaga Paz Brayan Nilson

Autor

Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos

Asesor

Lambayeque – Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis

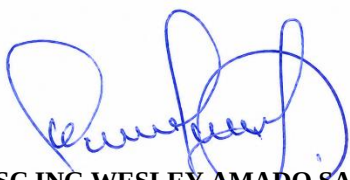
Aplicación de la metodología BIM en el Diseño Geométrico y construcción de un proyecto vial en el distrito de Cutervo - Provincia Cutervo- Departamento Cajamarca 2024.

Para obtener el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL JURADO


DRA.ING.YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY
PRESIDENTE


MSC.ING.WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO
SECRETARIO


MSC.ING.ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA
VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis

Aplicación de la metodología BIM en el Diseño Geométrico y construcción de un proyecto vial en el distrito de Cutervo - Provincia Cutervo- Departamento Cajamarca 2024.

Para obtener el Título Profesional de:

Ingeniero Civil


Bach. ARTEAGA PAZ BRAYAN NILSON
AUTOR


DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
ASESOR



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 038-2026-UI-FICSA

Siendo las 11:00 am del día 20 de agosto del 2026, se reunieron los miembros de jurado de la Tesis titulada: **“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROYECTO VIAL EN EL DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA CUTERVO-DEPARTAMENTO CAJAMARCA 2024”**, con código N° IC_V_2024_061, y designado por Resolución Decanal N° 725-2024-UNPRG-FICSA con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis profesional antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY
MSC. ING. WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO
MSC. ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA

PRESIDENTE
SECRETARIO
VOCAL

Asesorado por DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS.

El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL N° 194-2026-UIFICSA, la tesis profesional fue presentada y sustentada por el Bachiller: **BRAYAN NILSON ARTEAGA PAZ**, tuvo una duración de 60 minutos Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva:

BRAYAN NILSON ARTEAGA PAZ

NUMERO

LETRAS

CALIFICATIVO

17 DIECISIETE BUENO

Por lo que queda APTO para obtener el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil De Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 1200; del mismo día, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY
PRESIDENTE

MSC. ING. WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO
SECRETARIO

MSC. ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA
VOCAL

DR.ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
ASESOR



CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Yo Hamilton Vladimir Cueva Campos, usuario revisor de Tesis ☒
Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ y/o Trabajo Académico ☐

Titulado: "APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROYECTO VIAL EN EL DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA CUTERVO- DEPARTAMENTO CAJAMARCA 2024"

Cuyo autor (es) Brayan Nilson Arteaga Paz; con DNI N° 75512431; con DNI N° 75512431; declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 19 %, verificables en el Resumen del Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos,

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque,16..... dejunio..... del 2026


.....
Firma (Asesor)

Nombres y Apellidos: Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos

DNI:41564701.....

Se adjunta:

Resumen de Reporte automatizado de similitudes
Recibo digital

Aplicación de la metodología BIM en el Diseño Geométrico y construcción de un proyecto vial en el distrito de Cutervo - Provincia Cutervo- Departamento Cajamarca 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	17%	5%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	2%
	Fuente de Internet	
2	repositorioacademico.upc.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
3	Submitted to uncedu	1%
	Trabajo del estudiante	
4	repositorio.uch.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	1%
	Trabajo del estudiante	
6	riunet.upv.es	<1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.unc.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
9	repositorio.unprg.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
10	alicia.concytec.gob.pe	<1%
	Fuente de Internet	
11	repositorio.uandina.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

12

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

13

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

14

gis.proviasnac.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

15

tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

16

repositorio.upt.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

17

repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

18

Submitted to Universidad Tecnologica del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

19

repositorio.usmp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

20

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

21

Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego 2025

Trabajo del estudiante

<1 %

22

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1 %

23

www.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad Nacional de Ingenieria Trabajo del estudiante	<1 %
28	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
29	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
31	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	revistas.unilibre.edu.co Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to Coventry University Trabajo del estudiante	<1 %
35	hv.diva-portal.org Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.upecen.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

39	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %
40	cadenaser.com Fuente de Internet	<1 %
41	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
42	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
43	www.mef.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
44	Omar Sanchez, Karen Castaneda, Rodrigo F. Herrera, Eugenio Pellicer, Laura Almanza, Ricardo Cadavid. "Cost Deviation Causes in Colombian Construction Projects: A Frequency and Severity Analysis", 2021 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI), 2021 Publicación	<1 %
45	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	<1 %
46	Submitted to Escuela de Posgrado Newman Trabajo del estudiante	<1 %
47	repositorio.unimayor.edu.co Fuente de Internet	<1 %
48	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
49	fct.ualg.pt Fuente de Internet	<1 %
50	revistaevsos.com Fuente de Internet	<1 %



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Brayan Nilson Arteaga Paz
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Aplicación de la metodología BIM en el Diseño Geométrico y c...
Nombre del archivo: TESIS_FINAL_PRESENTAR_-ARTEAGA_PAZ_1.pdf
Tamaño del archivo: 13.41M
Total páginas: 195
Total de palabras: 30,725
Total de caracteres: 179,374
Fecha de entrega: 15-may-2026 11:44a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2962086882



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



Tesis
**Aplicación de la metodología BIM en el Diseño
Geométrico y construcción de un proyecto vial
en el distrito de Cutervo - Provincia Cutervo-
Departamento Cajamarca 2024.**

Para obtener el Título Profesional de:
Ingeniero(a) Civil

Arteaga Paz Brayan Nilson
Autor

Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos
Asesor

Lambayeque - Perú
2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía y mi fortaleza en cada paso del camino.

Y a mis padres, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional, que han sido la base de cada uno de mis logros.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme, fortalecerme y permitirme llegar hasta aquí. Su sabiduría y cuidado hicieron posible la culminación de este trabajo.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme con su ejemplo a perseverar. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Este logro también es de ustedes.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.1. Síntesis de la situación problemática.....	18
1.2. Formulación del problema de investigación.....	21
1.3. Justificación de la investigación	21
1.4. Objetivo general	22
1.5. Objetivo específico.....	22
1.6. Hipótesis de la investigación	22
CAPÍTULO II: DISEÑO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.2. Bases teóricas	33
2.3. Base Conceptual	45
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	48
3.1. Tipificación de la investigación.....	48
3.2. Tabla de operacionalización de variable	50
3.3. Población y Muestra	52

3.4. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales	52
3.5. Descripción general	55
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	63
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	186
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.....	190
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	191
BIBLIOGRAFÍA.....	192

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tramos.....	57
Tabla 2 Ubicación de los badenes	131
Tabla 3 Resumen de actividades de mantenimiento periódico, según jerarquía de intervención	135
Tabla 4 Resumen de tabla consolidada.....	138
Tabla 5 Acero total de las 8 alcantarillas.....	141
Tabla 6 Comparación del costo del acero de las 8 alcantarillas	141
Tabla 7 Volumen de concreto total de las 8 alcantarillas	142
Tabla 8 Comparación del costo del concreto en las 8 alcantarillas	142
Tabla 9 Volumen de concreto total del baden.	144
Tabla 10 Comparación del costo del concreto en los badenes	145
Tabla 11 Acero total del puente de 18 metros	147
Tabla 12 Comparación del costo del concreto del puente de 18m	147
Tabla 13 Volumen del concreto en estribos del puente de 18 m.	148
Tabla 14 Comparación del costo del concreto en estribos del puente de 18m.....	149
Tabla 15 Volumen de concreto total en viga principal del puente de 18 m	149
Tabla 16 Comparación del costo del concreto en viga principal del puente de 18m ...	150
Tabla 17 Volumen del concreto total en viga diafragma del puente de 18 m	150
Tabla 18 Comparación del costo del concreto en viga diafragma del puente de 18m .	151
Tabla 19 Volumen de concreto total de losa del puente de 18 m.....	152
Tabla 20 Comparación del costo del concreto en losa del puente de 18m.....	152
Tabla 21 Volumen de concreto total de vereda del puente de 18 m.....	153
Tabla 22 Comparación del costo del concreto en vereda del puente de 18m.....	153
Tabla 23 Cantidad de tipo acero del Pontón de 8 metros en Revit.....	155
Tabla 24 Acero total del pontón de 8 metros	155

Tabla 25 Comparación del costo del acero del pontón de 8m.....	156
Tabla 26 Volumen de concreto total en los estribos del pontón de 8 metros	156
Tabla 27 Comparación del costo del concreto en los estribos del pontón de 8m.....	157
Tabla 28 Volumen de concreto total de la losa del puente de 8 m	158
Tabla 29 Comparación del costo del concreto en la losa del pontón de 8m.....	158
Tabla 30 Volumen de concreto total de la vereda del pontón de 8 m	159
Tabla 31 Comparación del costo de la vereda en la losa del pontón de 8m.....	159
Tabla 32 Resumen de costos de las partidas en comparación con BIM.....	160
Tabla 33 Comparación de volúmenes de corte y relleno de 0+00 hasta 8+145.10	162
Tabla 34 Tiempo con metodología tradicional vs BIM.....	163
Tabla 35 Resumen de criterios para señales de velocidad máxima (r-2)	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principios de adopción y uso de BIM	38
Figura 2 Localización del proyecto y ubicación de cantera Rambrán.....	56
Figura 3 Coordenadas de los puntos inicial y final	58
Figura 4 Flujo de trabajo del pre-diseño en Infracworks y civil 3d	63
Figura 5 Ventana principal de Infracworks	64
Figura 6 Designación del nombre y ubicación del proyecto	65
Figura 7 Modelado creado y cerrado.....	66
Figura 8 Modelo del proyecto creado.....	66
Figura 9 Área delimitada en el proyecto	67
Figura 10 Espacio de trabajo con las coordenadas	69
Figura 11 Configuración de la nube de los puntos en el proyecto	69
Figura 12 Revisión de los puntos en la nube RCS	70
Figura 13 Visualización de configuración de los puntos con espesor.....	71
Figura 14 Visualización a una escala cromática de la vía	71
Figura 15 Vía en elevación e intensidad.....	72
Figura 16 Generación de terreno a partir de nube de puntos.....	73
Figura 17 Interfaz de generación de terreno a partir de nube de puntos	74
Figura 18 Procesamiento de la superficie del terreno - 01	74
Figura 19 Visualización de la superficie del terreno completo	75
Figura 20 Procesamiento de dos líneas en el proyecto.....	75
Figura 21 Visualización de las dos líneas en el proyecto completo	76
Figura 22 Exportación del archivo tipo SHP de InfracWorks a Civil 3D.....	77
Figura 23 Configuración de la ubicación UTM en el proyecto.....	77
Figura 24 Importación a la nube de puntos - Archivo RES.....	78
Figura 25 Visualización del inicio y termino de la carretera.....	78

Figura 26 Generación de la superficie TN.....	80
Figura 27 Trazado de línea de base para el alineamiento de la carretera	81
Figura 28 Alineamiento de la carretera	81
Figura 29 Corredor de la carretera principal	82
Figura 30 Imagen del interfaz de Civil 3D	83
Figura 31 Configuración del entorno de Civil 3D	84
Figura 32 Configuración de coordenadas del proyecto en Civil 3D	85
Figura 33 Sitio denominado "CARRETERA CUTERVO" en Civil 3D.....	86
Figura 34 Configuración de ubicación del proyecto en Civil 3D.....	86
Figura 35 Visualización de líneas para superficie del proyecto en Civil 3D	87
Figura 36 Creación de superficie.....	87
Figura 37 Adición de curvas de nivel de superficie del proyecto	88
Figura 38 Selección de las líneas de curvas y suprimir	88
Figura 39 Edición de curvas de nivel de superficie del proyecto.....	89
Figura 40 Copia y pegado en coordenadas originales de línea base de la carretera.....	90
Figura 41 Trazo de alineamiento en civil 3D	91
Figura 42 Propiedades de la alineación	91
Figura 43 Creación de perfil longitudinal.....	92
Figura 44 Creación de rasante de perfil longitudinal	92
Figura 45 Adición de áreas de corte y relleno	93
Figura 46 Edición de guitarras o etiquetas de perfil.....	94
Figura 47 Creación de subrasante.....	94
Figura 48 Subrasante de perfil longitudinal tramo I (progresiva 0 km hasta 1400km)..	95
Figura 49 Tipo de suelo presente, según progresivas por cada tramo	96
Figura 50 Creación de ensamblajes y sub-ensamblajes.....	97

Figura 51 Propiedades de ensamblaje - Material suelto	97
Figura 52 Propiedades de ensamblaje - Roca suelta.....	98
Figura 53 Propiedades de ensamblaje - Roca fija.....	99
Figura 54 Creación del corredor vial	100
Figura 55 Aplicación del peralte a lo largo de una de las curvas del proyecto	102
Figura 56 Creación de vista de peralte	102
Figura 57 Creación de líneas de muestreo.....	103
Figura 58 Selección del alineamiento de cada seccion de la carretera.....	103
Figura 59 Selección de la superficie de la carretera el corredor y la superficie del corredor alineamiento de cada seccion de la carretera.....	104
Figura 60 Creación de líneas de muestreo por intervalo PK	104
Figura 61 Vista de las líneas de muestreo en la vía.....	105
Figura 62 Creación de Líneas de muestreo para secciones transversales (corte y relleno)	106
Figura 63 Creación de secciones transversales (corte y relleno).....	108
Figura 64 Obtención del cálculo de volúmenes.....	108
Figura 65 Creación de volúmenes totales.....	108
Figura 66 Creación de Puntos geodesicos en civil 3d.	109
Figura 67 Importación BMs en civil 3d a partir de archivo de notas txt.	109
Figura 68 Proyección de los puntos geodésicos en la rasante del perfil longitudinal ..	110
Figura 69 Edición de estilo de Puntos geodésicos.....	111
Figura 70 Detección de Interferencias en Infracworks – 01	112
Figura 71 Detección de Interferencias en Infracworks - 02	112
Figura 72 Detección de Interferencias en Infracworks – 03	113
Figura 73 Detección de Interferencias en Infracworks - 04	113

Figura 74 Detección de Interferencias en Infraworks - 05	114
Figura 75 Detección de Interferencias en Infraworks - 06	114
Figura 76 Detección de Interferencias en Infraworks - 07	115
Figura 77 Detección de Interferencias en Infraworks - 08	115
Figura 78 Detección de Interferencias en Infraworks – 09	116
Figura 79 Detección de Interferencias en Infraworks - 10	116
Figura 80 Detección de Interferencias en Infraworks – 11	117
Figura 81 Detección de Interferencias en Expediente	117
Figura 82 Visualización de la vía en Infraworks	118
Figura 83 Evidencia de hidrografía según informes.....	119
Figura 84 Configuración de umbral de 100.....	120
Figura 85 Ubicación del tipo de alcantarillas según progresiva.....	120
Figura 86 Identificación de la ubicación de las alcantarillas según progresiva en Infraworks	121
Figura 87 Identificación de la primera alcantarilla.....	122
Figura 88 Identificación de la segunda alcantarilla	122
Figura 89 Identificación de la tercera alcantarilla	123
Figura 90 Identificación de la cuarta alcantarilla	123
Figura 91 Identificación de la quinta alcantarilla	124
Figura 92 Identificación de una quebrada	125
Figura 93 Identificación de la sexta alcantarilla.....	126
Figura 94 Identificación de la séptima alcantarilla.....	126
Figura 95 Identificación de la octava alcantarilla.....	127
Figura 96 Diseño de la alcantarilla en planta y detalle.....	127
Figura 97 Identificación del sentido del flujo de cada alcantarilla.....	128

Figura 98 Detalle del diámetro de la tubería	129
Figura 99 Identificación del primer baden	131
Figura 100 Identificación del segundo baden.....	132
Figura 101 Identificación del tercer baden	132
Figura 102 Identificación del primer pontón.....	134
Figura 103 Identificación del segundo pontón	135
Figura 104 Modelo de alcantarilla aguas arriba	139
Figura 105 Tipo y distribución del acero en alcantarilla	140
Figura 106 Cantidad de acero de la alcantarilla	140
Figura 107 Cantidad de volumen de concreto del baden en Revit	143
Figura 108 Modelo del puente de 18 metros	145
Figura 109 Cantidad de acero del puente de 18 metros.....	146
Figura 110 Modelo del pontón de 8 metros.....	154
Figura 111 Tabla extraídas de los volúmenes de corte y relleno de la Metodología Tradicional.....	160
Figura 112 Tabla extraídas de los volúmenes de corte y relleno - BIM.....	161
Figura 113 Comparación de volúmenes de corte y relleno de 0+00 hasta 8+145.10...	162
Figura 114 Ubicación del puente de 18m.....	165
Figura 115 Ubicación del pontón de 8m	166
Figura 116 Cronograma realizado en Navisworks	169
Figura 117 Análisis de interferencias del modelo vial en Navisworks	170
Figura 118 Interferencia de la vía por debajo del terreno.....	171
Figura 119 Interferencia del trazo del terreno	172
Figura 120 Interferencia en toda la longitud del trazo de la vía.....	173
Figura 121 Interferencia del dibujo de la carretera.....	174

Figura 122 Interferencia estructural entre elementos laterales del puente de 18m	175
Figura 123 Interferencia estructural del acero en losa del puente de 18m	176
Figura 124 Interferencia estructural entre plataforma y elemento lateral del pontón de 8m	177
Figura 125 Interferencia estructural del acero entre losa y muro del pontón de 8m	178
Figura 126 Interferencia estructural entre alcantarillas y trazo de la vía.....	179
Figura 127 Interferencia estructural del muro de las alcantarillas y vía.....	180
Figura 128 Interferencia de alcantarilla mal alineada con la carretera.....	180
Figura 129 Interferencia del armado del acero en muro de alcantarillas.....	181
Figura 130 Interferencia de losa elevada en el muro de las alcantarillas	182
Figura 131 Interferencia del armado del acero en losa de alcantarillas.....	183
Figura 132 Interferencia en el dibujo de las estructuras	184
Figura 133 Interferencia del armado de acero entre conexión de muros y alas de alcantarillas	184

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la eficacia de la metodología BIM frente al método tradicional en el diseño, presupuesto y planificación de la carretera Muñoño, Caballopampa, Patahuaz, en Cutervo. El estudio se orienta a tres objetivos específicos reducir costos de diseño y construcción, optimizar el tiempo de ejecución y mejorar la precisión en la estimación de plazos del proyecto vial. Los resultados evidencian que la implementación de BIM ajusta valores más reales, incrementando el costo directo de S/ 5,816,906.33 a S/ 6,041,081.53, con una variación de S/ 224,175.20 (3.85%), debido a la corrección de metrados en partidas como alcantarillas, badenes, puente de 18 m, pontón y movimiento de tierras, donde el método tradicional presentaba subestimaciones. En la planificación, BIM permitió reducir el plazo de ejecución de 180 a 165 días calendario, equivalente a 15 días (8.33%), gracias a una mejor coordinación y secuenciación constructiva. Asimismo, la integración del modelo BIM con los rendimientos permitió obtener un cronograma más coherente y confiable, basado en cantidades reales de obra. Se concluye que BIM mejora la precisión técnica, optimiza la planificación y brinda mayor confiabilidad en la gestión de proyectos viales, consolidándose como una herramienta más eficiente frente al enfoque tradicional.

Palabras claves: BIM, costo, planificación, metrados, carretera

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the effectiveness of the BIM methodology compared to traditional methods in the design, budgeting, and planning of the Muñoño, Caballopampa, Patahuaz highway in Cutervo. The study focuses on three specific objectives: reducing design and construction costs, optimizing construction time, and improving the accuracy of project timeline estimates. The results show that the implementation of BIM yields more realistic figures, increasing the direct cost from S/ 5,816,906.33 to S/ 6,041,081.53, with a variation of S/ 224,175.20 (3.85%), due to the correction of measurements in items such as culverts, speed bumps, an 18-meter bridge, a pontoon, and earthworks, where the traditional method had underestimated the quantities. In planning, BIM allowed the execution period to be reduced from 180 to 165 calendar days, equivalent to 15 days (8.33%), thanks to better coordination and construction sequencing. Likewise, integrating the BIM model with performance data yielded a more consistent and reliable schedule, based on actual quantities of work. It is concluded that BIM improves technical accuracy, optimizes planning, and provides greater reliability in road project management, establishing itself as a more efficient tool compared to the traditional approach.

Keywords: BIM, cost, planning, quantity takeoffs, highway

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Síntesis de la situación problemática

La complejidad de los proyectos de construcción está aumentando, la cantidad de información contenida en el proyecto requiere suficiente revisión y compatibilidad del diseño del proyecto antes de llegar a la fase de construcción, la detección y corrección oportuna de errores en la documentación técnica es una de las principales razones de retrasos y paros en los trabajos.

Actualmente, los proyectos peruanos vinculados con infraestructura vial presentan diversos problemas originados por incompatibilidades, inconsistencias y errores que se generan durante las etapas de diseño. Estas deficiencias suelen provocar sobrecostos, cambios inesperados en la fase de ejecución y demoras en los plazos previstos, afectando directamente la competitividad del sector construcción en el país. Asimismo, los métodos tradicionales de planificación, sustentados principalmente en planos en 2D, cronogramas limitados y presupuestos poco actualizados, han demostrado ser insuficientes para una adecuada gestión de proyectos de ingeniería civil, sobre todo en un contexto donde el trabajo colaborativo viene cobrando mayor importancia desde hace varios años. Por otro lado, la revisión bibliográfica permitió analizar tanto las dificultades presentes en la ejecución de proyectos como las causas que las originan. Entre los principales factores identificados destaca el sobrecosto, tema estudiado por Herrera y colaboradores en investigaciones relacionadas con los elementos que influyen en este problema (Castañeda et al., 2020). Esta situación no solo se presenta en países en vías de desarrollo, sino también en naciones desarrolladas, como lo demuestra el estudio realizado por Molin et al. (2012) en los Países Bajos, donde se evaluó una problemática similar.

En Colombia, Moreno y Villa (2020) destacan que en los últimos años se ha incrementado la preocupación por los problemas presentes en los proyectos de

infraestructura vial, especialmente aquellos relacionados con sobrecostos, actos de corrupción y el enfoque del desarrollo de las obras. Esta situación evidencia la importancia de implementar una gestión integral de proyectos que contribuya al crecimiento del país y, al mismo tiempo, reduzca los impactos económicos ocasionados por retrasos y deficiencias durante la ejecución.

Frente a esta problemática, surge como alternativa la aplicación de modelos BIM 3D, los cuales permiten desarrollar representaciones tridimensionales de la información de construcción para mejorar la visualización y detectar incompatibilidades entre los documentos de diseño antes de iniciar la etapa constructiva. Este enfoque se basa en el concepto de “construir dos veces”: primero mediante una simulación virtual, donde es posible identificar y corregir errores de diseño, optimizando así el modelo de ingeniería; y posteriormente en la construcción real, donde se disminuyen considerablemente las fallas, favoreciendo una mejor planificación, control de procesos, productividad y seguridad en obra (Dos Santos et al., 2023).

De acuerdo con la ODS 9 (2023), que aborda el tema "Industria, Innovación e Infraestructura", es importante promover el desarrollo sostenible mediante la construcción de infraestructuras sólidas, la promoción de la innovación y la promoción de una industrialización inclusiva y sostenible. En este contexto, para garantizar una planificación y ejecución efectiva de proyectos viales, este estudio propone la aplicación de la metodología colaborativa como una de las estrategias viables en los procesos BIM.

La industria de la construcción viene experimentando avances importantes; sin embargo, su incorporación tecnológica aún se desarrolla de manera gradual. Actualmente, el sector atraviesa una transición desde los sistemas CAD (diseño asistido por computadora) hacia metodologías BIM (modelado de información de construcción), apoyadas por tecnologías VDC (Virtual Design and Construction). A pesar de ello, el uso

de BIM todavía no se aprovecha plenamente ni se implementa de forma adecuada en muchos proyectos. Esta situación se relaciona principalmente con el limitado conocimiento sobre las capacidades reales de dicha tecnología. Diversos estudios sobre su adopción en el país señalan que BIM suele emplearse únicamente para la elaboración de modelos tridimensionales (3D) o la presentación de planos, dejando de lado funciones más relevantes como la coordinación interdisciplinaria, la cuantificación de elementos y la detección de interferencias durante la etapa de diseño.

Según el Ministerio de Economía y Finanzas (2019) el Viceministro de Economía, Michel Kanta, afirmó que BIM es una de las herramientas utilizadas con éxito en los Juegos Panamericanos Lima 2019, que también puede aplicarse a otros proyectos, lo que permitirá lograr una infraestructura pública duradera y de calidad, en tiempo y de acuerdo a los costos presupuestados.

La aplicación de esta metodología en proyectos de carreteras y puentes permitirá gestionar y centralizar la información necesaria a lo largo de todas las etapas de la obra, desde el diseño y la construcción hasta las actividades de operación, conservación y mantenimiento. Además, facilitará el análisis de las condiciones existentes del proyecto, la detección de posibles interferencias, la disminución de riesgos y una estimación más precisa de cantidades y costos. También contribuirá a mejorar la planificación de las actividades y el manejo de documentación e información técnica. Por otro lado, el avance de la transformación digital en el sector construcción favorecerá la ejecución de proyectos de manera más eficiente, promoviendo un mejor aprovechamiento de los recursos públicos. Asimismo, ayudará a optimizar los tiempos de ejecución, fortalecer el control de calidad y mejorar la comunicación, coordinación y participación entre los diferentes actores involucrados, permitiendo una toma de decisiones sustentada en una gestión adecuada de la información (Provias Nacional, 2024).

Por ello, se espera que la metodología BIM sea incorporada en el desarrollo de proyectos de infraestructura vial, con la finalidad de optimizar los procesos y mejorar la gestión de la información en cada una de las etapas del proyecto.

1.2. Formulación del problema de investigación

¿De qué manera influye la aplicación de la metodología BIM a través de la visualización y flujo de información en el diseño geométrico y construcción de la carretera Muñoño-Caballopampa-Patahuaz, del Distrito de Cutervo -Provincia Cutervo- Departamento Cajamarca 2024?

1.3. Justificación de la investigación

Esta investigación se justifica teóricamente debido a que el método BIM ha revolucionado el desarrollo de proyectos de infraestructura vial, proporcionando herramientas que permiten la modelación, planificación y gestión eficiente de cada etapa del proyecto. Diversos estudios han demostrado que la aplicación de BIM en obras viales mejora la coordinación interdisciplinaria, optimiza la detección de interferencias y reduce costos asociados a errores de diseño y modificaciones durante la ejecución. Según investigaciones recientes, el uso de BIM en carreteras permite la integración de modelos tridimensionales con análisis estructurales, hidrológicos y de tráfico, facilitando la toma de decisiones informadas y mejorando la sostenibilidad del proyecto.

Asimismo, se justifica metodológicamente debido a que en el presente estudio se basa en un enfoque aplicado, donde se modelará digitalmente el proyecto vial del distrito de Cutervo a través de herramientas BIM especializadas como Civil 3D, InfraWorks y Navisworks. Se empleará una metodología comparativa, analizando los resultados obtenidos con BIM frente a métodos tradicionales de planificación y diseño vial. Además, se aplicará un análisis cuantitativo para medir la eficiencia en términos de tiempos de diseño, reducción de conflictos constructivos y optimización de recursos.

En términos prácticos, la aplicación de BIM en este proyecto vial permitirá una planificación más precisa, reduciendo imprevistos durante la ejecución. El uso de modelos digitales facilitará la visualización de la obra en distintas fases, mejorando la comunicación entre los actores del proyecto y optimizando la gestión de recursos. Además, su implementación en el distrito de Cutervo contribuirá a modernizar la gestión de infraestructura vial en la región, sentando un precedente para futuros proyectos y promoviendo la adopción de tecnologías innovadoras en la planificación y construcción de carreteras.

1.4. Objetivo general

Aplicación de la metodología *Building Information Modeling* (BIM) en la optimización del diseño geométrico y la construcción con respecto al tiempo y costo de la carretera Muñoño-Caballopampa-Patahuaz – Cutervo 2024

1.5. Objetivo específico.

- ✓ Reducir los costos de diseño y construcción de la carretera Muñoño-Caballopampa-Patahuaz – Cutervo mediante la aplicación de la metodología BIM.
- ✓ Optimizar el tiempo de ejecución del proyecto vial utilizando herramientas BIM para la planificación y coordinación de actividades.
- ✓ Mejorar la precisión en la estimación de plazos de construcción mediante la integración de modelos BIM en la planificación del proyecto vial.

1.6. Hipótesis de la investigación

La aplicación de la metodología BIM influye de manera positiva en el diseño geométrico y construcción con respecto al tiempo y costo del proyecto vial.

CAPÍTULO II: DISEÑO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Según Figueroa Bacovich (2021), en su investigación desarrollada para optar el título profesional de Ingeniera Civil titulada “Planificación, diseño y control del desarrollo de un proyecto vial urbano: Integración BIM 4D/5D”, se plantearon como objetivos específicos la obtención de curvas de nivel mediante un vuelo fotogramétrico aplicado a una obra vial urbana en ejecución, la comparación de distintos escenarios de simulación desarrollados en modelos BIM, el análisis comparativo entre la planificación tradicional y la planificación virtual, así como la representación del proceso constructivo y la programación de la obra dentro de una misma línea temporal. Entre las principales conclusiones del estudio, la autora señala que tanto la planificación tradicional como la virtual presentan ventajas y limitaciones. Por un lado, la planificación tradicional demanda menos tiempo de elaboración; sin embargo, su alcance es más limitado debido a que permanece únicamente en documentos estáticos. En contraste, la planificación virtual requiere una mayor inversión de tiempo durante el modelado, aunque posteriormente ofrece importantes beneficios, como la visualización integral de la simulación de la obra y una mayor seguridad al momento de tomar decisiones durante la ejecución del proyecto. Asimismo, se concluye que el escenario optimizado propuesto logró una reducción de 21 días en el tiempo de ejecución respecto al escenario teórico, lo que representa una optimización del 18,58 % en la duración total de la obra.

Así mismo Florez Balaguera (2023) en el trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de Magíster en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil: Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) para el diseño de la variante Mirador en Barranquilla, Colombia, plantea como objetivo general la implementación de la metodología Building Information Modeling en un proyecto de

infraestructura vial en estado 2D, con el propósito de desarrollarlo progresivamente hasta la dimensión 5D del BIM. En cuanto a la metodología, el estudio se basó en la aplicación del modelado BIM para la integración de información geométrica, temporal y económica del proyecto, permitiendo la evolución del diseño inicial hacia niveles más avanzados de planificación y gestión. Respecto a los resultados, se evidenció una mejora en la planificación del proyecto, una mayor precisión en la estimación de costos y una reducción de posibles errores mediante la detección temprana de interferencias en el modelo tridimensional. Asimismo, se logró integrar de manera detallada los elementos de la infraestructura, como firmes, drenajes, señalización y otros componentes constructivos, optimizando el control del cronograma y del presupuesto. Se concluye que la implementación de la metodología BIM genera beneficios significativos para los actores del proceso Proyecto–Construcción (PPC), como promotores, consultores y constructores, destacando la reducción de sobrecostos, la disminución de riesgos y la optimización de la producción, evidenciando una mayor eficiencia en la gestión del proyecto y un incremento en la productividad y competitividad del sector.

Antunes et al (2024) en su investigación desarrollada para obtener el grado de Magíster en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil titulada Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) para el diseño de la Variante Mirador en Barranquilla, Colombia, tuvo como propósito incorporar la metodología BIM en un proyecto vial inicialmente elaborado en formato 2D, llevándolo hasta la dimensión 5D. Entre los resultados obtenidos, el autor resalta que esta metodología genera importantes aportes para todos los participantes del proceso constructivo, debido a que permite mejorar la coordinación, disminuir riesgos, controlar gastos adicionales y elevar el rendimiento durante la ejecución. Asimismo, destaca que naciones como Reino Unido, Estados Unidos y España han fortalecido el uso de BIM mediante normativas y

lineamientos promovidos por organismos públicos, favoreciendo su expansión en la industria de la construcción. También se menciona que el empleo de BIM en obras de infraestructura e instalaciones industriales todavía es limitado en comparación con los proyectos de edificaciones, donde su aplicación presenta mayor avance. Finalmente, el estudio evidenció que fue posible transformar satisfactoriamente el proyecto hacia un entorno 5D, integrando programación y costos dentro de un modelo tridimensional que incluyó elementos como pavimentos, drenajes, señalización y obras complementarias, lo cual facilitó anticipar interferencias, mejorar la precisión del cronograma y optimizar la estimación presupuestal, contribuyendo así a una administración más eficiente de los recursos y a un incremento de la productividad del proyecto.

Kim (2021) tuvieron como propósito resolver los problemas de transmisión de datos detallados y la falta de gestión integrada de costos y procesos en la construcción de carreteras. La metodología usada se basa en la clasificación de información utilizando propiedades basadas en objetos de BIM, así como en estándares de creación de objetos 3D, costos e información de procesos. Se tuvieron los siguientes resultados: la aplicación de BIM en la gestión de costos y procesos permitió una mejor integración de datos y reducción de tareas duplicadas. La conclusión es que la utilización de BIM para la gestión de costos y procesos en la construcción de carreteras optimiza la eficiencia y mejora la toma de decisiones en los proyectos. Además, la implementación de estos métodos mejora la predictibilidad financiera y ayuda a minimizar desviaciones presupuestarias. La sincronización de costos y procesos mediante BIM contribuye a una mejor planificación y control de proyectos. También se evidencia un impacto positivo en la comunicación entre los distintos equipos de trabajo, optimizando la asignación de recursos. Finalmente, el estudio sugiere futuras líneas de investigación para la automatización y mejora continua de la gestión de proyectos viales.

Chen (2020), tuvieron propósito desarrollar un sistema de gestión de instalaciones (FM) basado en BIM para garantizar la seguridad y fiabilidad del funcionamiento de los túneles de autopistas en China. La metodología usada se centra en la captura, categorización, integración y transmisión de información FM, tomando como caso de estudio el túnel Lingxia en Wenzhou. Se tuvieron los siguientes resultados: se diseñó un sistema FM estructurado en cinco módulos que incluyen documentación del proyecto, gestión del personal y contratistas, planificación y ejecución de FM, evaluación del rendimiento técnico y gestión de seguridad y emergencias. La conclusión es que la implementación de este sistema en los túneles montañosos de China demuestra su viabilidad y beneficios, mejorando la productividad y optimizando la gestión de instalaciones en infraestructura vial. Asimismo, el sistema desarrollado permite una mayor trazabilidad de las actividades de mantenimiento y gestión de emergencias. La implementación de modelos BIM en FM facilita la integración de tecnologías como sensores IoT para monitoreo en tiempo real. Este enfoque también contribuye a una mayor sostenibilidad en la operación de túneles, reduciendo costos operativos a largo plazo. Finalmente, se recomienda expandir el sistema a otros tipos de infraestructura para validar su aplicabilidad en distintos contextos

Antecedentes Nacionales

Según, Rojas López et al., (2020) en la investigación desarrollada para optar al título profesional de Ingeniero Civil titulada “Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en los procesos de diseño geométrico y construcción de un proyecto vial - Huánuco 2021”, se planteó como objetivo principal incorporar una metodología de gestión basada en herramientas BIM durante la etapa de diseño de proyectos de infraestructura vial. Los autores señalan que la mayoría de estudios vinculados al BIM se centran principalmente en edificaciones, por lo que esta

investigación busca ampliar su aplicación hacia obras viales, impulsando el uso de nuevas tecnologías en el sector construcción. En cuanto a la metodología, el estudio se desarrolló en el tramo comprendido entre el Desvío Tripartito de la Ruta Nacional PE-40 y la frontera con Bolivia, cerca del centro poblado de Collpa, correspondiente a la Ruta PE-040A de la Red Vial Nacional, con una longitud aproximada de 42 km, donde se aplicaron herramientas BIM para el modelamiento y análisis del diseño vial. Respecto a los resultados, se evidenció que la gestión de información en la etapa de diseño presenta limitaciones importantes, tales como la baja capacidad de visualización de los elementos proyectados, la escasa automatización de procesos mediante métodos tradicionales, la deficiente coordinación entre especialistas y la limitada confiabilidad en el manejo y almacenamiento de la información del proyecto. Se concluye que estas deficiencias justifican la necesidad de implementar metodologías como BIM, ya que permiten mejorar la visualización, coordinación y gestión de la información en proyectos viales, optimizando así el proceso de diseño y construcción.

Así mismo, Regalado Huanambal & Burga Muñoz (2024), en su investigación para optar el grado de Ingeniero Civil, plantean como objetivo general analizar la gestión de la construcción en una obra de pavimentación en la que se aplica la metodología Building Information Modeling (BIM) en Chota – Cajamarca, realizando una comparación con una obra ejecutada mediante la metodología tradicional. En este sentido, se evalúan los índices de productividad (eficiencia, eficacia y efectividad) entre ambos enfoques, con la finalidad de determinar el impacto de BIM frente a los métodos convencionales en proyectos de pavimentación. Asimismo, el estudio busca aportar conocimiento sobre este enfoque metodológico y su aplicación en infraestructura vial, analizando su influencia en los costos y en los plazos de ejecución, tomando como base la teoría de la triple restricción (alcance, tiempo y costo), con el propósito de promover su adopción en entidades públicas

y empresas constructoras. En cuanto a la metodología, la investigación se centra en la reevaluación del expediente técnico de la obra de pavimentación del Jr. Fray José Arana en Chota, aplicando la metodología BIM para contrastarlo con el expediente elaborado bajo métodos tradicionales, considerando variables de diseño, metrados, cronograma y presupuesto. Respecto a los resultados, se evidenció una mayor precisión en los planos, metrados, cronogramas y presupuestos bajo el enfoque BIM, además de la identificación y corrección de interferencias entre especialidades, lo que permitió una ejecución más eficiente del proyecto. Asimismo, se observó que el presupuesto convencional fue de S/ 609,710.45, mientras que el presupuesto con BIM ascendió a S/ 600,927.27, acercándose más al costo real ejecutado de S/ 599,758.82, lo que demuestra una mayor exactitud del modelo BIM en la estimación económica. Se concluye que la implementación de la metodología BIM mejora significativamente la gestión de proyectos de pavimentación, optimizando la precisión del diseño, la planificación y el control de costos, lo que contribuye a una ejecución más eficiente y confiable, evidenciando sus beneficios frente a los métodos tradicionales.

Muñoz y Llamo (2022) desarrollaron un estudio orientado a analizar de manera sistemática la implementación de la metodología BIM aplicada a proyectos de infraestructura vial, con la finalidad de identificar sus aportes y alcances dentro de este sector. La investigación se llevó a cabo mediante un enfoque cualitativo basado en la revisión de 80 artículos científicos publicados entre 2017 y 2021, permitiendo evidenciar el creciente interés por el uso de BIM en la ingeniería de carreteras. Los autores destacan que esta metodología contribuye significativamente a optimizar actividades relacionadas con la planificación, el diseño, la ejecución y el mantenimiento de obras viales, favoreciendo una mejor gestión de los procesos constructivos. Asimismo, el análisis permitió reconocer líneas de investigación con mayor desarrollo, entre ellas la integración

BIM-SIG, los criterios de sostenibilidad y la formación académica especializada, aspectos que reflejan la amplitud y evolución de esta tecnología en el ámbito ingenieril. Finalmente, concluyen que la aplicación de BIM en infraestructura vial genera mejoras importantes en eficiencia operativa, coordinación entre participantes y control de calidad, manteniéndose como un campo en constante innovación debido a su potencial para ofrecer soluciones más integrales y efectivas en proyectos vinculados al desarrollo territorial y económico.

Llanos et al. (2022) en Puno, analizaron la viabilidad económica de implementar la metodología BIM durante toda la etapa de diseño de un proyecto vial, dejando de lado el procedimiento tradicional basado únicamente en planos bidimensionales. La investigación tuvo como finalidad evaluar el sistema estructural del Intercambio Vial ubicado en el kilómetro 25+115.85 de la carretera Juliaca–Puno, considerando componentes como cimentaciones, pavimento flexible, rellenos estructurales, muros de concreto armado y estructuras de acero corrugado galvanizado. Para el desarrollo del modelo BIM se empleó una metodología detallada que integró cinco dimensiones fundamentales: longitud, ancho, altura, tiempo y costo, utilizando programas de Autodesk como Civil 3D, Revit, Navisworks, Infraworks y Recap. Asimismo, se efectuó una comparación entre las partidas obtenidas mediante métodos convencionales y aquellas desarrolladas con BIM, permitiendo determinar el impacto de esta tecnología en el diseño del proyecto. Los resultados evidenciaron una reducción del 24 % en el tiempo de ejecución y una rentabilidad estimada de 43,81 % respecto al uso de CAD, concluyendo que BIM permite una administración más eficiente, dinámica y precisa en las diferentes etapas del diseño vial.

Sedano (2023), tuvo como propósito analizar los efectos de la metodología BIM en la construcción vial del proyecto de carretera Imperial–Pampas. La investigación se

desarrolló bajo un diseño cuasiexperimental con enfoque descriptivo-explicativo, aplicando el modelado de información en el tramo comprendido entre los kilómetros 0+000 y 5+000. Para ello, se utilizaron herramientas digitales como Autodesk Civil 3D, Navisworks e InRoads, las cuales permitieron realizar el modelado tridimensional y la programación de obra. Dentro de la evaluación se consideraron indicadores relacionados con productividad, coordinación digital, control de costos y retorno económico. Los hallazgos mostraron incrementos de 32,54 % en las actividades de corte y de 33,76 % en los procesos de relleno; además, se registró una disminución de 29,23 % en los costos asociados a ambas actividades. Respecto al tiempo de ejecución, las labores de corte redujeron su duración en 24,54 %, mientras que las operaciones de relleno presentaron una reducción cercana al 26 %, demostrando así la efectividad de BIM para optimizar recursos y mejorar el desempeño en proyectos de infraestructura vial.

Antecedentes locales

Rodriguez (2021) la investigación tuvo como finalidad determinar la influencia de la metodología VDC/BIM sobre el plazo y el presupuesto en un proyecto de infraestructura vial. Para ello, se realizó una evaluación del expediente técnico desarrollado bajo procedimientos convencionales, identificando incompatibilidades y corrigiendo deficiencias mediante herramientas VDC/BIM, lo que permitió efectuar una simulación virtual del proceso constructivo y formular una nueva programación junto con un presupuesto actualizado. Los resultados evidenciaron un incremento de 2,3 % en los costos adicionales de obra y una reducción de 2,5 % en los montos deductivos respecto al presupuesto contractual, alcanzando un costo final de S/ 1'944,066.10 incluido IGV. Asimismo, se estimó un plazo de ejecución de 162 días utilizando VDC/BIM, representando una variación de 35 % en relación con el tiempo previsto mediante métodos tradicionales. Finalmente, el autor concluye que esta metodología permitió obtener

proyecciones más confiables tanto en costos como en cronogramas, favoreciendo un mejor control de recursos y disminuyendo la probabilidad de inconvenientes durante la ejecución del proyecto vial.

Landa (2025) plantea como objetivo detectar y corregir las deficiencias presentes en el diseño del proyecto de mejoramiento de la carretera Cajamarca – Chetilla mediante la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM). En ese sentido, la investigación se orienta a la revisión del expediente técnico elaborado con enfoques tradicionales, identificando inconsistencias para posteriormente ser corregidas mediante el modelado tridimensional. Asimismo, se desarrolla una representación digital del proyecto vial y de sus componentes estructurales, lo que permite reajustar los metrados y contrastarlos con los valores originalmente establecidos en el expediente técnico. En cuanto a la metodología, el estudio se basa en la aplicación del modelado BIM para la revisión y optimización del diseño vial, integrando información geométrica y técnica con el fin de mejorar la precisión del proyecto y la coordinación entre sus diferentes especialidades. Respecto a los resultados, se evidenciaron diferencias significativas principalmente en las obras de arte, donde el uso de BIM permitió obtener una mayor exactitud en los cálculos. Asimismo, la optimización de metrados tuvo un impacto positivo en la planificación del proyecto, reduciendo los márgenes de error durante la etapa de ejecución. Se concluye que la implementación de BIM en la planificación de infraestructura vial permite optimizar la fase de diseño gracias a sus capacidades de modelado 3D, integración multidisciplinaria y adecuada gestión de la información. Además, contribuye a mejorar la coordinación entre especialidades y a reducir discrepancias que podrían generar sobrecostos o retrasos en la obra.

Regalado y Burga (2024) tuvieron como objetivo evaluar la gestión de la construcción en una obra de pavimentación mediante la aplicación de la metodología

BIM, realizando una comparación con proyectos ejecutados bajo métodos tradicionales en la ciudad de Chota, Cajamarca. En cuanto a la metodología presenta un enfoque mixto y se desarrolló a partir de dos casos de estudio: una obra de pavimentación ejecutada con BIM, correspondiente al “Jr. Fray José Arana C1”, y otra obra desarrollada con metodología convencional, denominada “Jr. Francisco Cadenillas C1-C2”, lo que permitió contrastar ambos enfoques en condiciones reales de ejecución. Respecto a los resultados, la obra con BIM consideró un plazo de 60 días, un presupuesto de S/ 609,701.45 y un área de 1246.60 m² de pavimento rígido, mientras que la obra convencional presentó un plazo de 45 días, un presupuesto de S/ 401,969.32 y un alcance de 749 m². Asimismo, se evidenció que la metodología BIM permitió mayor precisión en planos, metrados, cronogramas y presupuestos, logrando una diferencia mínima entre el presupuesto proyectado y el ejecutado. Además, se obtuvo un nivel de efectividad del 103.38% frente al 84.91% del método tradicional, evidenciando una mejor gestión del tiempo, recursos, insumos y personal, así como una reducción de tiempos de espera y una optimización en la asignación de actividades. Se concluye que la implementación de la metodología BIM en proyectos de pavimentación contribuye de manera significativa a una planificación más precisa, a la reducción de sobrecostos y al cumplimiento eficiente de los plazos de ejecución. Asimismo, permite anticipar interferencias en la etapa de diseño, mejorar la coordinación entre especialidades y disminuir la probabilidad de modificaciones costosas durante la fase de construcción.

Según Díaz Morales (2024) señala que la industria de la construcción ha presentado limitaciones en su nivel de productividad debido al uso de enfoques convencionales que, con el tiempo, han sido reemplazados progresivamente por alternativas más eficientes, dejando atrás procesos de carácter manual. En ese contexto, la incorporación de herramientas digitales en el ámbito de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC)

ha permitido mejorar el desempeño de los proyectos mediante el empleo de plataformas especializadas en Modelado de Información para la Construcción (BIM) y Diseño Asistido por Computadora (CAD), tales como Revit, InfraWorks, Navisworks, Civil 3D y AutoCAD, facilitando el trabajo coordinado de diseñadores, ingenieros y contratistas, y elevando la calidad y eficiencia de las obras. En cuanto a la metodología, se centró en la aplicación de BIM para mejorar la gestión del tiempo en la programación de actividades, incorporando además el análisis de la información mediante entornos digitales colaborativos y herramientas de planificación vinculadas a la modelación tridimensional y la estimación de costos en dimensiones superiores. Respecto a los resultados, se evidenció que la implementación del entorno común de datos (CDE) permitió integrar la información del proyecto, facilitando la identificación y corrección de interferencias entre especialidades durante la etapa de diseño, lo que mejoró la organización y ejecución del proyecto. Asimismo, se obtuvo un presupuesto más preciso ascendente a S/. 14,404,876.94, y mediante el uso de Navisworks se determinó con mayor exactitud la duración de la obra en 531 días calendario, permitiendo además un seguimiento tridimensional del avance de la construcción en tiempo real. Se concluye que la aplicación de la metodología BIM contribuye de manera significativa a la optimización de la planificación, el control del tiempo y la precisión en la estimación de costos, mejorando la coordinación entre disciplinas y la eficiencia general del proyecto.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Metodología BIM

2.2.1.1. Beneficios de la aplicación BIM

De acuerdo con el Ministerio de Economía y Finanzas (2023), la metodología BIM no se limita únicamente al empleo de programas digitales, sino que se orienta principalmente a garantizar una adecuada gestión de la información durante todas las etapas de una inversión. Para ello, es necesario que los datos cumplan criterios

relacionados con nomenclatura, disponibilidad, calidad, acceso, transparencia y seguridad, permitiendo contar con información confiable en el momento oportuno para mejorar la toma de decisiones a lo largo del ciclo de inversión. Asimismo, esta metodología aporta ventajas importantes en la planificación, diseño, ejecución, operación y mantenimiento de los proyectos, abarcando desde la definición inicial de los activos hasta el final de su vida útil. En ese sentido, BIM favorece una gestión más ordenada, eficiente y coordinada de los recursos involucrados en el desarrollo de obras.

- **Transformación digital:** A lo largo del ciclo de inversión, los diferentes actores suelen trabajar con versiones distintas de documentos y archivos, principalmente por la limitada integración y flujo de información digital. Con la implementación de BIM, se reduce el uso de documentación en formato físico y se promueve el intercambio de datos en entornos digitales de manera inmediata. Esto permite mejorar la transparencia del proceso, asegurar la trazabilidad de la información, fortalecer el control de calidad y agilizar la gestión y transferencia de datos, los cuales pueden ser verificados y auditados con mayor facilidad.
- **Integración:** La información, ya sea gráfica o no, de la inversión puede ser combinada y mejorada mediante el uso de una amplia gama de conjuntos de datos. La información puede incluir detalles sobre activos existentes, edificios o infraestructura; datos topográficos; costos de inversión; condiciones geotécnicas del terreno, entre otros.
- **Calidad:** Permite examinar y supervisar los estándares de calidad, así como comprobar el cumplimiento de las normas pertinentes, mejora la calidad de las inversiones. Asimismo, garantiza el reconocimiento de incompatibilidades e interferencias de diseño, lo que mejora la calidad de los expedientes técnicos o documentos similares mediante el trabajo en equipo. Esto hace que se disminuyan

las modificaciones durante la realización del proyecto y los cambios físicos posteriores.

- **Eficiencia:** Contribuye a la reducción de costos y tiempos durante la ejecución de las inversiones, así como a un uso más adecuado de los recursos destinados a la operación y mantenimiento. Asimismo, permite generar ahorros en la utilización de recursos públicos a lo largo del Ciclo de Inversión, debido a una mejor gestión y organización de la información disponible.
- **Mejor comunicación:** Una de las principales dificultades que enfrentan tanto empresas como entidades públicas en la ejecución de inversiones es la transmisión clara de soluciones complejas a los ciudadanos y a los actores involucrados en el proceso. En este sentido, la aplicación de BIM facilita la representación visual del diseño propuesto, permite identificar posibles riesgos y organiza las acciones necesarias para mitigar impactos negativos o interrupciones durante la ejecución del proyecto.
- **Diseño para fabricación y ensamblaje:** Se analizan e integran todos los elementos constructivos que conformarán la obra desde la etapa de diseño hasta el control de calidad. Asimismo, el enfoque de diseño orientado al ensamblaje considera que los componentes serán instalados en obra, lo que contribuye a mejorar la precisión del proceso constructivo y a obtener una mayor calidad en el producto final instalado.
- **Supervisión del avance de obra:** La simulación gráfica en tiempo real del progreso de la ejecución de la obra se logra al combinar en un solo modelo los datos de programación, diseño y costos. Cuando se añade la dimensión temporal al modelo, se asegura que la edificabilidad y el diseño del flujo laboral sean

evaluados; esto posibilita una comunicación y visualización más fácil de los elementos específicos, secuenciales y temporales del avance de la obra.

- **Rendimiento de activos:** Permite incorporar información proporcionada por los fabricantes dentro del proyecto, con el objetivo de mejorar el aprovechamiento de los activos y simular diferentes escenarios de funcionamiento. De esta manera, se busca optimizar el desempeño de dichos activos durante toda la etapa operativa de la inversión.
- **Impacto en el medioambiente:** La reducción de los desechos de construcción, resultado de la mejora del proceso de diseño y ejecución de obra, proporciona un ambiente más sostenible para la construcción. Asimismo, analizar varias soluciones de proyectos en una simulación del rendimiento de activos puede prever las emisiones de carbono y el consumo energético del ciclo de vida real, lo que puede propiciar la elección hacia opciones más sostenibles.
- **Transparencia:** Las ventajas del uso de BIM, mencionadas anteriormente, contribuyen a fortalecer la transparencia en la toma de decisiones a lo largo de todas las fases del Ciclo de Inversión. Esto se logra mediante la aplicación de procedimientos estandarizados para la generación, intercambio y gestión de la información vinculada a la inversión.

2.2.1.2. Nivel de información necesaria (LOIN)

El nivel de información necesaria (LOIN) de los modelos de información debe incluir la información fundamental para satisfacer las metas establecidas para la gestión de datos BIM y las exigencias informativas de una inversión. Generar información que no es pertinente significa un esfuerzo perdido del equipo del proyecto. Por otro lado, cuando la información generada es limitada o incompleta, puede no ser suficiente para respaldar la toma de decisiones ni para cumplir con los objetivos previstos. En este

contexto, el concepto de nivel de información requerida es amplio y se entiende como el criterio que permite definir el alcance adecuado de cada entrega de información (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

Asimismo, el modelo BIM suele relacionarse con el nivel de información solicitado. No obstante, este incluye toda la información que se produce para responder a dichos requerimientos, pudiendo contemplar aspectos geométricos o el nivel de información gráfica, como los elementos en tres dimensiones. También abarca el grado de información no gráfica, es decir, bases de datos o registros alfanuméricos, así como la documentación asociada al Contenedor de Información, como informes técnicos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

Asimismo, el nivel de información gráfica se establece a partir del nivel de desarrollo o detalle (LOD), mientras que el nivel de información no gráfica se define mediante el nivel de información (LOI). Ambos componentes, LOD y LOI, tienen la misma relevancia, ya que en conjunto determinan el nivel de información requerido (LOIN), tal como se presenta a continuación (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

2.2.1.3 Plan BIM en el Perú

El Plan BIM, de acuerdo con el Ministerio de Economía y Finanzas (2023), es la herramienta de gestión que establece los fines y las acciones estratégicas para emplear gradualmente la metodología BIM en las inversiones públicas hasta el 2030.

De acuerdo con el Ministerio de Economía y Finanzas (2023), en Perú, las inversiones en infraestructura y edificaciones han tenido varios problemas en años recientes, generando sobre costos y demoras durante todo el periodo de inversión. Por lo tanto, es preciso implementar métodos que logren una mayor eficiencia, transparencia y calidad en la inversión pública.

Asimismo, se trata de un conjunto de lineamientos y disposiciones establecidos por el Ministerio de Economía y Finanzas dentro del Plan Nacional de Competitividad y Productividad, el cual contempla estrategias orientadas a la adopción progresiva de BIM. Estas acciones buscan facilitar su implementación en proyectos de inversión tanto en entidades públicas como privadas, enmarcadas dentro del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

Figura 1. Principios de adopción y uso de BIM



Nota: Adaptado del Plan BIM Perú – Principios – del MEF, <https://inge3d.com/que-es-el-plan-bim-en-el-peru/>

2.2.1.4 . BIM para infraestructura vial

Limpe & Angie (2022) señalan que la metodología BIM posee una aplicación flexible dentro del sector construcción. Aunque su mayor desarrollo se ha dado en proyectos de edificaciones, también puede implementarse en infraestructura vial mediante distintos programas especializados, dependiendo de las características y requerimientos del proyecto. Entre las aplicaciones más frecuentes se encuentran el

modelado de superficies, trazados, perfiles longitudinales, secciones transversales, sistemas de drenaje, estructuras de contención y puentes.

Asimismo, definen el termino BIM en infraestructura según Bentley Systems (2015), como una metodología orientada a generar, administrar y compartir información durante todo el ciclo de vida de un proyecto mediante plataformas digitales interconectadas. Este enfoque permite el intercambio continuo de datos y fomenta el trabajo colaborativo entre profesionales de distintas especialidades, como ingeniería civil, estructuras, geotecnia, drenaje, topografía, costos y planificación, integrando toda la documentación dentro de un único entorno virtual.

De igual forma, se destaca que la implementación de BIM requiere evaluar diversos procedimientos según las necesidades de cada proyecto, debido a que las especialidades involucradas pueden variar dependiendo de la complejidad de la obra. Por ello, resulta necesario establecer una secuencia organizada de actividades que facilite la correcta gestión de la información y la coordinación entre equipos técnicos. Acuña (2016) propone un flujo general para la aplicación de BIM en proyectos de infraestructura vial, el cual comprende distintas etapas relacionadas con la planificación, el diseño conceptual, el desarrollo detallado, el análisis técnico, la elaboración de documentación y la ejecución constructiva, permitiendo así una gestión integral del proyecto desde su concepción hasta su materialización.

- Planificación vial BIM
- Diseño conceptual vial BIM
- Diseño detallado vial BIM
- Análisis vial BIM
- Documentación vial BIM
- Construcción vial BIM

2.2.1.5. Las herramientas BIM para infraestructura vial

De acuerdo con Díaz Linarez (2019), actualmente existen diversas compañías dedicadas al desarrollo de software BIM orientado a proyectos de infraestructura vial.

Entre las más reconocidas se encuentra:

- **Autodesk, Inc.** Empresa estadounidense especializada en programas de diseño y modelado en 2D y 3D aplicados a los sectores de arquitectura, ingeniería y construcción.
- **Bentley System, Inc.** Es una empresa con presencia en el Reino Unido y Estados Unidos, especializada en el desarrollo de soluciones digitales para el diseño, modelado, simulación, planificación, construcción y gestión de infraestructuras. Sus herramientas se aplican en proyectos como carreteras, puentes, aeropuertos, ferrocarriles, edificaciones, plantas industriales y sistemas de saneamiento, fomentando además la interoperabilidad y la colaboración entre los distintos participantes del proyecto.
- **Buhodra Ingeniería S.A.** Empresa española creadora de la familia de productos ISTRAM®, cuyas aplicaciones permiten desarrollar y supervisar procesos constructivos en obras civiles vinculadas al sector AEC, teniendo presencia en varios países de Europa e Hispanoamérica.

Asimismo, existen distintos programas especializados que facilitan la creación y administración de modelos BIM aplicados a infraestructura vial.

Tabla 1

Herramientas que permiten crear y gestionar modelos BIM en infraestructura vial

Empresa	Software	Función
Autodesk	ReCap	Permite crear modelos 3D con captura de la realidad, a través de escaneos laser o fotos capturadas
	InfraWorks	Para diseño y visualizaciones preliminares
	Civil 3D	Para diseño de infraestructura y documentación de construcción, también permite flujos de trabajo BIM
	Vehicle Tracking	Permite el diseño y analizar el seguimiento de la trayectoria de vehículos.
	Bentley Pointools	Para procesar nubes de puntos, permitiendo visualizar y editar para el flujo de trabajo
Bentley System	OpenRoads ConceptStation	Permite crear diseños conceptuales de carreteras y puentes
	OpenRoads Designer	Para diseño de modelos de terrenos, sistemas de drenajes, redes de agua y alcantarillado y diseño de carreteras
	OpenRoads Navigator	Es una aplicación para celular que proporciona acceso rápido a información del proyecto
Buhodra Ingeniería	Istram - Ispol	Es una aplicación para el diseño y gestión de proyectos de ingeniería civil. Es una herramienta muy completa pues permite realizar todas funciones de las otras aplicaciones, pero en un solo programa

Nota: Las empresas mencionadas corresponden a las de mayor reconocimiento en el desarrollo de proyectos. Adaptado de “Gestión de proyectos utilizando las herramientas BIM en la fase de diseño de proyectos de infraestructura vial” por J. Diaz, 2019, p. 130

2.2.1.6. HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DEL ENTORNO COMÚN DE DATOS (ECD)

Para la administración del Entorno Común de Datos (ECD), se dispone de diversas plataformas, entre las que destacan BIM 360 de Autodesk y ProjectWise de Bentley. Asimismo, en el mercado también se encuentran otras soluciones como Thinkproject y Trimble Connect, que permiten gestionar y compartir información de manera colaborativa en proyectos.

2.2.2.7. Aplicación de 4D y 5D en el diseño geométrico de la carretera

Siguiendo los procesos del proyecto BIM y el uso de las herramientas correspondientes, bajo los lineamientos establecidos por la normativa vigente del sistema

vial en el Perú, se asegura la correcta elaboración del plan de trabajo. La adecuada identificación de las actividades a ejecutar mediante el uso del Entorno Común de Datos (CDE), a partir del modelado tridimensional del proyecto, permite que posteriormente sean evaluadas en la simulación 4D con una estimación más precisa de los tiempos, lo cual facilita la elaboración de una programación detallada para la fase de ejecución. Asimismo, dentro del proceso de recopilación de información, la determinación de costos en la dimensión 5D donde los metrados constituyen un insumo clave permite obtener una visión más clara del presupuesto del proyecto. Para asegurar una adecuada planificación y su cumplimiento en las siguientes etapas, es fundamental que cada actividad cuente con tiempos de ejecución bien definidos y costos correctamente estimados (Saccatoma Berrocal, 2021).

2.2.1.8. Interoperabilidad

El BIM se desarrolla como una metodología de trabajo colaborativo que requiere garantizar un adecuado flujo de información entre los distintos profesionales involucrados en el proyecto, de modo que puedan tomar decisiones de manera coordinada. En este contexto, es fundamental asegurar una gestión eficiente de los datos, donde la terminología, las denominaciones y la estructura de la información sean comprendidas por todos los participantes. A este proceso de intercambio de información se le denomina interoperabilidad, y para que funcione correctamente, es necesario emplear formatos flexibles y estructurados que eviten la pérdida de datos o la corrupción de la información durante su transferencia entre distintos programas o usuarios (Saccatoma Berrocal, 2021).

2.2.1.9. Aplicación del 4D y 5D en el control y seguimiento

En el proceso de control y seguimiento del proyecto, el uso del modelado virtual permite analizar la información generada en las dimensiones 4D y 5D, facilitando la interacción entre los responsables del proyecto. A partir de ello, se obtienen mejoras en

el desempeño de las actividades, la actualización del cronograma de trabajo y la revisión constante de la documentación del proyecto, lo que contribuye a una gestión más dinámica y precisa (Saccatoma Berrocal, 2021).

2.2.1.10. Incompatibilidades

Se refiere a los conflictos, diferencias o desajustes que pueden presentarse entre los distintos componentes del diseño o la planificación de una infraestructura vial, los cuales pueden generar errores, demoras o complicaciones durante la fase de ejecución del proyecto.

2.2.2. Expediente Técnico Tradicional

El expediente técnico corresponde al documento formalmente aprobado que reúne la información completa y detallada requerida para llevar a cabo la ejecución de una obra. Este comprende la memoria descriptiva, las especificaciones técnicas, los planos constructivos, los metrados, el presupuesto, el valor referencial, el análisis de precios unitarios, el cronograma valorizado de avance de obra y las fórmulas polinómicas. Además, cuando es necesario, incorpora estudios complementarios como el análisis de mecánica de suelos, levantamientos topográficos, evaluación de riesgos y el estudio de impacto ambiental (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], s.f.).

2.2.2.1. Proyecto vial:

Un proyecto vial es el conjunto de estudios y diseños técnicos que permiten planificar, construir, rehabilitar o mantener una infraestructura vial, con el objetivo de mejorar la conectividad y el transporte de personas y bienes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], s.f.).

2.2.2.2. Costo en una obra vial

El costo comprende la totalidad de los recursos económicos requeridos para la planificación, diseño, construcción y posterior mantenimiento de una infraestructura vial.

Dentro de este concepto se incluyen los siguientes aspectos:

- **Costos directos:** gastos en materiales, mano de obra, maquinaria y equipos directamente involucrados en la construcción.
- **Costos indirectos:** gastos administrativos, financieros, legales y otros costos asociados que no están directamente vinculados a la construcción física, pero que son esenciales para la ejecución del proyecto.

Una gestión inadecuada de estos costos puede llevar a desviaciones significativas en el presupuesto original del proyecto. De acuerdo con Rojas Romero y Peláez Jiménez (2022), los proyectos que cuentan con presupuestos estimados inferiores a 5,000 salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV) y que tienen una duración aproximada entre 100 y 200 días tienden a registrar sobrecostos y demoras en su ejecución.

2.2.2.3. Tiempo en una obra vial

El tiempo en una obra vial se refiere al período total requerido para completar todas las fases del proyecto, desde la planificación inicial hasta la entrega final de la infraestructura operativa. La gestión eficiente del tiempo implica:

- **Planificación detallada:** establecimiento de cronogramas realistas que consideren todas las actividades y sus interdependencias.
- **Monitoreo constante:** seguimiento continuo del progreso para identificar y mitigar posibles retrasos.
- **Adaptabilidad:** capacidad para ajustar los planes frente a imprevistos como condiciones climáticas adversas, cambios en regulaciones o desafíos técnicos.

Los retrasos en el cronograma pueden resultar en incrementos de costos y afectar la funcionalidad prevista de la infraestructura. Factores como cambios climáticos, aspectos legales y ambientales son comunes en proyectos de infraestructura vial y pueden influir en los plazos establecidos (González et al., 2021).

2.2.2.4. Carretera:

Conjunto de elementos lineales que conforman una red de transporte funcional, orientada a satisfacer las necesidades de movilidad de la población. Cuando se encuentra correctamente diseñada y trazada, contribuye a reducir los impactos negativos sobre el medio ambiente y las comunidades cercanas. Además, constituye un componente fundamental en la estructura de un país, ya que impulsa el desarrollo económico al facilitar el traslado de personas, mercancías y servicios mediante diferentes sistemas de transporte como ferrocarriles, autopistas, metros, entre otros.

2.2.2.5. Eficiencia del proyecto:

Se refiere a la capacidad de utilizar de manera óptima los recursos disponibles con el fin de alcanzar los objetivos establecidos en el proyecto. Implica la reducción de desperdicios, la disminución de costos, el cumplimiento de los plazos programados y la mejora continua de la calidad tanto en el diseño como en la ejecución de la obra.

2.3. Base Conceptual

2.3.1. Variable Independiente: Metodología Building Information Modeling (BIM).

2.3.1.1. BIM

BIM (Building Information Modeling) es una metodología colaborativa orientada al desarrollo y gestión de proyectos de edificación e infraestructura civil. Su principal característica es la centralización de toda la información del proyecto en un modelo digital único, que integra desde la parte geométrica en 3D hasta variables como el tiempo (4D), los costos (5D), el impacto ambiental (6D) y el mantenimiento (7D), permitiendo que todos los agentes involucrados trabajen de manera coordinada (es.BIM, 2023).

simismo, esta metodología articula la coordinación interdisciplinaria mediante la creación de un modelo virtual que integra todas las especialidades de la construcción, lo que fortalece la gestión integral del proyecto y de sus diferentes dimensiones. Entre sus principales aportes se incluyen la planificación, el control presupuestal, la supervisión de procesos, así como el análisis de impactos ambientales, riesgos y posibles errores (Gómez et al., 2023). De igual manera, BIM contribuye a reducir retrasos en la ejecución de proyectos, ya que permite realizar simulaciones digitales, identificar interferencias entre disciplinas, optimizar la planificación y disminuir la probabilidad de incumplimientos en los plazos establecidos.

2.3.2. Variable Dependiente: costos y tiempo.

2.3.2.1. Costos de un proyecto vial

El costo de obra corresponde al total de recursos económicos requeridos para llevar a cabo un proyecto de infraestructura vial, considerando tanto los costos directos como los indirectos, entre los que se incluyen materiales, mano de obra, equipos, estudios previos y actividades de supervisión (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], s.f.).

Por otro lado, el costo de un proyecto vial está condicionado por diversos factores, como la longitud de la vía, la calidad de los materiales utilizados, las características del terreno, el impacto ambiental y la forma en que se administran los recursos disponibles. Un ejemplo notorio de sobrecostos en la construcción vial es el megaproyecto "Big Dig" en Boston, Estados Unidos. Inicialmente, el proyecto tenía un costo estimado de 2.800 millones de dólares con una finalización prevista para 1998. Sin embargo, debido a diversas complicaciones técnicas y cambios en el diseño, el costo final superó los 8.000 millones de dólares, lo que representó un incremento del 190% sobre el presupuesto original (Cadena Ser, 2025).

2.3.2.2. Tiempo de un proyecto vial

El tiempo de ejecución de una obra vial es el período comprendido entre el inicio y la finalización de las actividades constructivas, determinado por la planificación del proyecto y sujeto a factores como disponibilidad de recursos, condiciones climáticas y gestión del contrato (Choque, 2021).

El tiempo de ejecución de un proyecto vial varía según su complejidad, condiciones climáticas, logística de materiales y gestión del personal. En el caso del "Big Dig" de Boston, el proyecto debía concluir en 1998, pero debido a problemas técnicos y administrativos, terminó en 2007, con un retraso de casi una década. Este ejemplo muestra cómo la falta de planificación adecuada puede generar sobrecostos y retrasos considerables en la entrega de infraestructuras viales. En contraste, el vial de acceso al hospital de Teruel ha sido planificado en dos fases y se estima su culminación en 2026, con plazos establecidos desde el inicio (Cadena Ser, 2025).

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

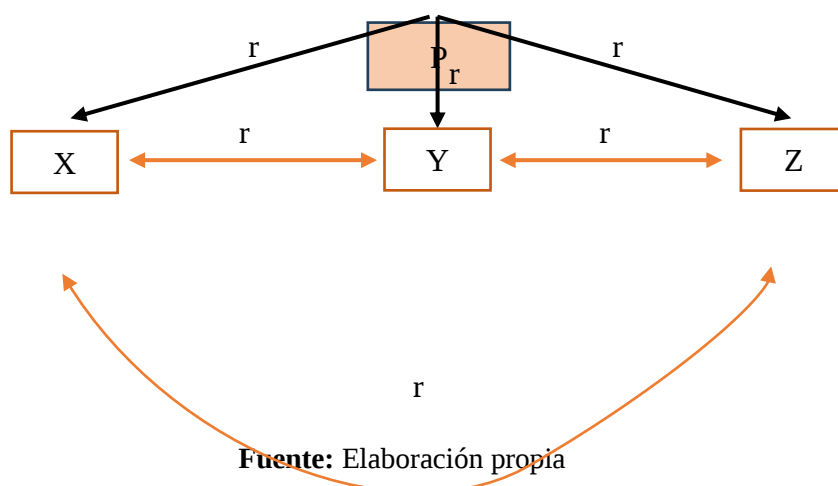
3.1. Tipificación de la investigación

Enfoque

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo. De acuerdo con Hernández Sampieri & Baptista Lucio (2014), en este tipo de estudios a partir de las preguntas de investigación se formulan hipótesis y se definen variables, posteriormente se establece un diseño para comprobarlas. Luego, las variables son medidas en un contexto específico y los datos obtenidos se analizan mediante técnicas estadísticas, lo que finalmente permite llegar a conclusiones fundamentadas.

Diseño

El diseño de la investigación es no experimental de tipo transeccional o transversal, debido a que no se manipulan de manera intencional las variables. Según Hernández Sampieri & Baptista Lucio (2014), estos estudios se caracterizan porque las variables independientes no son modificadas para observar su efecto sobre otras, sino que la información se recolecta en un único momento y en un tiempo determinado (p.152).



P : Población.

X : Variable 1 = Tecnología BIM.

Y : Variable 2 = Costo

Z : Variable 3 = Tiempo.

r : Relación.

Tipo

De acuerdo con Ñaupas et al. (2018), la investigación aplicada se entiende como un proceso orientado al desarrollo de técnicas y tecnologías que se sustentan en los hallazgos de la investigación básica y aplicada. Este tipo de estudio surge a partir de la necesidad de mejorar, perfeccionar u optimizar el funcionamiento de sistemas, procedimientos, normas y herramientas tecnológicas vigentes, en concordancia con los avances científicos y tecnológicos actuales.

Asimismo, esta investigación se clasifica como aplicada, debido a que incorpora la metodología BIM (Building Information Modeling) junto con el uso de software especializado, con el propósito de analizar su impacto en el diseño y la construcción de carreteras. De esta manera, se busca mejorar la visualización del proyecto y optimizar el manejo y flujo de la información durante todo el proceso constructivo.

Alcance

De acuerdo con Hernández Sampieri & Baptista Lucio (2014) , a investigación correlacional posee en cierta medida un valor explicativo, aunque este sea limitado, ya que identificar la relación entre dos variables o conceptos aporta información que permite comprender parcialmente dicha relación (p.94).

En base a ello, el nivel de la presente investigación se considera de alcance explicativo.

3.2. Tabla de operacionalización de variable

Tabla 1:

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Instrumento de medición	Escala de medición
Variable Independiente (X): Metodología Building Información Modeling (BIM)	ZIGURAT (2023) señala que la metodología BIM tiene el potencial de transformar de manera significativa la forma en que se planifican los proyectos de construcción. La opción de representar el proyecto en un entorno tridimensional antes de iniciar la ejecución permite realizar ajustes en etapas tempranas y, a su vez, evitar errores que podrían generar costos elevados durante la obra.	El objetivo principal es lograr proyectos de construcción de carreteras más eficientes utilizando programas de modelos tridimensionales, asegurando la sostenibilidad.	Modelo de información del proyecto	Visualización del proyecto.	Softwares	· Escala ordinal (Excelente, buena, regular)
					(Infraworks, Revit, Navisworks, Civil 3D,	· Escala Nominal (Completa/Incompleta)
				Información gráfica.	Project, Entorno común de datos)	· Escala de Razon.
				Información no gráfica.		· Escala de intervalo (calificación de precision)
				Información vinculada.		
			Gestión de información optimizada	Precisión	Plataforma Trimble connect.	· Escala de intervalo (calificación de precision)
				Frecuencia		· Escala de razon (Número de veces)
				Control Documental		· Escala nominal (actualizada/no actualizada)

			Coordinación del diseño	Cumplimiento de la normativa.	Software Autodesk Civil 3D, Navisworks.	· Escala de Razón (Días de retraso o adelanto)
				Prevención	Software: Navisworks.	· Escala ordinal(alto,medio,bajo)
				Relación de especialidades	Software: Navisworks	· Escala ordinal (Bueno, regular,deficiente)
Variable Dependiente (Y1): Costo	Se refiere a los recursos financieros necesarios para la ejecución del proyecto vial, incluyendo costos directos e indirectos. (Cadena Ser, 2025).	Monto total requerido para la ejecución del proyecto, considerando costos directos (materiales, mano de obra, equipos) e indirectos (gestión, administrativos e imprevistos).	Presupuesto de Obra	Costo inicial de la obra	Presupuesto.	· Escala de Razón
				Ampliación <u>Ampliacion</u> de Presupuesto	Adicionales Solicitados	· Escala de Razón
				Avances físicos <u>físicos</u> -Financieros	Valorizaciones.	· Escala de Razón
Variable Dependiente (Y1): Tiempo	Se refiere a la duración total del proyecto vial, desde la planificación hasta la finalización de la obra, incluyendo posibles retrasos y su impacto. (Cadena Ser, 2025).	Período de tiempo requerido para la ejecución del proyecto, considerando el plazo planificado, el plazo real y los retrasos que puedan generar sobrecostos.	Cronograma de obra	Tiempo de Planificación	Cronogramas	· Escala de Razón (Horas, Días)
				Ampliaciones de Plazos	Solicitudes de Ampliaciones	· Escala de Razón
				Tiempo Reducido	Software: Autodesk Civil 3D, Revit, Infraworks, Navisworks.	· Escala Razón

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población y Muestra

POBLACIÓN

Está conformada por las carreteras de caminos vecinales comprendidas entre el tramo Cruce Solitor-Muñoz-Caballopampa-Patahuaz, distrito de Cutervo, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca.

MUESTRA

La muestra seleccionada corresponde específicamente al tramo de la carretera vecinal que va desde el Cruce Solitor-Muñoz-Caballopampa-Patahuaz, distrito de Cutervo, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca.

3.4. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales

Las técnicas seleccionadas permitirán recolectar y analizar datos cuantitativos para evaluar la aplicación de BIM en el diseño geométrico y construcción de la carretera Muñoz-Caballopampa-Patahuaz – Cutervo en términos de costo y tiempo.

Técnicas e Instrumentos

Tabla 2

Técnicas e instrumentos

TÉCNICAS	
Técnicas de análisis documental	Revisión de normas y manuales peruanos, como el Manual de Carreteras – Diseño Geométrico 2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), para evaluar la aplicabilidad del diseño geométrico bajo metodología BIM.
	Análisis de estudios previos sobre implementación de BIM en infraestructura vial en Perú y otros países.
	Comparación de presupuestos y cronogramas en proyectos viales desarrollados con y sin BIM.

Técnicas de observación	Evaluación del flujo de trabajo en la planificación y diseño geométrico de la carretera con herramientas BIM. Análisis del impacto del modelado 3D y 4D en la detección de interferencias y optimización de costos y plazos.
Simulación y modelado BIM	Desarrollo de modelos digitales de la carretera para analizar el rendimiento, detección de conflictos y optimización de materiales. Comparación de escenarios de construcción con metodología tradicional y con metodología BIM. Aplicación de BIM 5D para evaluar costos en tiempo real.
Medición de costos y tiempos	Comparación del presupuesto y cronograma de la carretera con y sin metodología BIM. Uso de herramientas de control de costos y gestión de tiempo para medir la precisión y reducción de sobrecostos y retrasos.
Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	Se realiza mediante un análisis descriptivo de contenido con apoyo de herramientas BIM, interpretando los resultados en función del problema, objetivos, hipótesis y marco teórico de la investigación. 1. Recolección de información. 2. Procesamiento de los datos. 3. Presentación y difusión de los resultados.
INSTRUMENTOS	
Los instrumentos de tipo cuantitativo que se utilizarán para el desarrollo de la presente investigación son los siguientes: • Análisis de datos: Microsoft office Excel 2019. • Programas de dibujo: AutoCad 2024, Civil3D. • Herramientas BIM: AutoCAD Civil 3D, InfraWorks 360, Navisworks, Syncro pro, Revit. • Equipo: Ordenador portátil con sistema operativo Windows 11, Estación Total y Nivel de Ingeniero.	

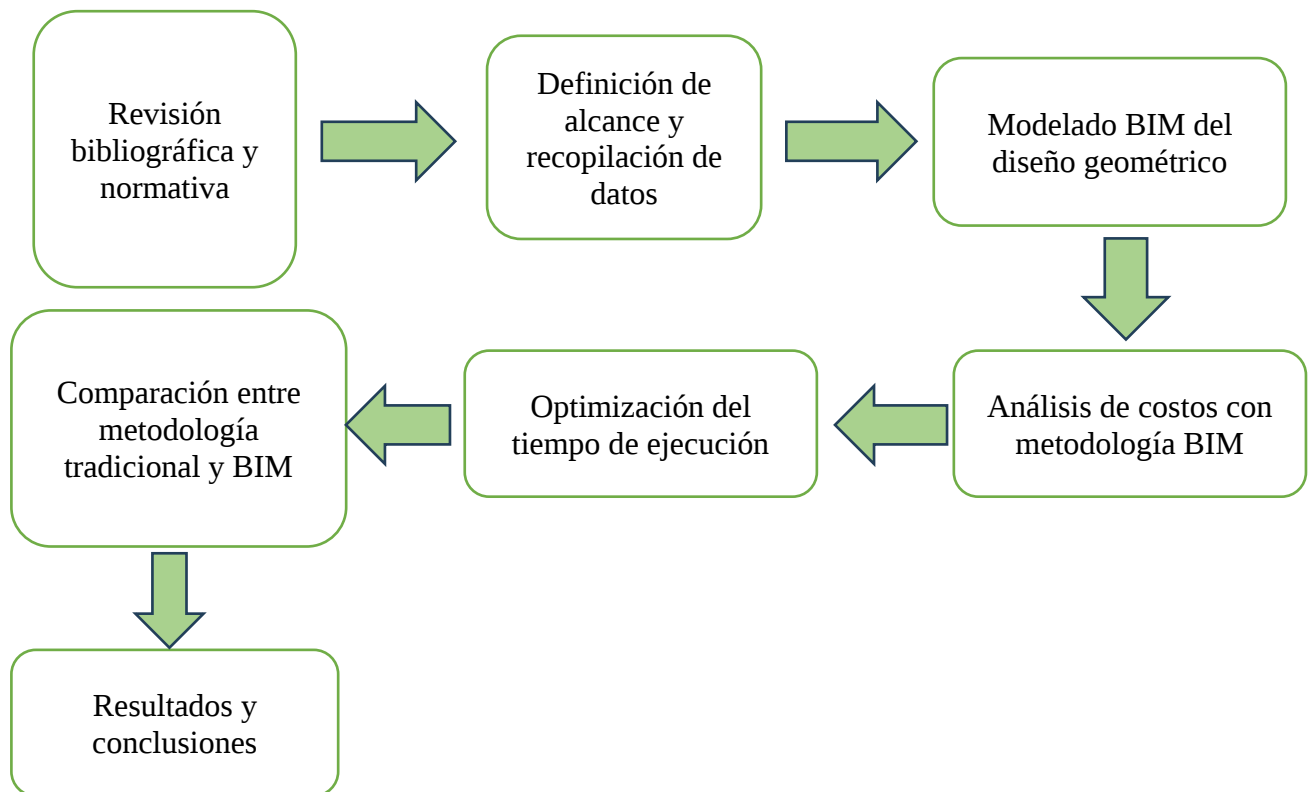
Materiales para utilizar

- Planos y modelos CAD → Para comparaciones entre metodologías de diseño convencional y BIM.
- Normativas del MTC → Manual de carreteras y reglamentos técnicos aplicables al diseño vial.
- Bases de datos de costos de construcción → Para análisis de impacto económico en la ejecución del proyecto.

Procedimiento

Figura 3

Flujograma de la metodología de investigación



Fuente: Elaboración Propia

3.5. Descripción general

Proyecto: "MEJORAMIENTO Y CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL DESDE EL CRUCE SOLITOR - MUÑUÑO - CABALLOPAMPA- PATAHUÁZ, - CENTRO POBLADO DE MUÑUÑO - CENTRO POBLADO DE PATAHUAZ - DISTRITO DE CUTERVO, PROVINCIA DE CUTERVO - REGIÓN CAJAMARCA"

3.5.1 Ubicación.

- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Cutervo
- Distrito: Cutervo

El proyecto se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

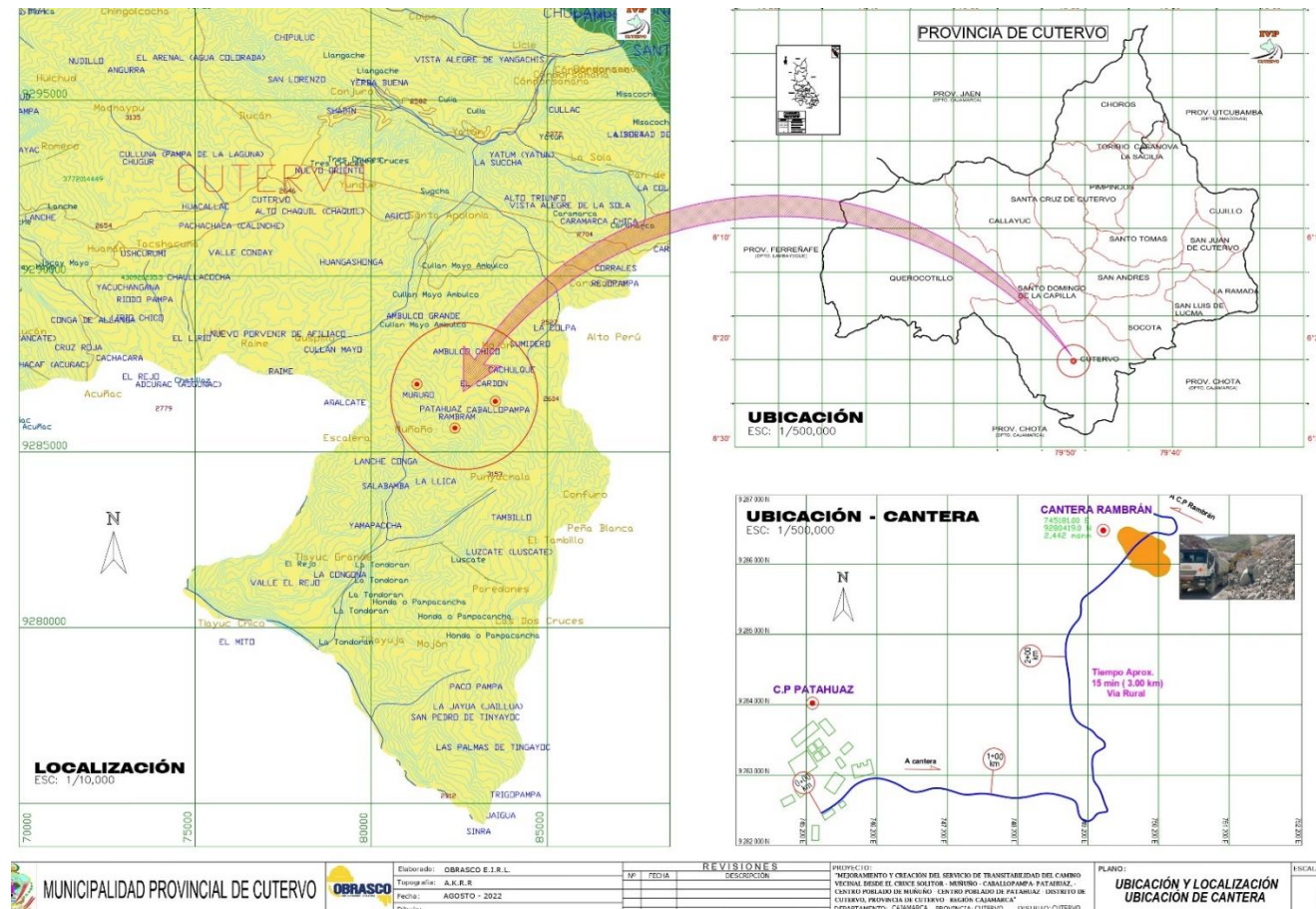
N: 9283398.38

E: 742630.37

- Inicio del tramo: 2356 msnm
- Final del tramo: 2426 msnm

Figura 2

Localización del proyecto y ubicación de cantera Rambrán



Fuente: elaboración propia

Acceso a la Zona de Trabajo:

El acceso a la zona del proyecto se realiza en aproximadamente 0.5 horas, atravesando las localidades de Cutervo, Cullanmayo, Quinshapa, La Llica y La Conoona, hasta llegar al Cruce Solitor.

Tabla 1

Tramos.

Tramo	Distancia	Tipo De Carretera	Tiempo
Cutervo – Comunidad Solitor	15.00 Km	Trocha Carrozable	30 min

Fuente: Memoria descriptiva del proyecto.

Longitud de tramo de vías de la carretera:

TRAMO I: Cruce Solitor (Km. 0+000), teniendo como punto final el C.P. Patahuaz (Km 8+145).

Diseño geométrico:

Dado que el proyecto busca preservar el trazado original de la vía en la medida de lo posible, la velocidad de diseño propuesta debe ser coherente con la velocidad directriz con la que la carretera fue concebida en un inicio. Realizar cambios significativos, como la rectificación de curvas o el aumento del radio, implicaría una cantidad considerable de movimiento de tierras, lo que no solo elevaría los costos de construcción, sino que también podría poner en riesgo la estabilidad de los taludes. Por estas razones, se mantendrá una velocidad de diseño de 30 km/h en la sección evaluada.

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA VÍA:

- Tipo de carretera: Tercera clase, con un IMDA menor a 400 veh/día.
- Longitud total del tramo: 8.221 Km.
- Velocidad directriz considerada: 30.00 km/h.
- Ancho de calzada: 4.50 m.
- Bombeo de la calzada: 2.00 %.

- Espesor de base: 0.20 m.

Conclusiones de los estudios básicos:

Estudio de trazo y topografía:

Reconocimiento de la ruta:

El punto de acceso del área de estudio se ha localizado en la intersección de la carretera La Congona con el cruce Solitor, ambos situados en el distrito y provincia de Cutervo. Este tramo, conocido como Camino de Herradura, conecta la comunidad de Muñuño con la localidad de Patahuaz-Caballopampa. Para la referencia inicial, se estableció un Punto de Inicio (PI-0) en la estación kilométrica 0+000.00, específicamente en Solitor. La marca de referencia se ha fijado a 3.00 metros de altura sobre un árbol, identificada con pintura de color rojo.

Figura 3

Coordenadas de los puntos inicial y final

Inicio Km. 0+000.00		Final Km. 7+430.00 a 3.00 m	
N	= 9283398.38	N	= 9282273.855
E	= 742630.37	E	= 744378.261
Elevación	= 2356 m.s.n.m.	Elevación	= 2426.00 m.s.n.m.

Nivelación y Replanteo

El levantamiento topográfico se ejecutó en dos fases. Inicialmente, se determinaron las coordenadas UTM del Punto de Inicio (PI) con un GPS de marca Magellan, modelo GPS 315, utilizando el elipsoide WGS 1984. Posteriormente, se realizó el levantamiento detallado de la poligonal abierta mediante una Estación Total. Para el control altimétrico, se estableció una red de puntos de referencia (BM) en el primer tramo, con cierres de nivelación en recorridos de ida y vuelta de 500 m. En las zonas sin roca firme, los BM fueron monumentados para asegurar su permanencia.

Seccionamiento

Las secciones transversales del terreno se levantaron cada 20 metros en tramos rectos y cada 10 metros en las zonas curvas.

Datos de Partida

Para determinar las coordenadas iniciales de la poligonal del trazo, se empleó un equipo GPS marca MAGELLAN, modelo GPS 315, obteniendo coordenadas UTM referidas al elipsoide WGS 1984. El procedimiento metodológico consistió en asignar,

- Mediante el GPS, las coordenadas UTM al punto de inicio (PI)
- Realizar el levantamiento de la poligonal abierta utilizando una estación total.

Conclusiones del estudio trazo y diseño vial

Las principales características técnicas de la vía proyectada se detallan a continuación:

- Velocidad de Diseño: 30 Km. /h
- Vehículo de Diseño: C3
- Ancho Calzada: 4.50 m.
- Bombeo: 2%
- Peralte Máximo: 8%
- Radio mínimo: 25.00 m.
- Sobreancho: Variable
- Pendiente Longitudinal máximas: 11 %
- Longitud Curva Vertical: $L > V_d$.
- Talud interior cunetas triangulares V/H: 1:2 (V:H)
- Alcantarillas TMC: Sí
- Alcantarilla Tipo Marco de Concreto: No
- Badenes de Concreto: Sí
- Puente de Concreto: Sí

Trazo y Alineamiento Horizontal

El alineamiento en planta de la vía se ha dividido en dos secciones principales. El primer tramo se extiende desde el cruce Solitor (progresiva 0+000) hasta el centro poblado de Patahuaz (progresiva 8+145). El segundo tramo conecta el mismo cruce Solitor (progresiva 3+930) con la localidad de Muñuño (progresiva 1+323).

Diseño de Pendiente Longitudinal

El diseño de la pendiente longitudinal de la vía se ha establecido con el objetivo de garantizar un adecuado drenaje superficial, adaptándose a las características topográficas del terreno. Se ha considerado una pendiente mínima del 1.33%, con las siguientes excepciones para situaciones específicas:

- Se permiten pendientes de hasta 0.5% en secciones de la calzada con un bombeo del 2% que carecen de bermas o cunetas.
- En casos excepcionales, se puede adoptar una pendiente nula (0%) si el bombeo de la calzada es del 2.5%.
- En las zonas de transición de peralte, donde la inclinación transversal es nula, la pendiente mínima requerida es de 0.5%.

En cuanto a las pendientes máximas, se han considerado los límites establecidos en el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 (Tabla 303.01). Sin embargo, se contemplan ciertas particularidades en las siguientes situaciones:

- Vías de tercera clase con un volumen de tráfico diario inferior a 400 vehículos.
- Tramos ubicados en zonas con orografía plana y una velocidad de diseño de 60 km/h.

Clasificación y Parámetros de Diseño de la Vía

Con base en los lineamientos establecidos por el **Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018)** del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), la vía

en estudio ha sido clasificada y sus parámetros se han definido según los siguientes criterios:

- **Función Vial:** La carretera ha sido categorizada como una vía perteneciente a la **Red Vial Vecinal**, lo que implica su rol en la conexión de centros poblados menores con la red principal.
- **Demanda de Tráfico:** De acuerdo con la **intensidad media diaria (IMD)**, la vía presenta un flujo vehicular inferior a 400 vehículos por día. Adicionalmente, se ha diseñado con una calzada de 4.50 metros de ancho para soportar dicha demanda de tráfico.
- **Condiciones Orográficas:** El diseño de la vía contempla pendientes transversales de hasta un 2% y pendientes longitudinales que oscilan entre 1.33% y 11.00%. Este trazado se adapta a la topografía existente, lo que requiere un considerable volumen de movimientos de tierra, aunque no presenta obstáculos significativos para su ejecución.

Velocidad de Diseño

La velocidad de diseño de la carretera se ha determinado en función de su clasificación según la demanda de tráfico y la orografía, conforme a lo estipulado en el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018). De acuerdo con la Tabla 204.02 de dicho manual, la velocidad de diseño recomendada para carreteras de tercera clase con orografía ondulada y escarpada es de **30 km/h**. Por consiguiente, se ha adoptado esta velocidad para los tramos ubicados fuera de zonas pobladas, con la previsión de reducirla en áreas urbanas para garantizar la seguridad.

Ancho de Calzada

La calzada, definida como la parte de la sección transversal destinada al tránsito vehicular, se ha diseñado con un solo carril para este proyecto. El ancho del carril se establece en

función de las dimensiones de los vehículos más grandes que transitan por la vía y de otros factores críticos, tales como:

Velocidad: A mayor velocidad de diseño, se incrementa la necesidad de un mayor ancho de carril para acomodar las oscilaciones transversales del vehículo.

Curvatura: En secciones con radios de curvatura reducidos (como curvas de giro, intersecciones o ramales de enlace), se requiere un ancho de calzada mayor que el de la sección recta para permitir un tránsito seguro.

Considerando estos criterios, el ancho de calzada propuesto para este proyecto es de 4.50 metros.

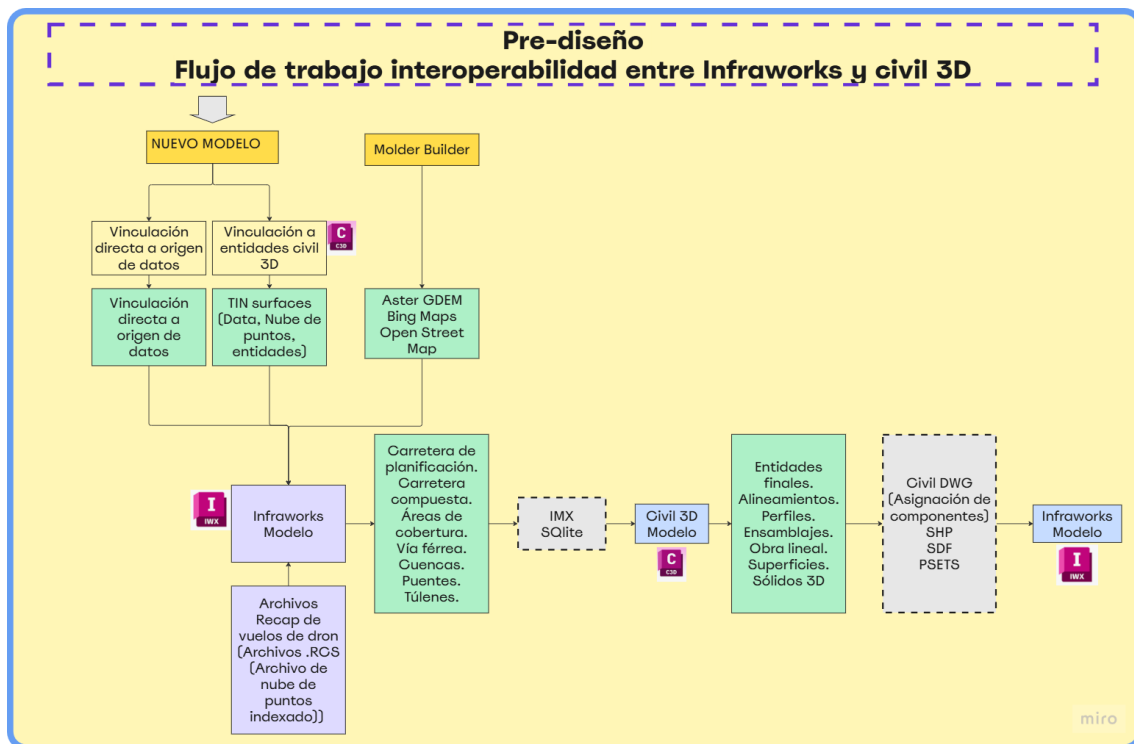
CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Prediseño en Infracworks.

Para el proyecto se inició por la fase de Prediseño en InfracWorks, tal como se ilustra en el flujo de trabajo, establece una base de contexto geográfico enriquecida y tridimensional que es fundamental para el posterior diseño de detalle de la carretera. Este proceso inicial se distingue por ser una etapa de análisis contextual y modelado conceptual rápido, donde el proyecto se ancla a datos masivos. Inicialmente, al modelo se integra la Nube de Puntos de alta precisión del levantamiento topográfico y otros datos ráster, para la presente investigación se importó de archivos Recap de vuelos de dron o Archivos .RCS (Archivo de nube de puntos indexado), asegurando que el diseño se asiente sobre la topografía real y verificada del sitio. La importación y vinculación de estas fuentes de datos heterogéneas permite generar rápidamente una o varias Carreteras compuestas (diseño que permite visualizar los datos de los elementos de la carretera, como curvas), junto con la inclusión paramétrica de elementos clave como puentes, túneles y el análisis de cuencas. Este enfoque prioriza la evaluación rápida de alternativas y el análisis de viabilidad del trazado antes de pasar a la ingeniería de precisión. La culminación de esta fase es la exportación de la geometría conceptual (IMX/SQLite) hacia Civil 3D, estableciendo un flujo de trabajo BIM robusto que traduce las decisiones de diseño conceptual a un entorno de detalle para la generación de perfiles, ensamblajes y las entidades finales.

Figura 4

Flujo de trabajo del pre-diseño en Infracworks y civil 3d



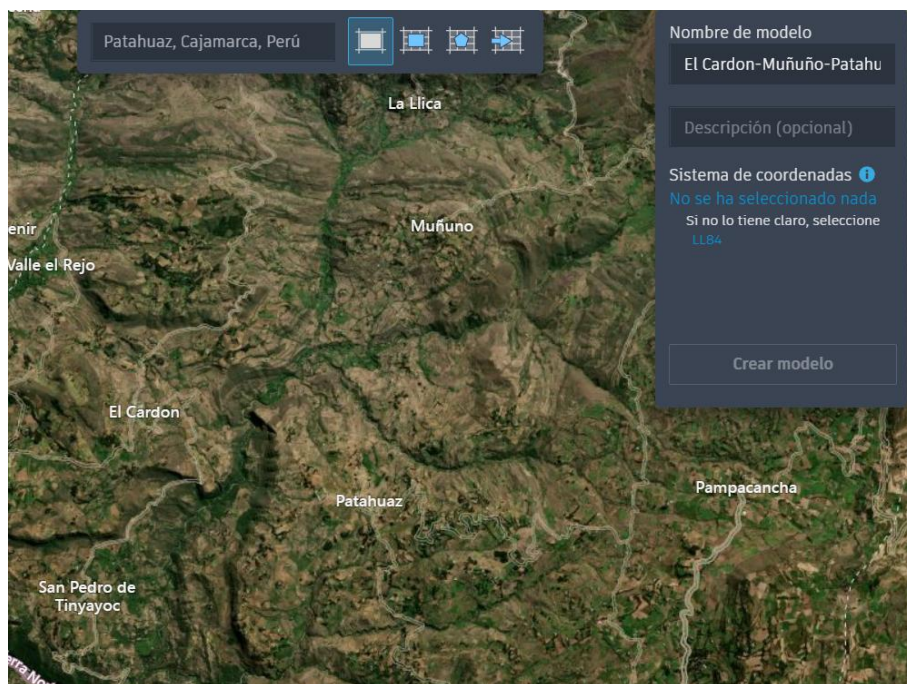
Nota: Elaboración propia, adaptado del trabajo realizado por el ingeniero Van Miguel Martínez de Autodesk Spain.

Interpretación: La figura muestra la interoperabilidad entre civil 3d e Infracworks para el pre-diseño del proyecto.

Para iniciar la configuración del modelo, se ubicó en general que se encontró en configuración, la ventana del programa civil 3d, se visualizó los estilos de conjunto de códigos , se procedió a editar all codes. En el apartado de top se identificó que por defecto aparece como ninguno el material de renderización, por ello se seleccionó el material correspondiente.

Figura 5

Ventana principal de Infracworks

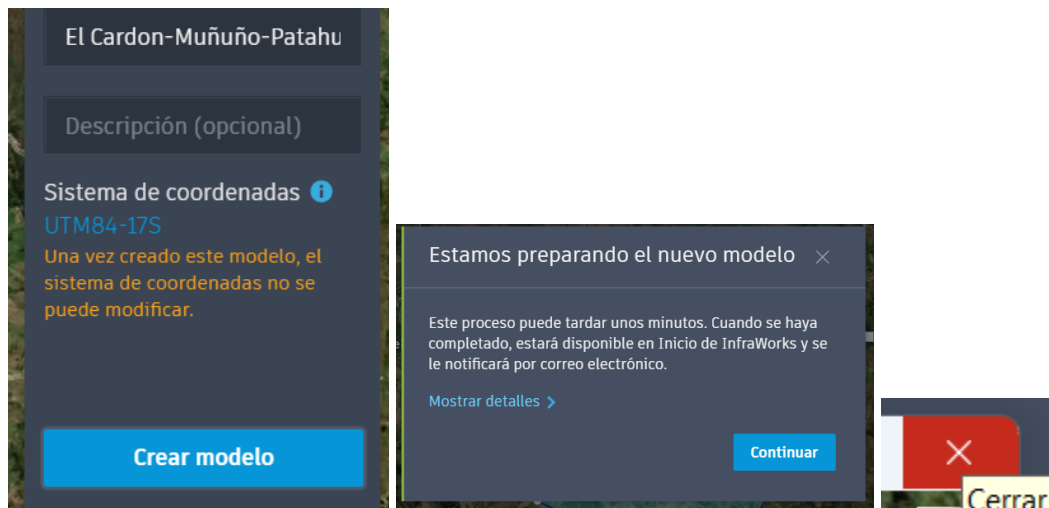


Se designó el nombre del modelo y ubicó el lugar del proyecto (Muñuno -Patahuaz)

Figura 6

Designación del nombre y ubicación del proyecto





Interpretación: Se procedió a dibujar el área del proyecto, seleccionó polígono y dio doble click al finalizar, posterior a ellos aparece crear modelo, entonces se dio click en cada ítem y continuar. Finalmente se procedió a cerrar la ventana con el objetivo de visualizar el modelo creado.

Figura 7

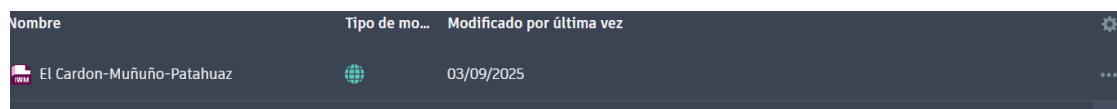
Modelado creado y cerrado

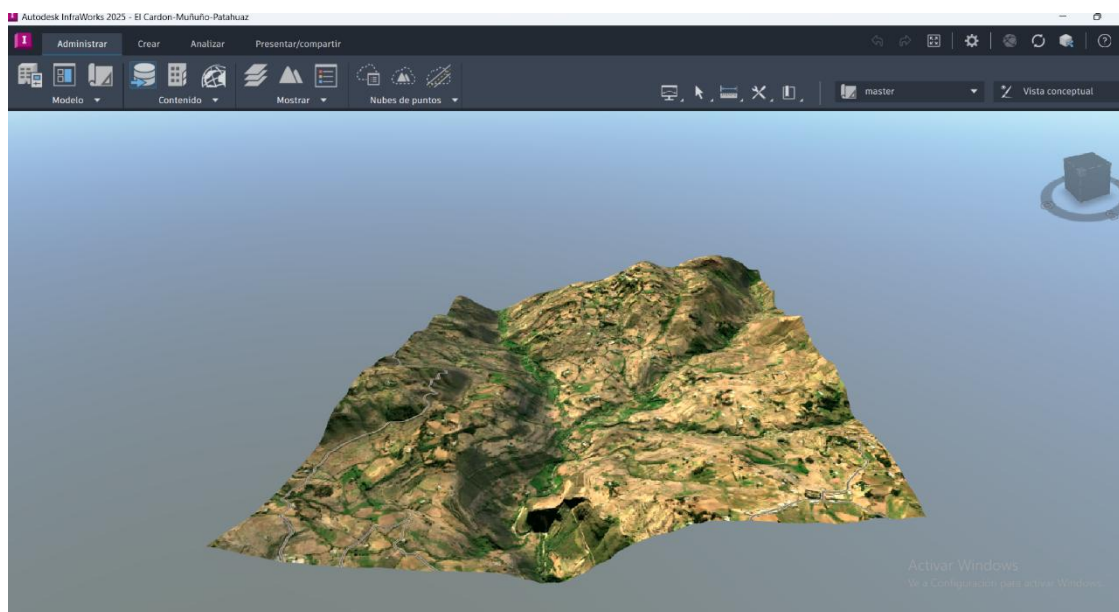
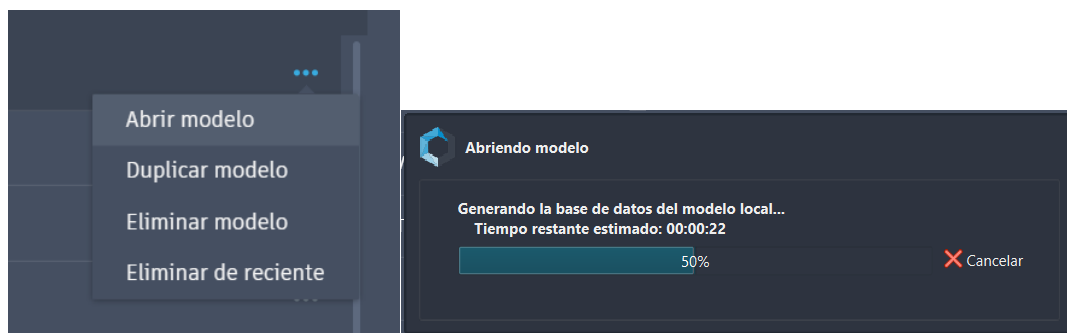


Se visualiza el modelo creado, con el nombre de El Cardon-Muñuño-Patahuaz.

Figura 8

Modelo del proyecto creado

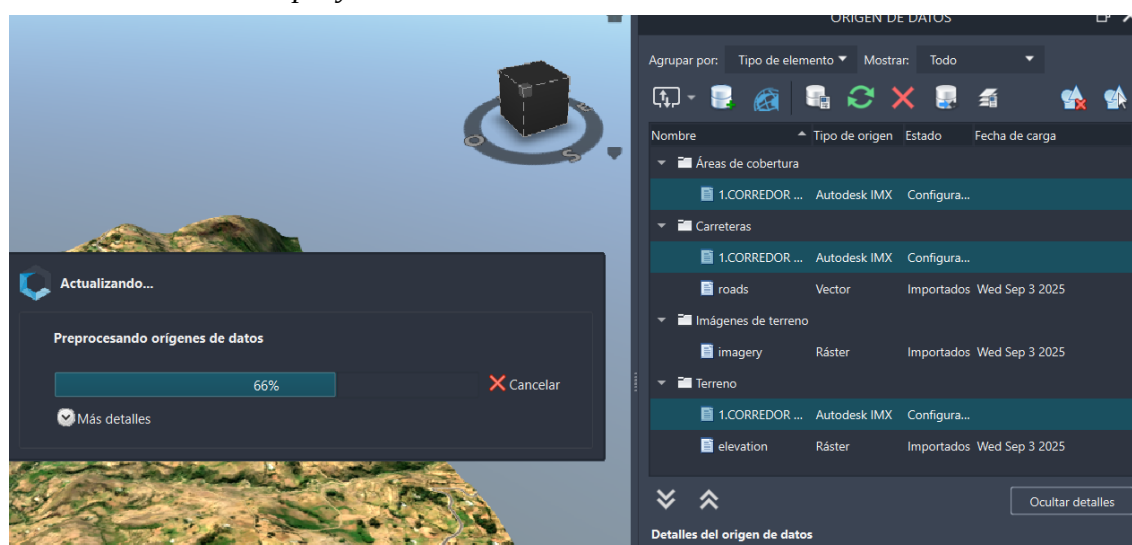




Se visualiza el área delimitada del proyecto ubicado en Cutervo-Cajamarca.

Figura 9

Área delimitada en el proyecto



Importación de archivos Recap de vuelos de dron (.RCS)

En InfraWorks, para importar y trabajar con la nube de puntos extraída del dron, se tuvo en cuenta lo siguiente:

1. **Formatos Compatibles:** InfraWorks no admite todos los formatos de nube de puntos directamente, sino que se centra en los formatos de Autodesk ReCap:
 - Archivos RCS (Archivo de nube de puntos indexado).
 - Archivos RCP (Archivo de proyecto de ReCap, que referencia a uno o varios archivos RCS).
2. **Procedimiento Básico:**
 - En InfraWorks, se debe ir al panel Orígenes de Datos.
 - Se dió clic en Añadir origen de datos de archivo y selecciona Nube de puntos.
 - Se seleccionó cada archivo. RCS y se abrió.
 - Se aseguró de que el sistema de coordenadas de la nube de puntos esté correctamente configurado para que se coloque en la ubicación geográfica precisa de tu modelo.

Usos Principales de la Nube de Puntos en Infra Works

Una vez importada, la nube de puntos se convierte en la representación más fidedigna del terreno existente. Puedes usarla para:

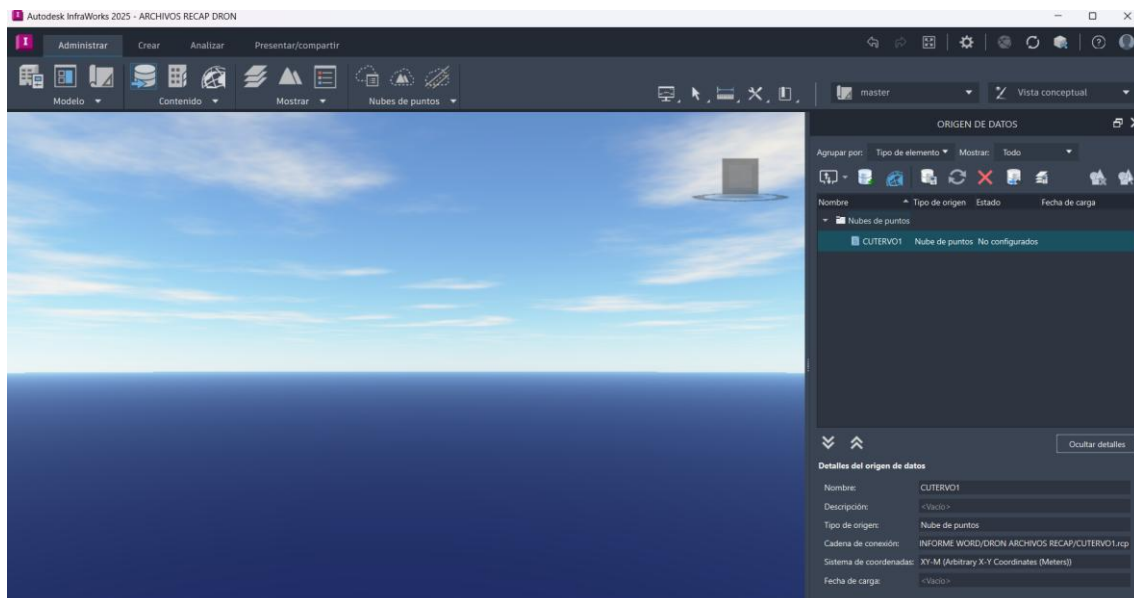
- **Generar el Terreno:** Se debe crear un Modelo Digital del Terreno (MDT) de alta resolución para que tu diseño de carretera se asiente sobre la topografía real.
- **Extracción de Elementos:** Usar las herramientas de InfraWorks (o a través de un flujo de trabajo con Civil 3D) para extraer automáticamente o de forma manual elementos lineales (ejes de carretera, bordillos, marcas viales) o elementos puntuales (postes, árboles, señales).

- **Referencia Visual:** Servir como una referencia tridimensional precisa para la inspección visual, la comprobación de volúmenes de tierra y la colocación de tu diseño.

Se inició la importación de datos de puntos de vuelo de dron en el espacio de trabajo ya configurado en coordenadas UTM84-17S, que corresponde a la zona UTM del área del proyecto.

Figura 10

Espacio de trabajo con las coordenadas

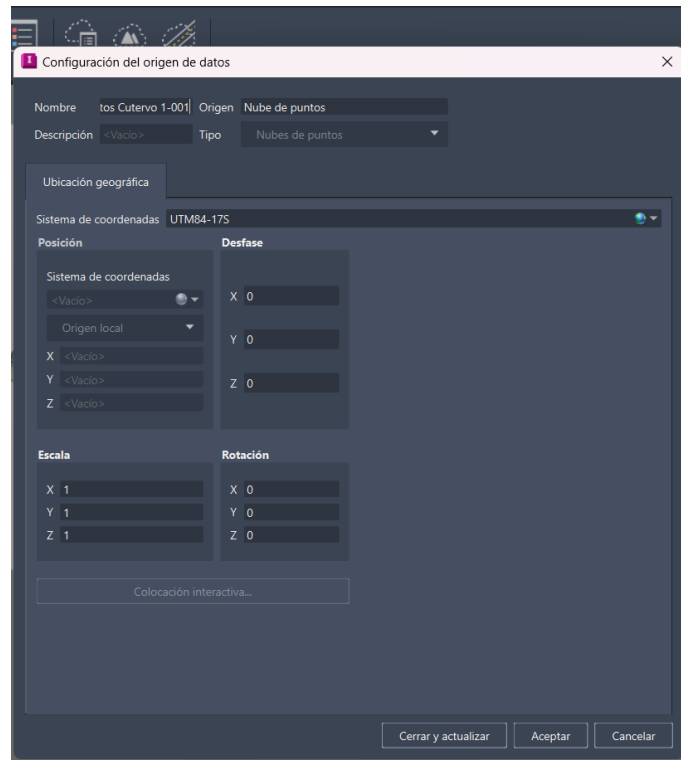


Nota: Se visualiza el espacio de trabajo con las coordenadas UTM configuradas.

Doble click para configuración de la nube de puntos, ya que por defecto sale no configurado:

Figura 11

Configuración de la nube de los puntos en el proyecto

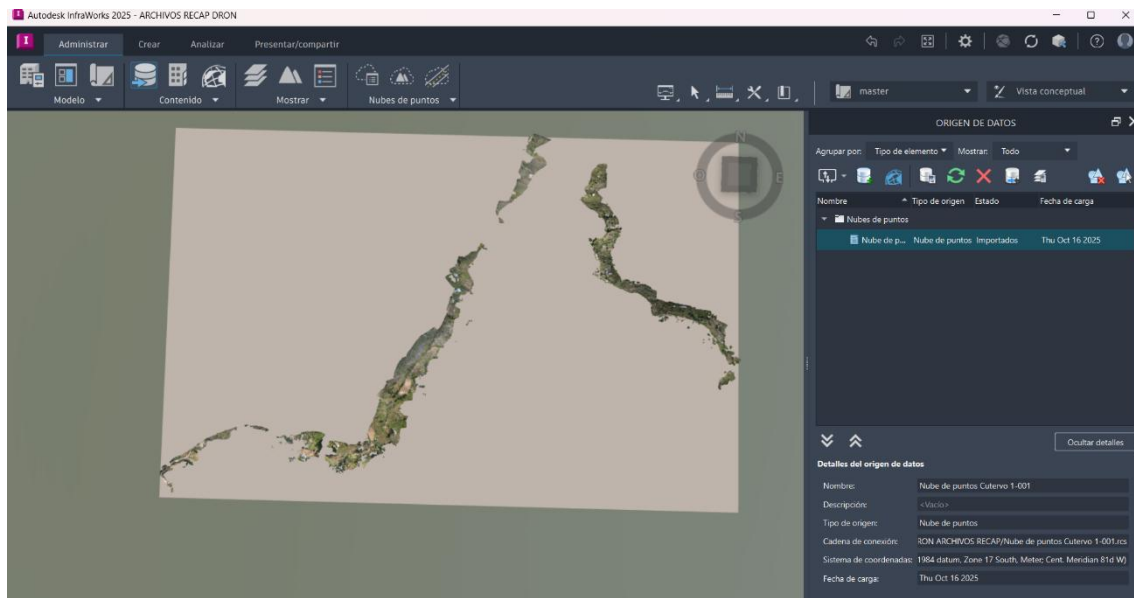


Nota: En la imagen se visualiza la configuración de nube de puntos.

Se importó correctamente el archivo Nube de puntos Cutervo, tipo. Archivos. RCS (Archivo de nube de puntos indexado).

Figura 12

Revisión de los puntos en la nube RCS

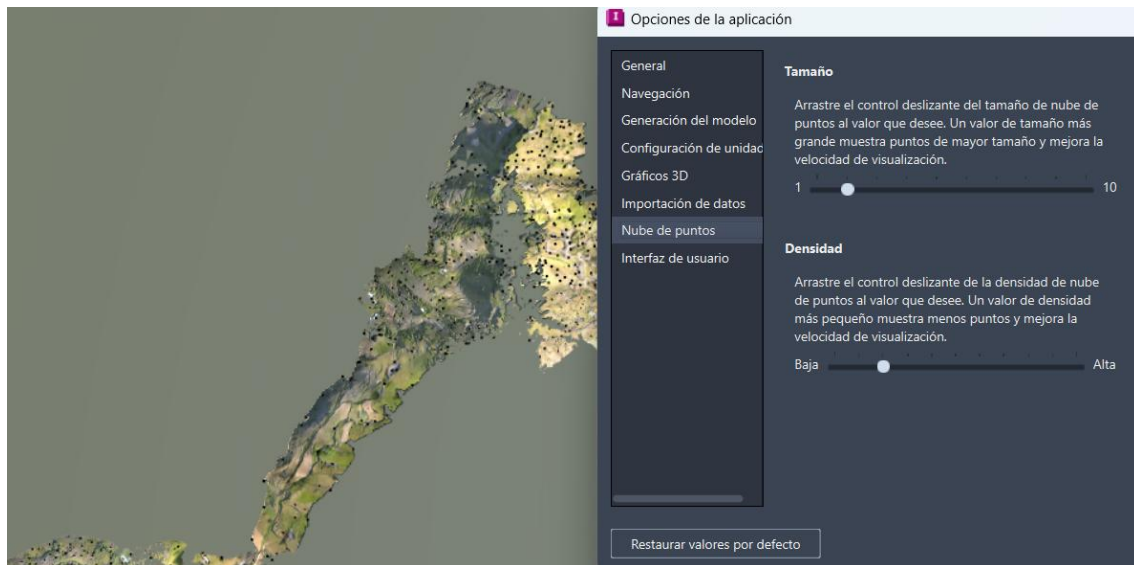


Nota: En la imagen se visualiza la vía que inicia en el Cardón hasta Patahuaz, en Cutervo.

Para una mejor visualización de los puntos se configuró en un espesor de punto.

Figura 13

Visualización de configuración de los puntos con espesor

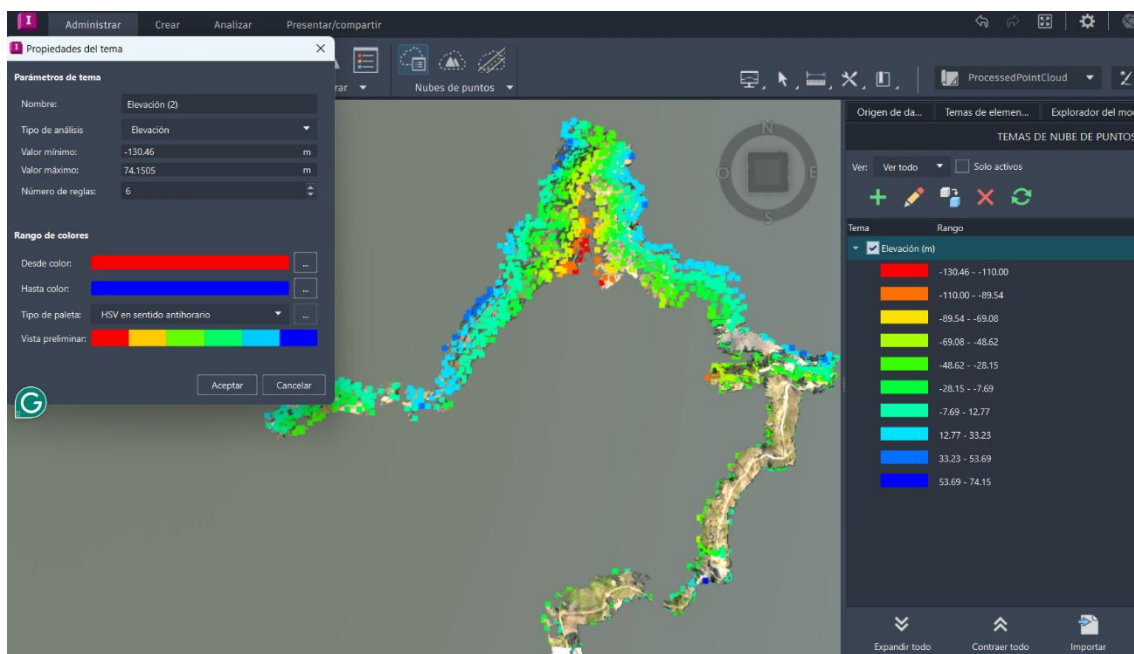


Nota: En la imagen se visualiza la vía con una mejor visualización de puntos y enfoque.

Se realizó la configuración de colores de acuerdo con la elevación mínima y máxima.

Figura 14

Visualización a una escala cromática de la vía

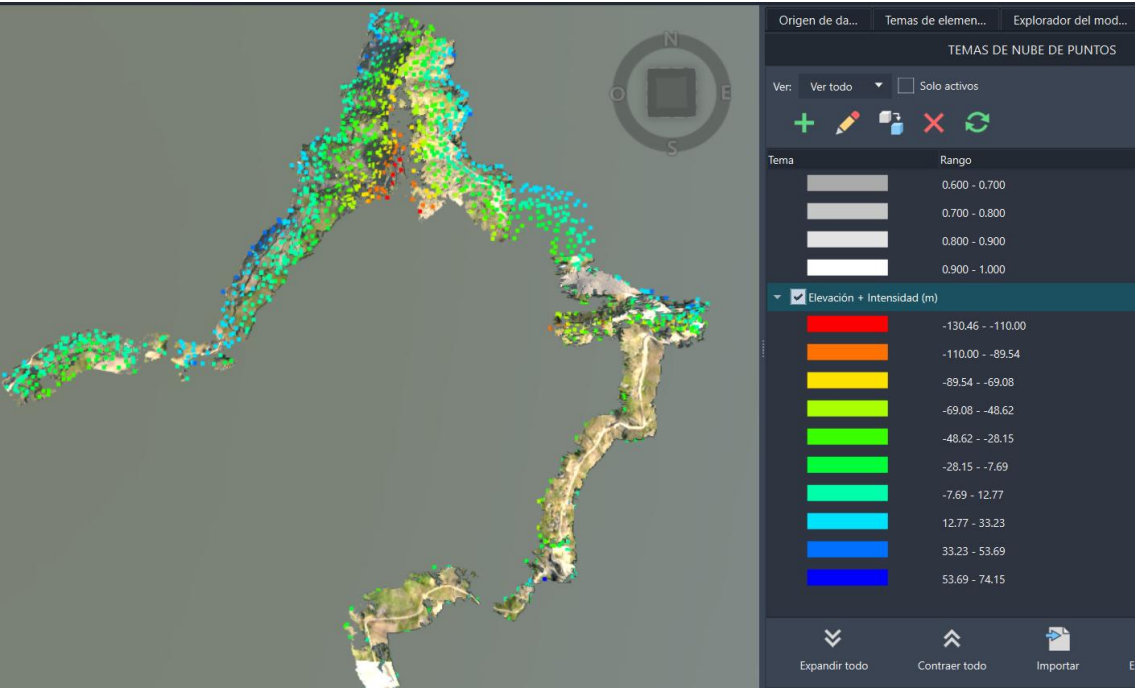


Nota: Visualización en base a una escala cromática de 10 rangos, respecto a la elevación de puntos de la carretera.

En la imagen se visualiza la temática de colores de la nube de puntos que se generó con base en el parámetro de Elevación, utilizando una escala cromática de 10 rangos que abarca desde la cota mínima de -130.46m (rojo) hasta la máxima de 56.16m (azul oscuro). El análisis del modelo revela que la mayor parte del área del proyecto se distribuye en tres grupos de elevación principales: en el extremo inferior se observa una ligera presencia de tonalidades verdes claros (aproximadamente en el rango de -55.81m a -18.49m, que representan las cotas inferiores dentro de la zona mapeada; seguidamente, una extensa área se identifica con el color celeste (rango entre -18.49m y 18.84m), denotando las elevaciones medias; y finalmente, las cotas superiores se concentran en las tonalidades azul claro y azul oscuro (rangos entre 18.84m y 56.16m), siendo el azul oscuro el indicador de la máxima elevación alcanzada en el proyecto.

Figura 15

Vía en elevación e intensidad



Nota: Análisis de la imagen por elevación e intensidad.

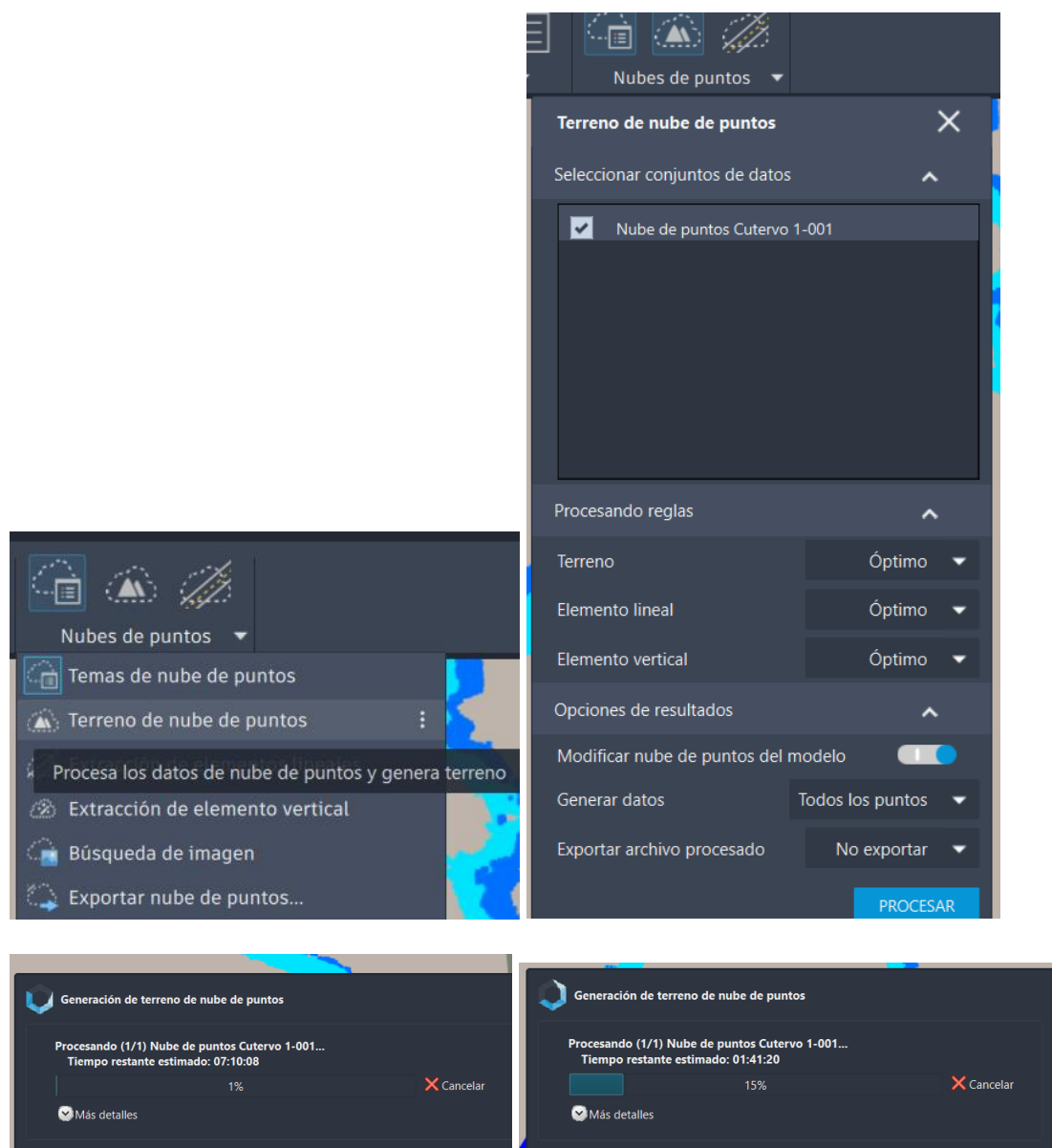
Extracción de elementos lineales a partir de nube de puntos en Infra Works

Generación de terreno a partir de nube de puntos

Con el objetivo de trabajar con la data más precisa generada por vuelos de dron, mediante la obtención de archivos de nube de puntos, se realizó el procesamiento de datos de nube de puntos y genera terreno.

Figura 16

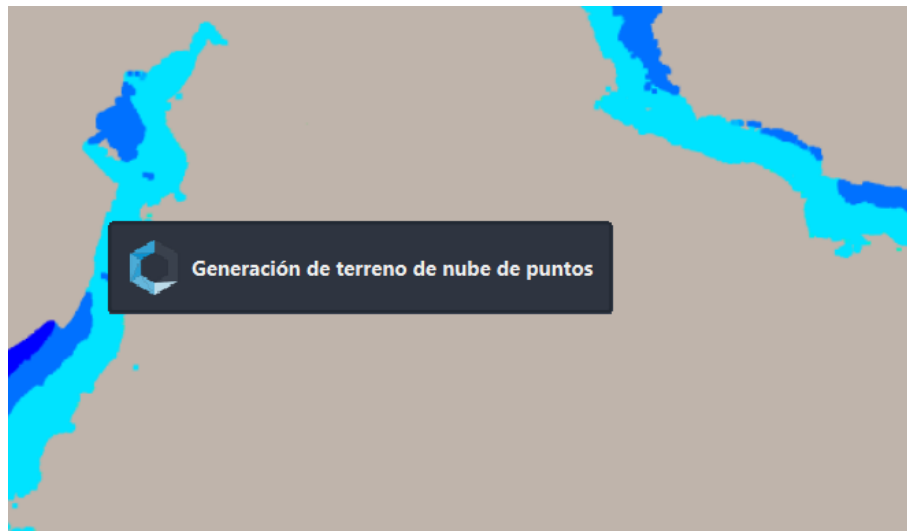
Generación de terreno a partir de nube de puntos



Nota: Se realizó la generación de terreno a partir de la nube de puntos, para una visualización de las características del terreno más realista, a partir de vuelos de Dron.

Figura 17

Interfaz de generación de terreno a partir de nube de puntos

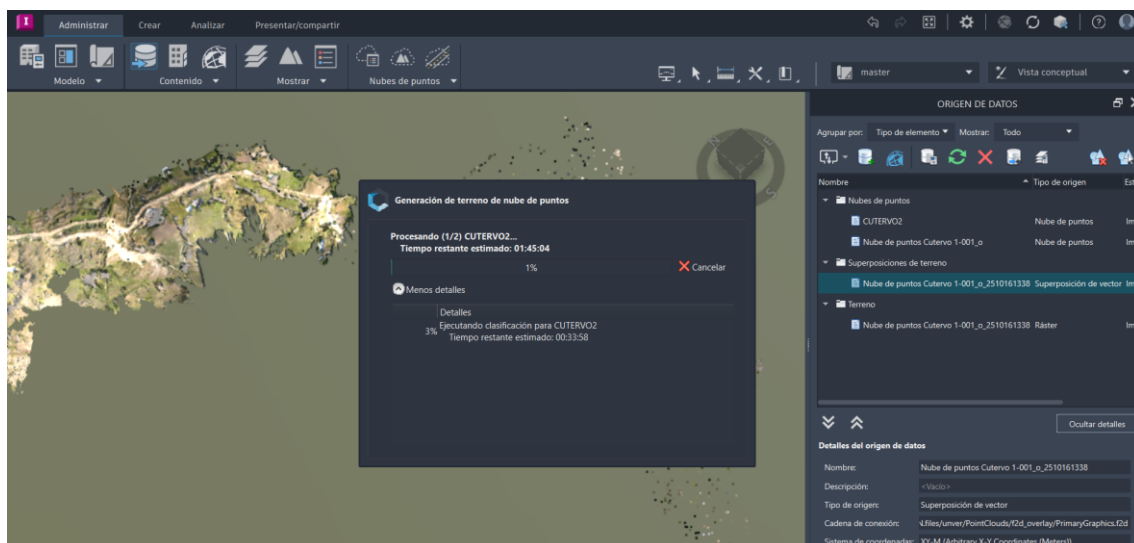


Nota: Se evidencia la generación de terreno de nube de puntos.

De igual manera se genera la importación de la otra data de puntos de vuelo del dron del tramo principal de la carretera.

Figura 18

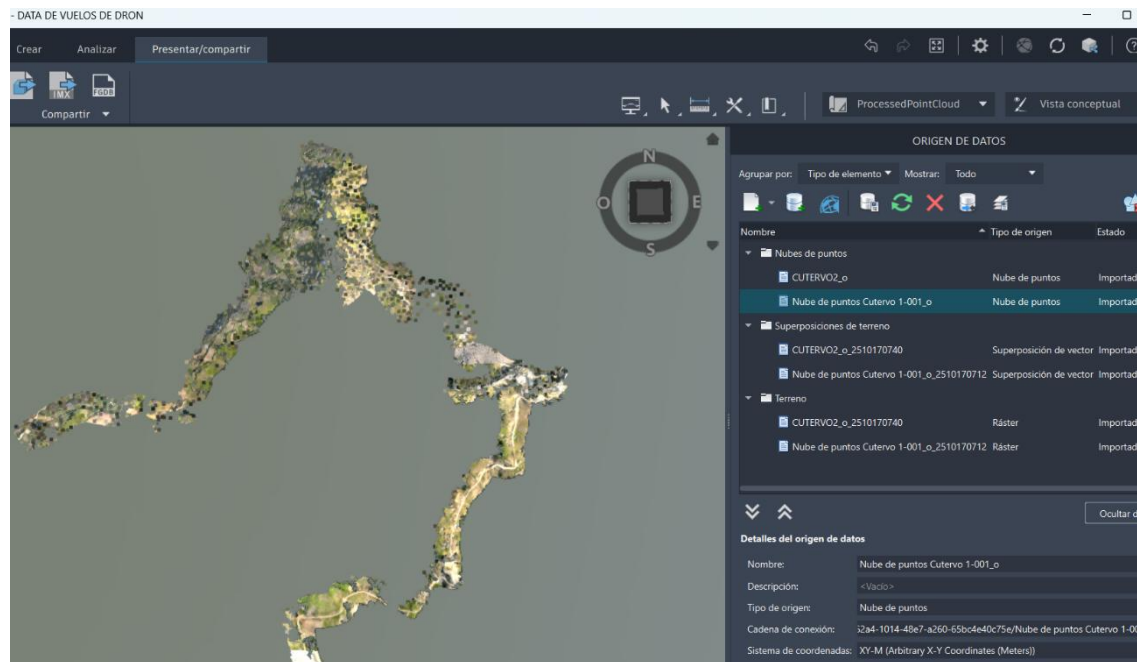
Procesamiento de la superficie del terreno - 01



Nota: En la imagen se visualiza el procesamiento de la superficie del terreno de la segunda data de nube de puntos de los vuelos del dron.

Figura 19

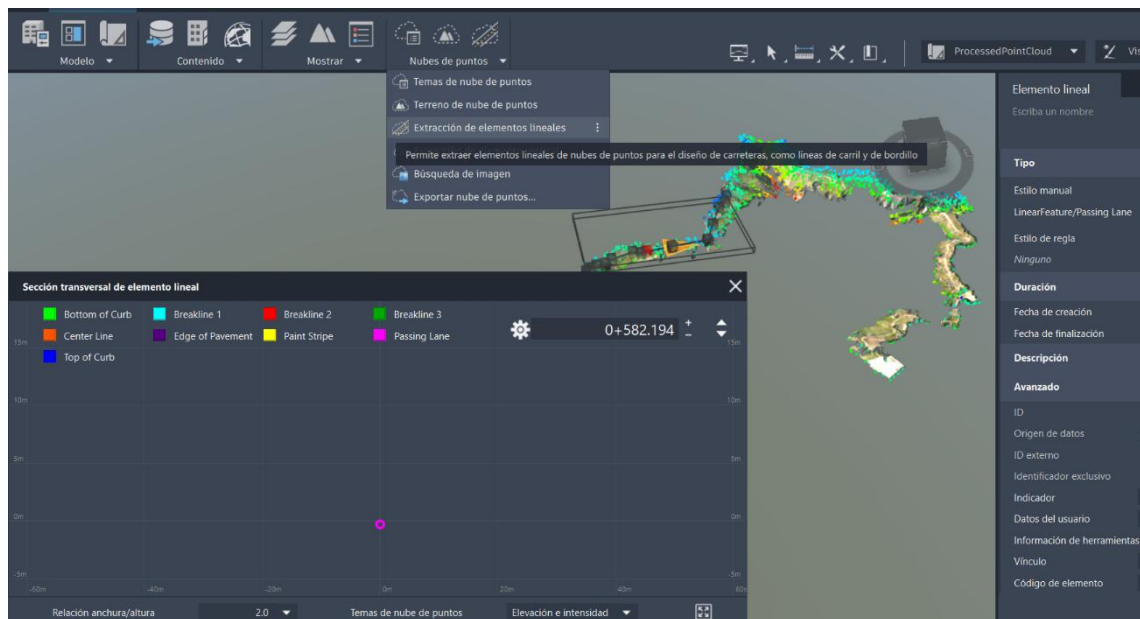
Visualización de la superficie del terreno completo



En el marco del flujo de trabajo BIM, y como preparación para la fase de diseño colaborativo entre Infracore y Civil 3D, se estableció una línea de referencia a partir de la extracción y digitalización de elementos lineales clave. Esta referencia inicial es esencial para la visualización contextual y el análisis de la topografía circundante, permitiendo localizar y considerar de manera oportuna aquellos elementos sensibles (como viviendas, cuencas o estructuras) que podrían influir directamente en el trazado definitivo del alineamiento horizontal y vertical de la carretera.

Figura 20

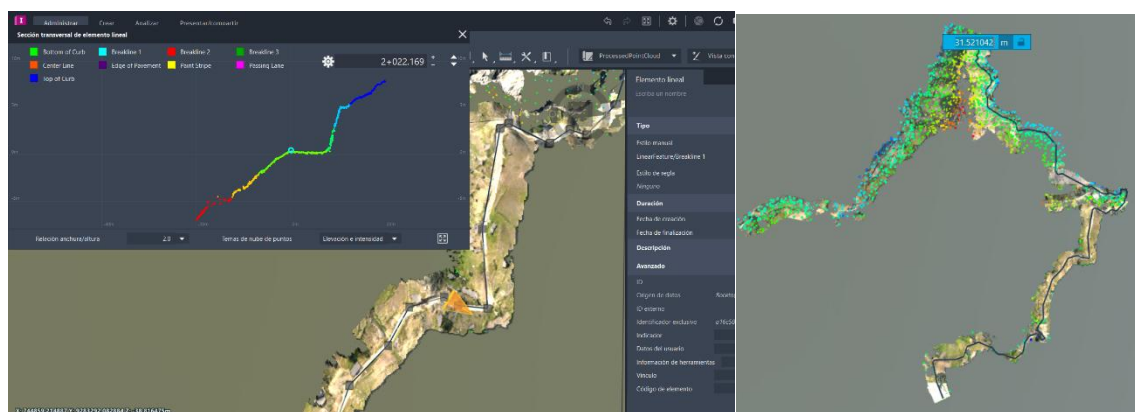
Procesamiento de dos líneas en el proyecto



Se realizó dos líneas para el proyecto, respecto a la carretera principal, con el objetivo de poder trabajar con fluidez y no sobrecargar el programa.

Figura 21

Visualización de las dos líneas en el proyecto completo

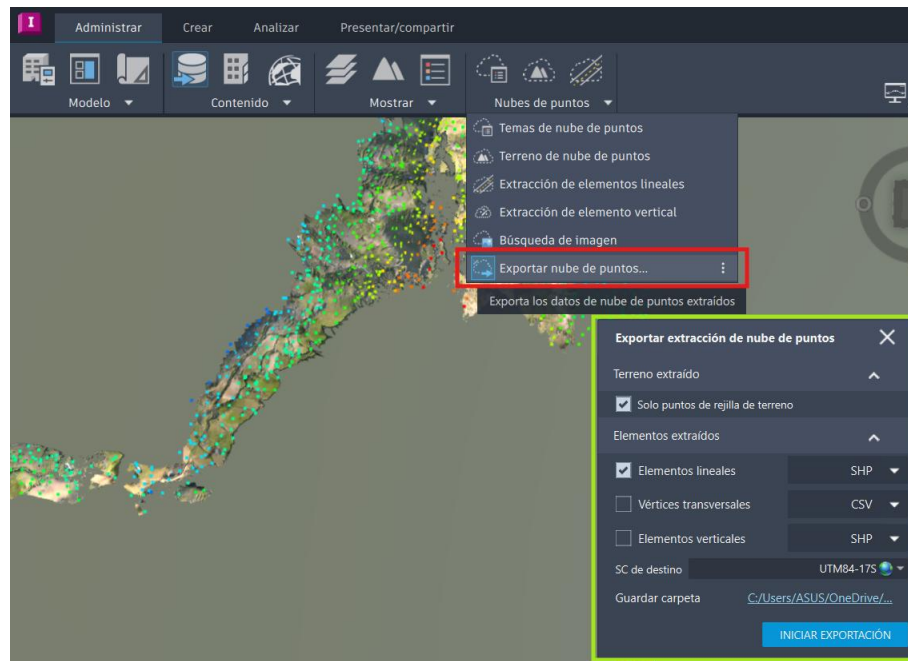


Exportación de la data modificada de InfraWorks a civil 3D,

Después de la configuración de la nube de puntos del tramo principal de la carretera, se realizó la exportación del archivo tipo SHP, de los elementos lineales creados para la correcta identificación de las posibles intersecciones.

Figura 22

Exportación del archivo tipo SHP de InfraWorks a Civil 3D

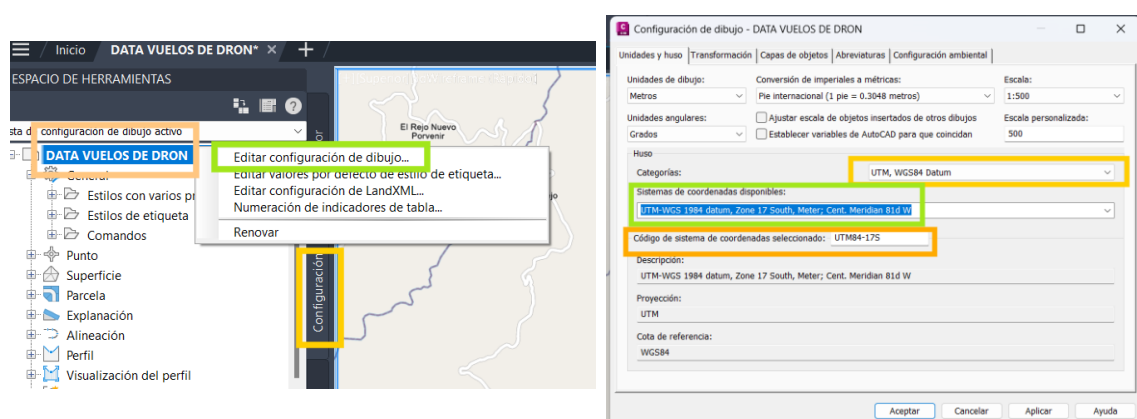


Importación de puntos en Civil 3D, para el prediseño posterior en Infraworks.

Es importante configurar la ubicación de la zona UTM correspondiente al proyecto, la cual corresponde a la UTM84-17S, ya que el proyecto se encuentra en Cajamarca.

Figura 23

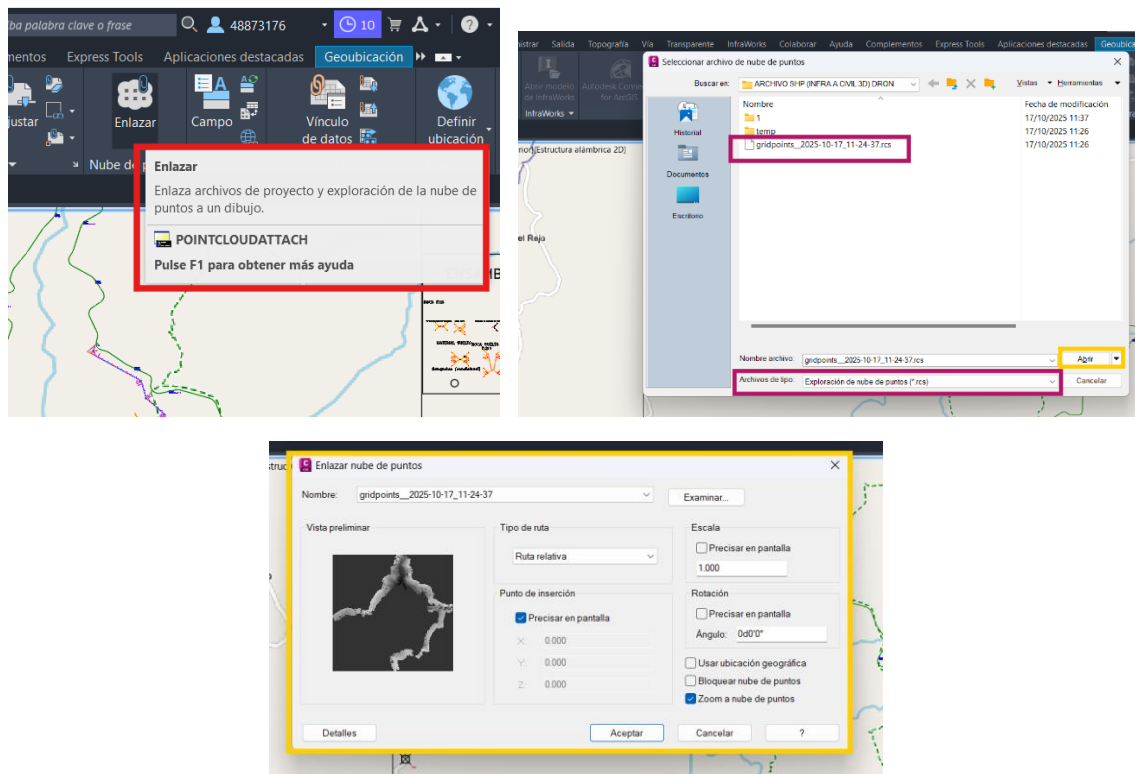
Configuración de la ubicación UTM en el proyecto



Posterior a ello se debe importar la nube de puntos como un archivo tipo RES ya que la data de vuelos de dron fue obtenida en ese tipo, y posterior manejo de propiedades e información en Infraworks se extrajo la data correspondiente a ese formato.

Figura 24

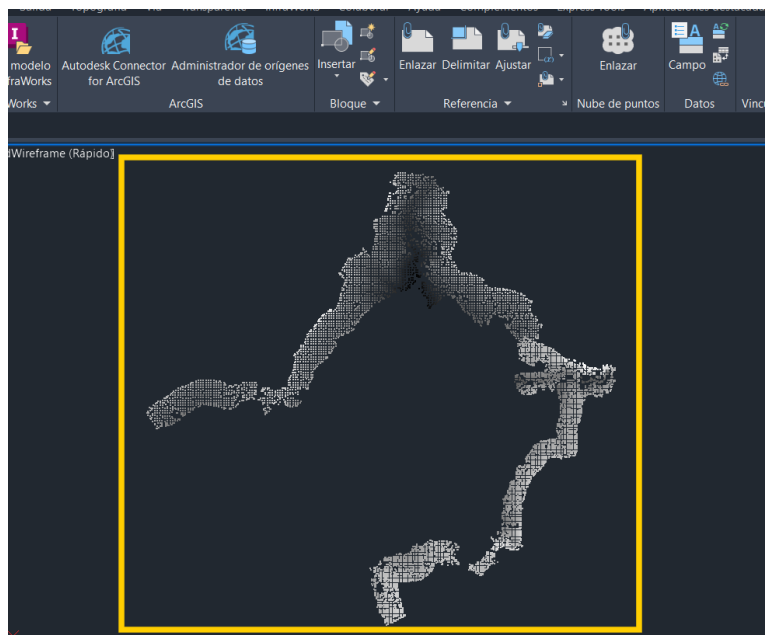
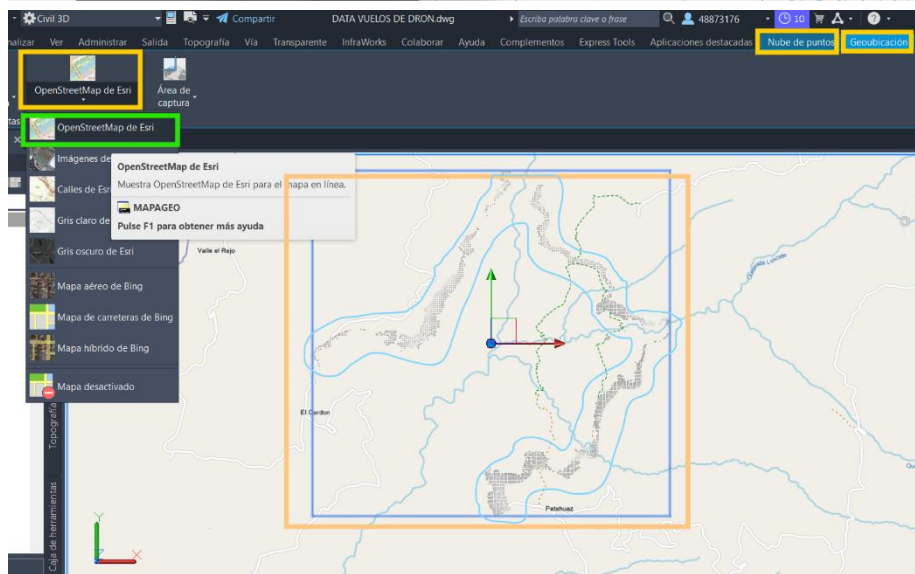
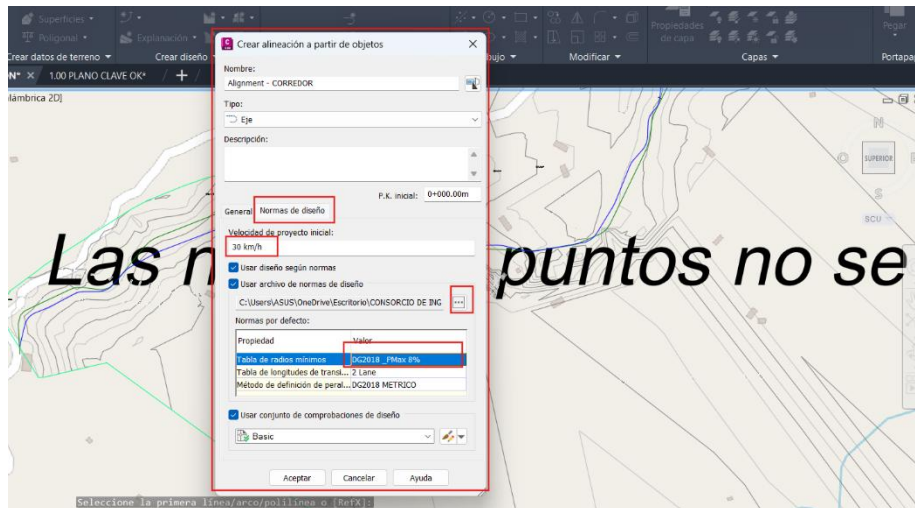
Importación a la nube de puntos - Archivo RES



Se importó correctamente la nube de puntos y líneas que ayudarán a prediseñar la carretera, ya que se activó la georreferenciación en Civil 3d y se evidenció que la zona es la misma a la del proyecto, observando el lugar llamado Patahuaz que es donde termina la carretera principal del proyecto.

Figura 25

Visualización del inicio y termino de la carretera



Se generó la superficie TN a partir de la nube de puntos de vuelos de Dron.

Figura 26

Generación de la superficie TN

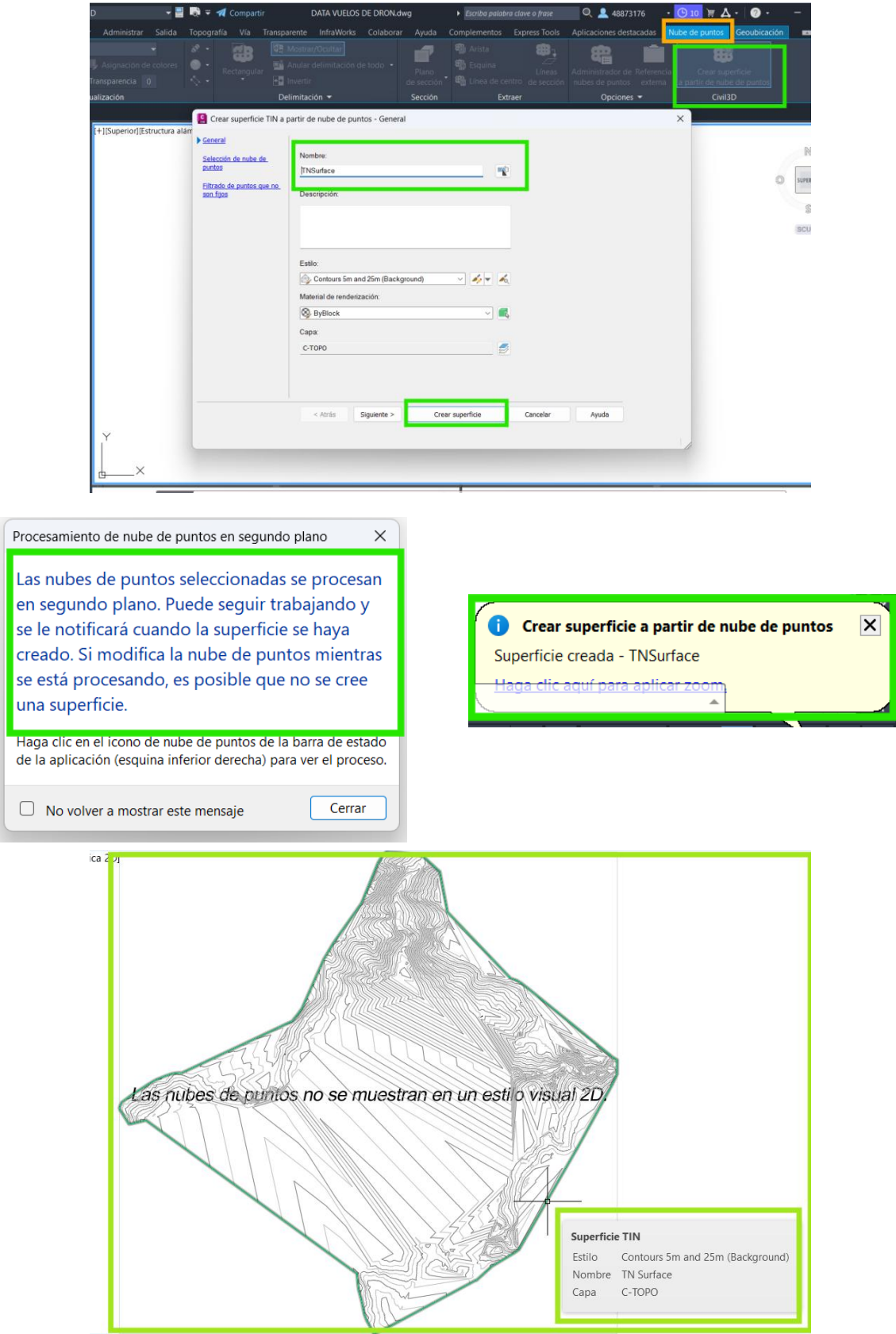


Figura 27

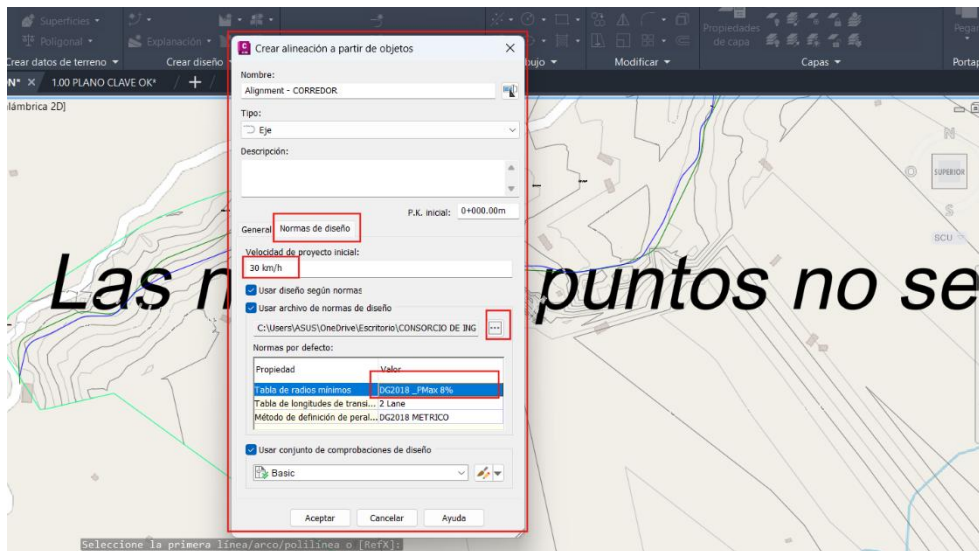
Trazado de línea de base para el alineamiento de la carretera



Se realizó el trazado de la línea base para el alineamiento de la carretera principal y secundaria teniendo en cuenta la data de vuelos de dron, las imágenes fotogramétricas tomadas en civil 3d como parte del trazado del camino y se continuó en infra Works y proceder a realizar un prediseño mejorado en cuanto a la topografía a partir de un generador de modelos, y la zona UTM del proyecto, Cajamarca, en el propio programa infra Works.

Figura 28

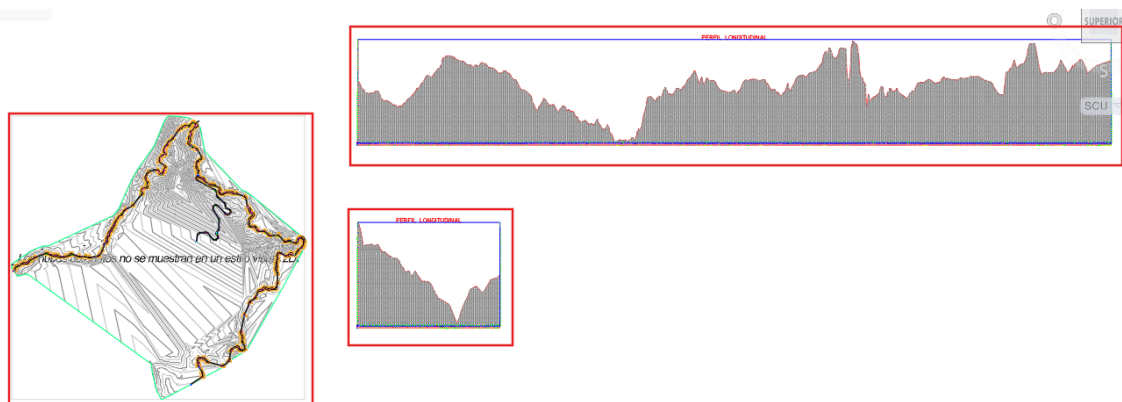
Alineamiento de la carretera



Se realizó el alineamiento de la carretera y se procedió a realizar un prediseño para visualizar mejor en Infracworks. Y se creó de manera breve el corredor de la carretera principal, de tal manera que se pueda visualizar por

Figura 29

Corredor de la carretera principal



Se verificó el trazo de la carretera en infraWorks, teniendo en cuenta la topografía, viviendas, cuencas, lagos, entre otros.

Diseño Geométrico

4.1 Diseño del Alineamiento Horizontal del Proyecto

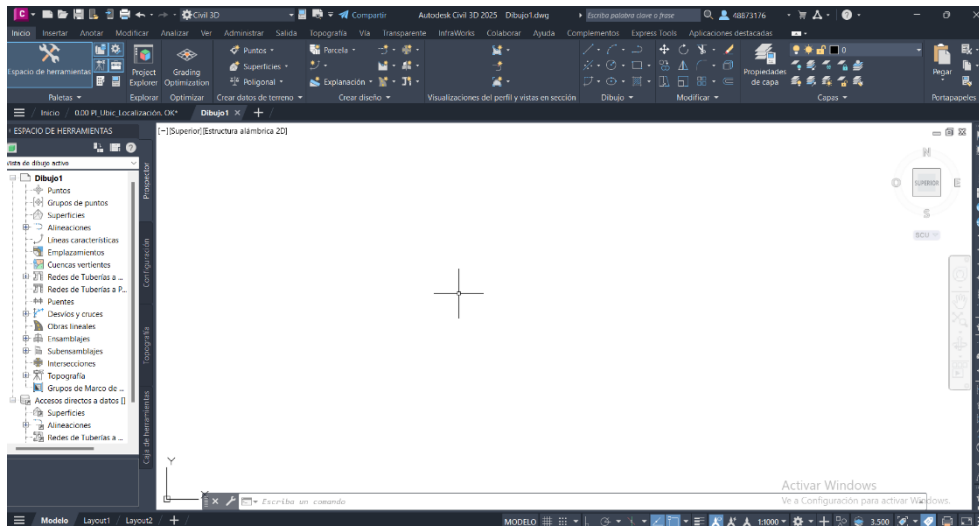
El **alineamiento horizontal** de la carretera constituye la base del diseño geométrico de la vía, un proceso crucial para el éxito del proyecto. Empleando herramientas de software avanzadas como **Civil 3D**, se ha elaborado un trazado bidimensional que se integra de manera precisa con el relieve del terreno. Este proyecto específico corresponde a una **carretera de tercer orden**, la cual se extiende por 15 kilómetros, conectando la ciudad de Cutervo con la comunidad de Solitor. Para el tramo principal del proyecto, se ha establecido una longitud total de **8.145 km**. El diseño define el recorrido con precisión, combinando tramos rectos, curvas circulares y curvas de transición para garantizar una trayectoria fluida.

La concepción de este alineamiento se ha realizado en conformidad con los criterios del **Manual de Carreteras DG-2018**, emitido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Dicho manual establece las especificaciones técnicas para vías de bajo volumen de tráfico y velocidades reducidas, en la cual se enmarca la clasificación de este proyecto. La implementación de estos parámetros es fundamental para la seguridad y el confort de los usuarios, ya que se han optimizado los **radios mínimos de curvatura**, los **peraltes** y los ajustes de la **pendiente longitudinal** y la **visibilidad**, asegurando que el diseño se adapte de forma adecuada a las condiciones topográficas del terreno.

Se tuvo en cuenta la interfaz de Civil 3D, para complementar el diseño de los ensamblajes y sub-ensamblajes.

Figura 30

Imagen del interfaz de Civil 3D



NOTA: <https://martincipoletta.com/curso-autocad/interfaz-autocad/>.

4.1.2 Gestión de Datos y Configuración del Proyecto en Civil 3D

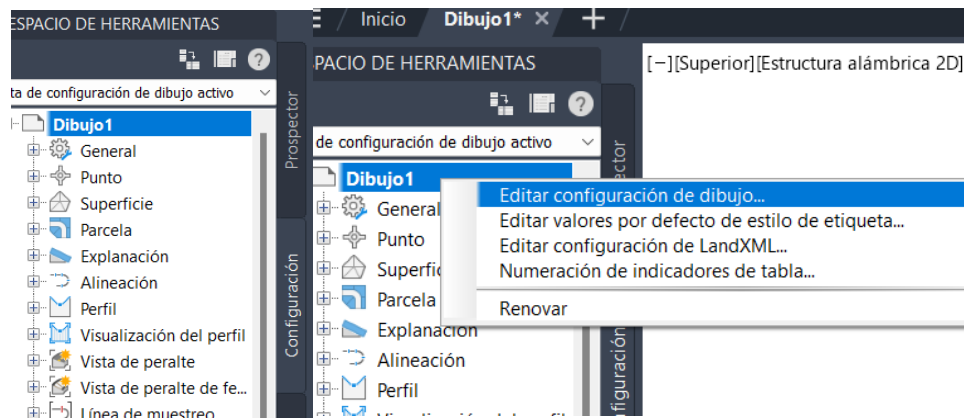
La ventana **Toolspace** es un componente esencial de la interfaz de Civil 3D, ya que permite la organización y gestión de todos los datos del proyecto, tales como alineamientos, superficies, perfiles y corredores. Esta ventana está compuesta por varias pestañas funcionales como **Prospector**, **Settings**, **Survey** y **Toolbox**.

La pestaña **Prospector** es la más utilizada. Muestra la jerarquía de los elementos del dibujo, lo que facilita la navegación y el acceso a los datos de la obra. Por su parte, la pestaña **Settings** es fundamental para establecer la configuración del proyecto, incluyendo estilos, unidades y parámetros de diseño.

Una función clave del Toolspace es la capacidad de modificar la configuración del dibujo. Como se ilustra en la imagen, esto se logra haciendo clic derecho en el nombre del archivo, por ejemplo, "Drawing1", y seleccionando la opción **"Edit Drawing Settings"**. Esta acción abre una ventana de diálogo donde se pueden definir parámetros cruciales para el proyecto, como el sistema de coordenadas, las unidades de medición y otros ajustes esenciales que garantizan la precisión del diseño.

Figura 31

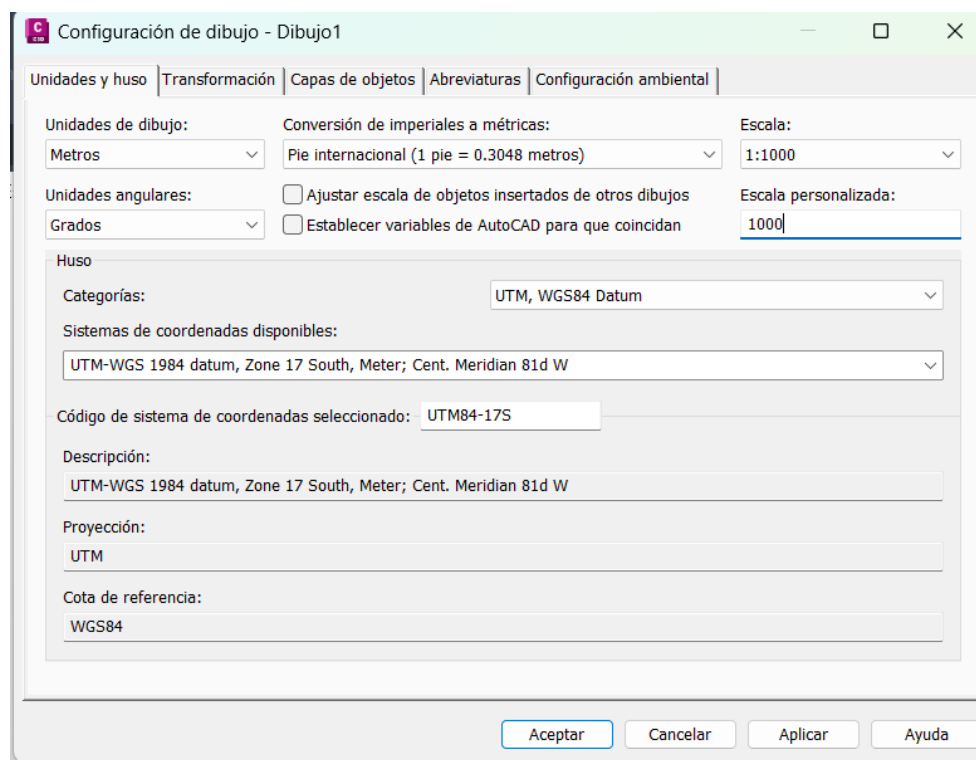
Configuración del entorno de Civil 3D



Nota: Elaboración Propia

Figura 32

Configuración de coordenadas del proyecto en Civil 3D



Nota: Elaboración Propia.

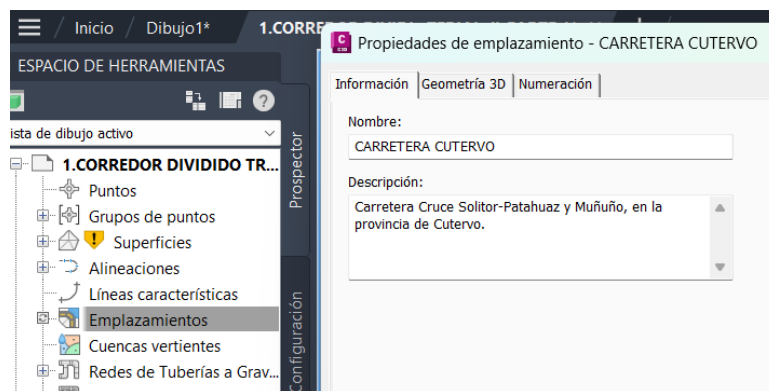
4.1.2 Configuración del Sitio de Diseño en Civil 3D.

Para la gestión del proyecto de tu tesis, se ha configurado un **Site** denominado "CARRETERA CUTERVO". En este entorno de trabajo, se centralizan y organizan los elementos geométricos y topográficos de la vía, que se extiende desde el cruce Solitor hasta las localidades de Patahuaz y Muñuño, en el distrito y provincia de Cutervo.

La segmentación del proyecto en este Site permite una gestión eficiente de la información, ya que evita conflictos entre los alineamientos de los tramos y las diferentes plataformas de diseño. Esto mejora la precisión del modelo, facilita la actualización coherente de los datos y, a su vez, contribuye a la interoperabilidad con otras plataformas BIM, lo que optimiza la integración de los modelos digitales y fortalece la gestión colaborativa del proyecto.

Figura 33

Sitio denominado "CARRETERA CUTERVO" en Civil 3D



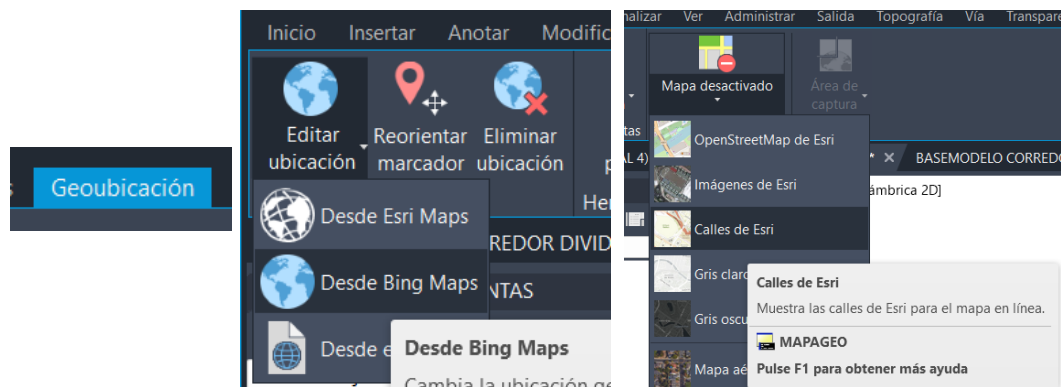
Nota: Elaboración Propia.

4.1.4 Superficie a partir de líneas.

Se copió las polilíneas de la superficie del corredor de los planos existentes en 2d, y se pegó como coordenadas originales, y para verificar la ubicación se procedió a activar la geoubicación del espacio de trabajo, en la imagen se visualiza los lugares de Muñuno y Patahuaz.

Figura 34

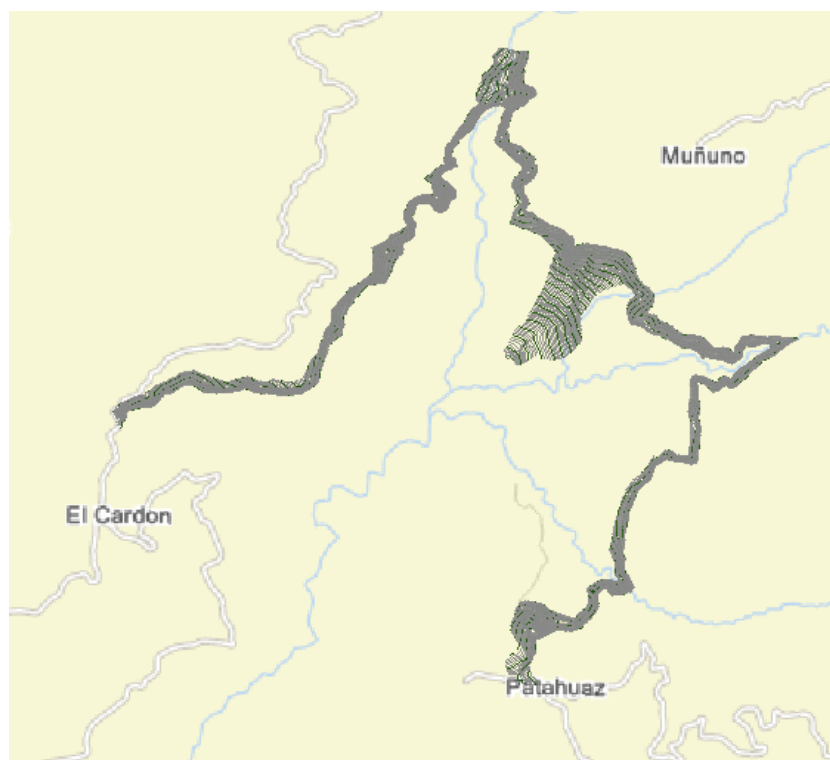
Configuración de ubicación del proyecto en Civil 3D



Nota: Elaboración Propia.

Figura 35

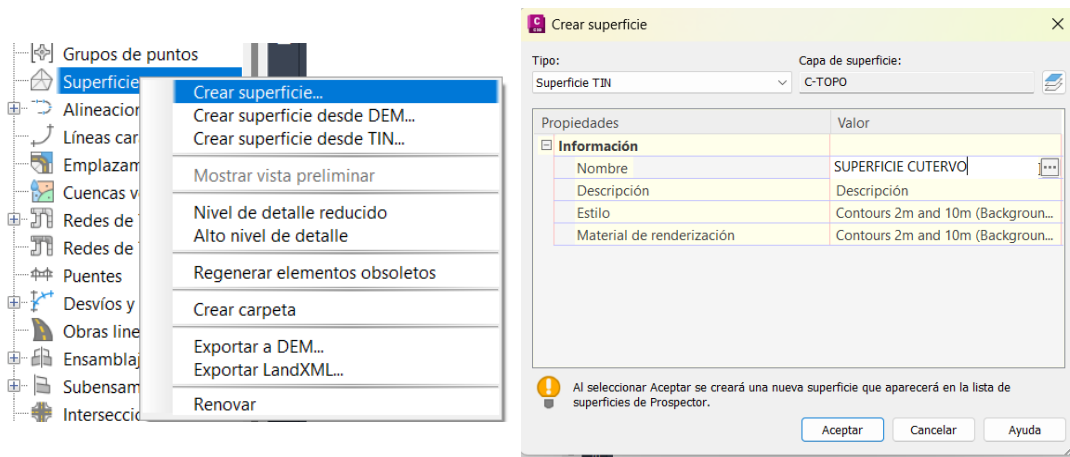
Visualización de líneas para superficie del proyecto en Civil 3D



Nota: Elaboración Propia.

Figura 36

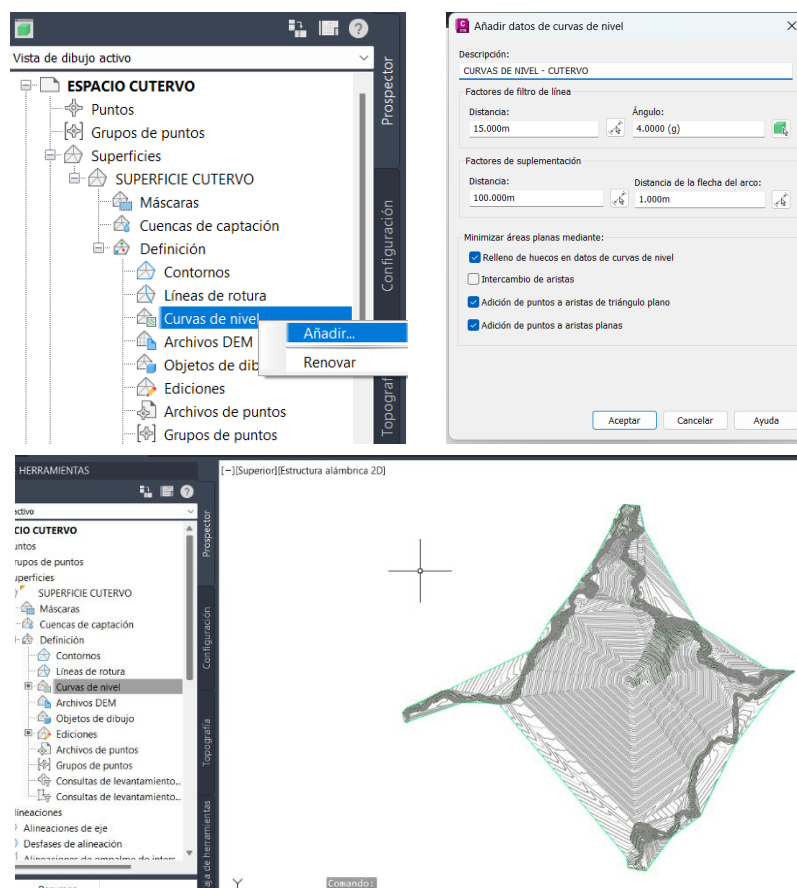
Creación de superficie



Nota: Elaboración Propia.

Figura 37

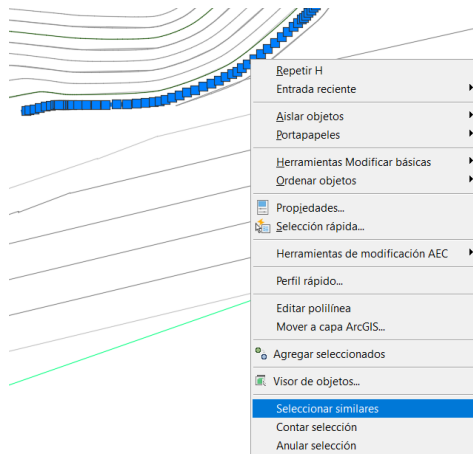
Adición de curvas de nivel de superficie del proyecto



Nota: Elaboración Propia.

Figura 38

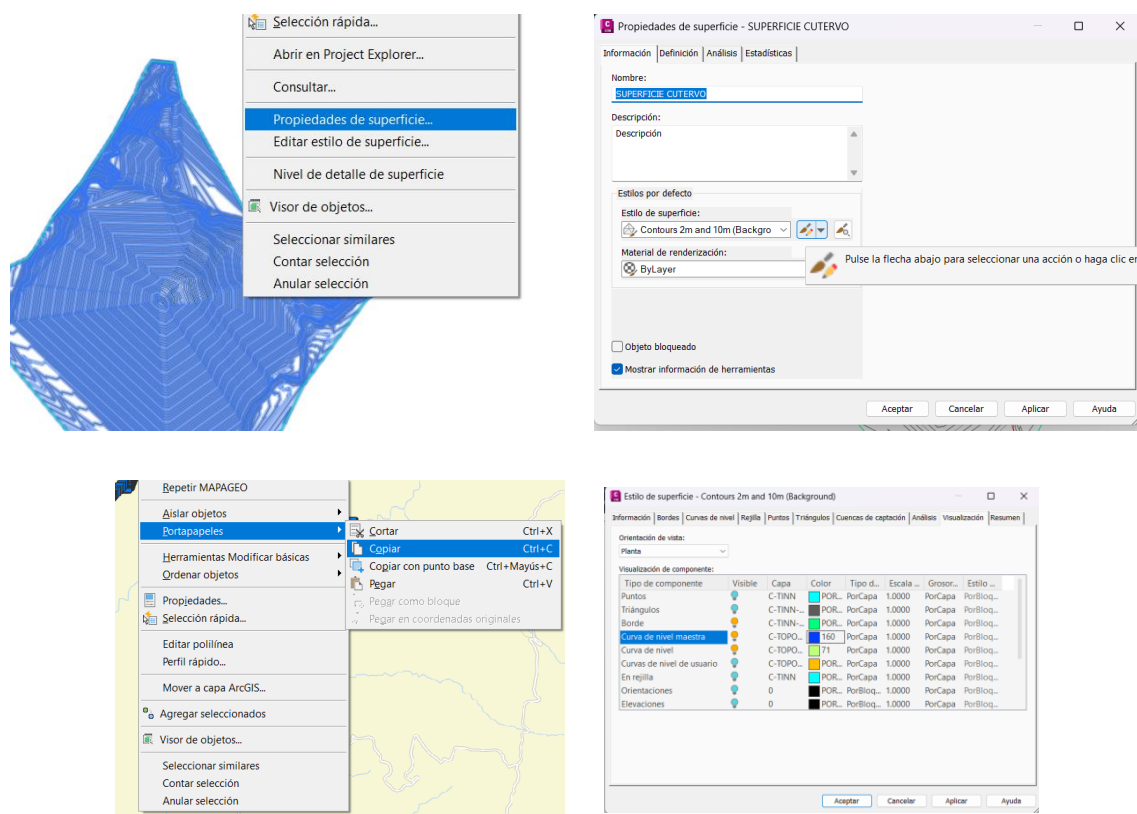
Selección de las líneas de curvas y suprimir



Nota: Elaboración Propia.

Figura 39

Edición de curvas de nivel de superficie del proyecto.



Nota: Elaboración Propia.

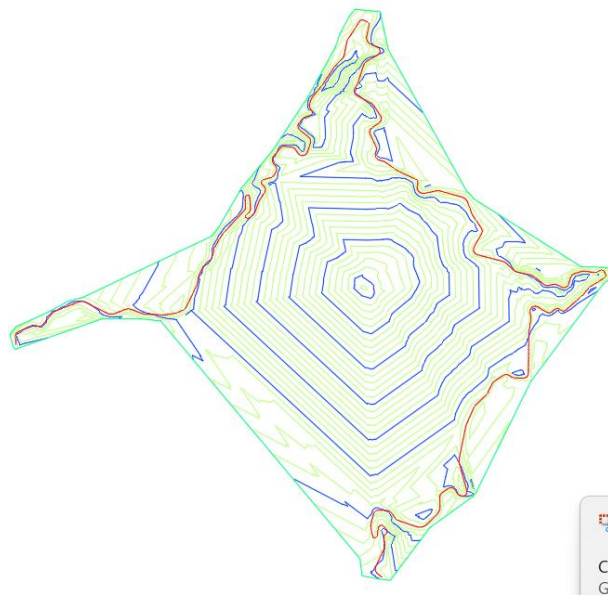
4.1.5 Alineamiento de carretera de tercera clase.

Se realizó el alineamiento de la carretera, teniendo en cuenta el cumplimiento de radios mínimos, longitudes de tangentes mínimas y grados de inclinación, según el DG 2018,

por ello se copió las polilíneas de la superficie del corredor de los planos existentes en 2d, y se pegó como coordenadas originales, y para verificar la ubicación se procedió a activar la geoubicación del espacio de trabajo, en la imagen se visualiza los lugares de Muñuno y Patahuaz.

Figura 40

Copia y pegado en coordenadas originales de línea base de la carretera



Nota: Elaboración Propia.

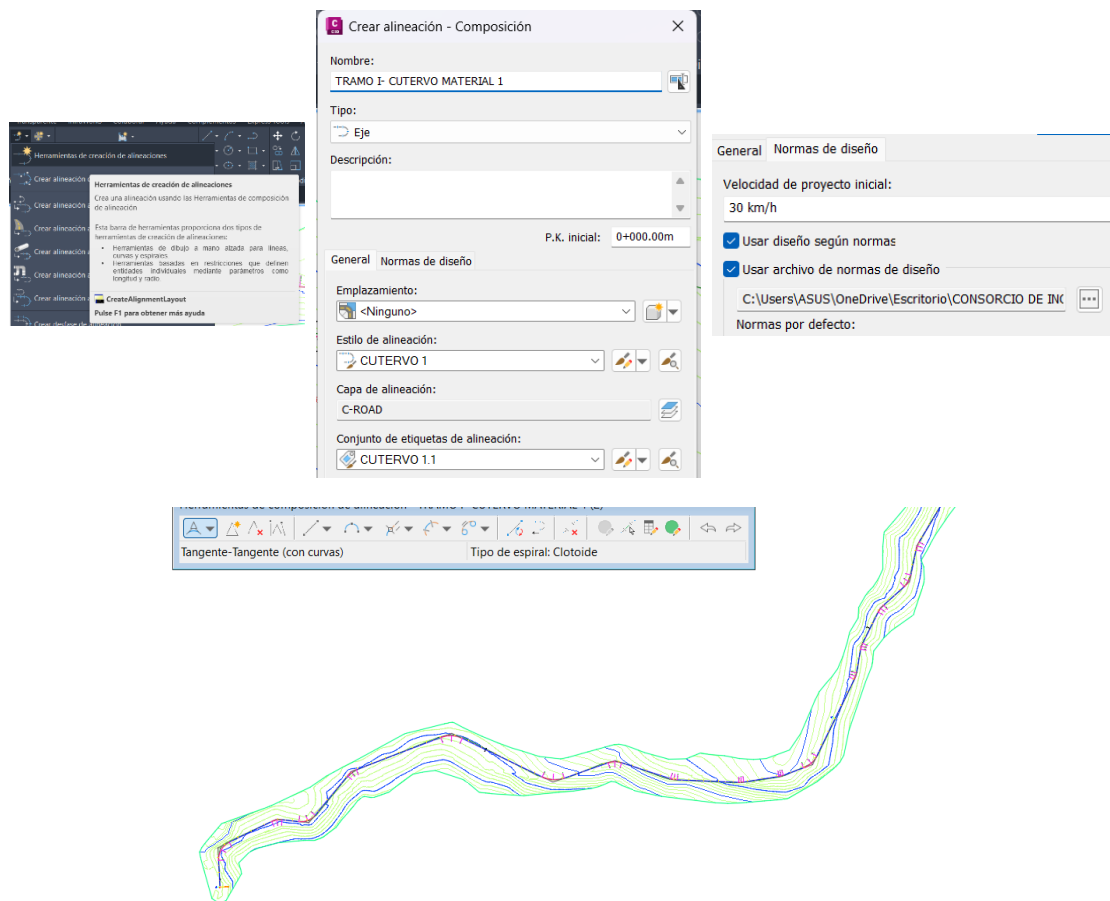
4.1.6 Diseño del Alineamiento Horizontal en Civil 3D

El diseño del alineamiento horizontal en Civil 3D es el proceso mediante el cual se define el eje de la vía. Esto se logra a través de la combinación de tramos rectos y curvas que garantizan una transición adecuada a lo largo del recorrido. La figura N° ilustra el uso de la herramienta de composición de alineación, con la que se ha creado un alineamiento que incorpora tangente-tangente (con curvas). La inclusión de estas curvas es esencial para asegurar una transición fluida en los cambios de dirección, lo que contribuye a la seguridad y comodidad del usuario.

Para optimizar la geometría de la vía, el trazado se ha ajustado utilizando datos de levantamientos topográficos y la información de la superficie del terreno. Esta metodología permite que el diseño se adapte de manera precisa a las condiciones existentes. Posteriormente, a partir de este alineamiento principal, se pueden generar los perfiles longitudinales y las secciones transversales de la vía, completando así el diseño geométrico del proyecto.

Figura 41

Trazo de alineamiento en civil 3D



Nota: Elaboración Propia.

Figura 42

Propiedades de la alineación

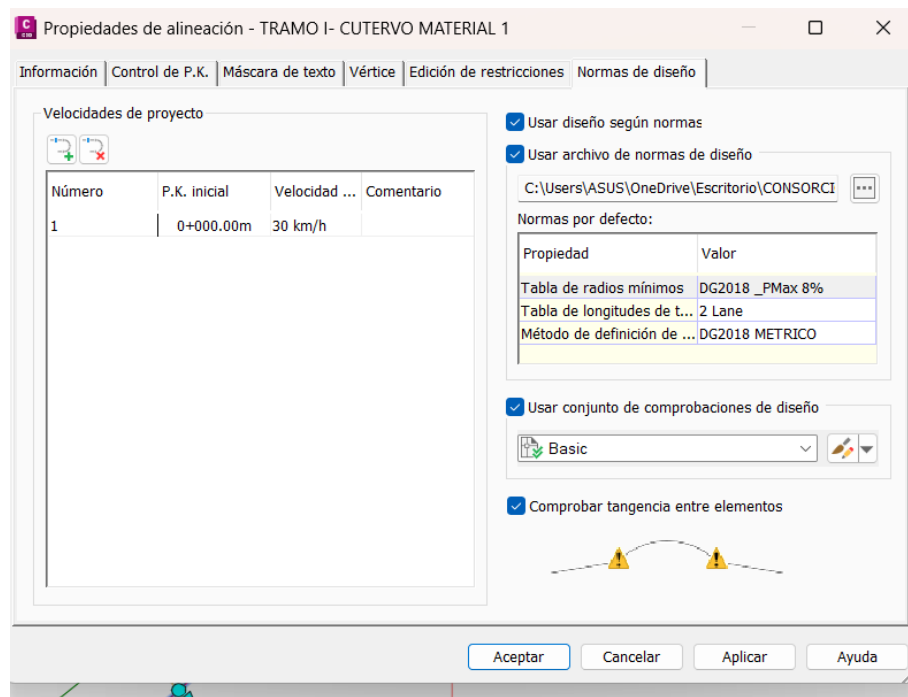
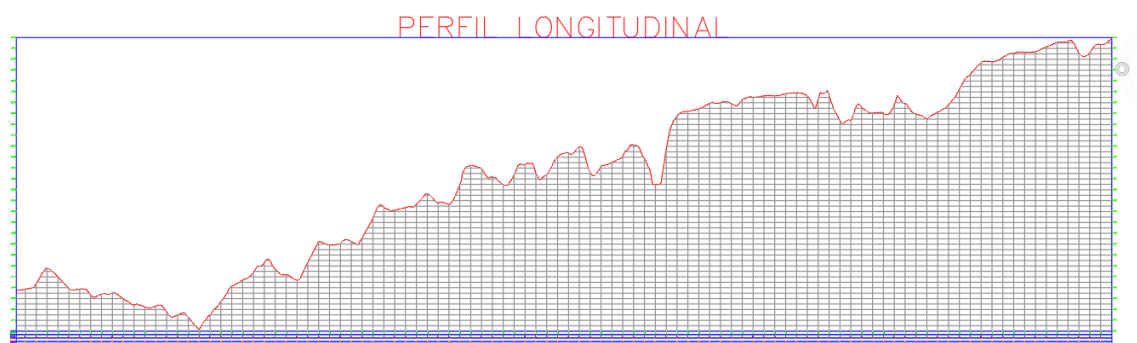


Figura 43

Creación de perfil longitudinal

[Supernote] [estructura aliamrica 20]



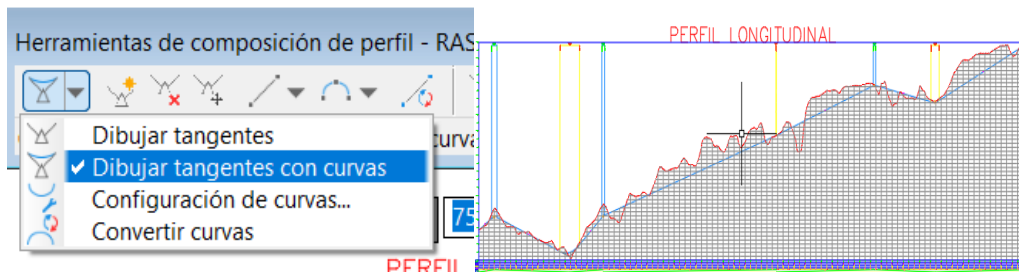
Nota: Elaboración Propia.

4.1.7 Diseño de la Rasante en Civil 3D

Para el diseño de la rasante en Civil 3D se tuvo en cuenta la memoria descriptiva del proyecto, los cuales a su vez se basaron en los estudios de suelos y del proyecto en general, finalmente se concluyó una pendiente entre 1.33% al 11%.

Figura 44

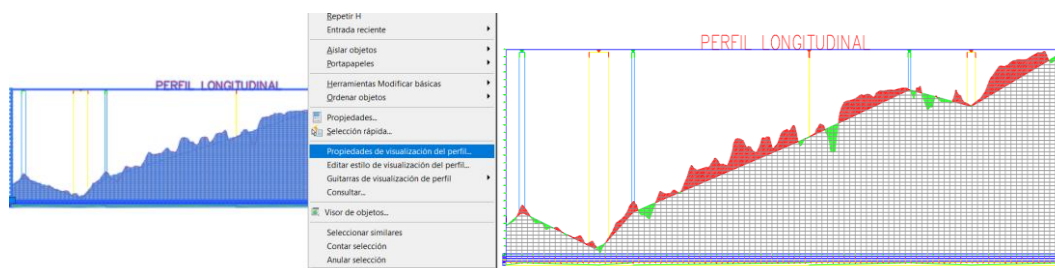
Creación de rasante de perfil longitudinal



Nota: Elaboración Propia.

Figura 45

Adición de áreas de corte y relleno



NOTA: Elaboración Propia.

Figura 46
Edición de guitarras o etiquetas de perfil

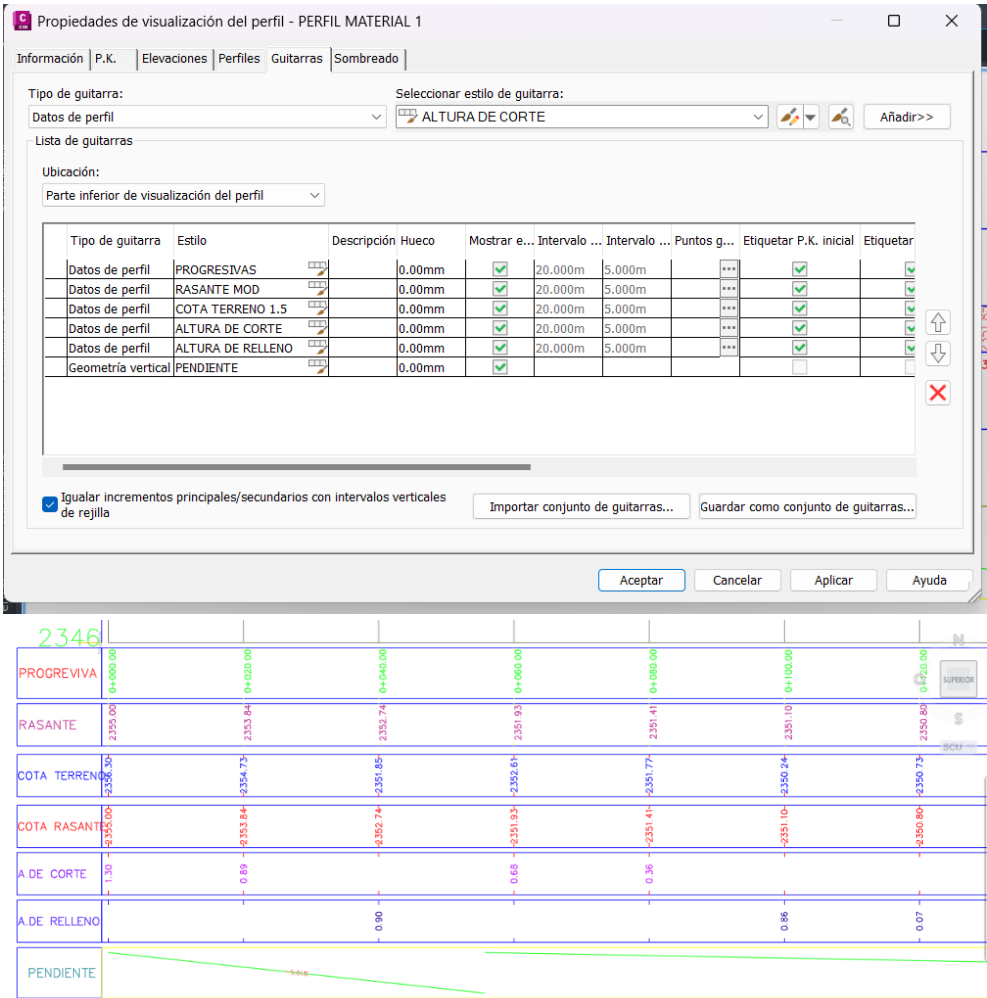


Figura 47
Creación de subrasante

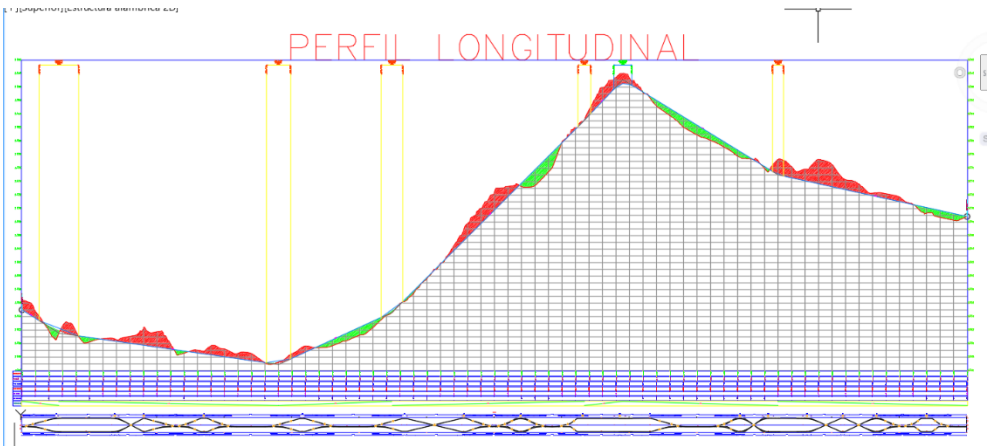
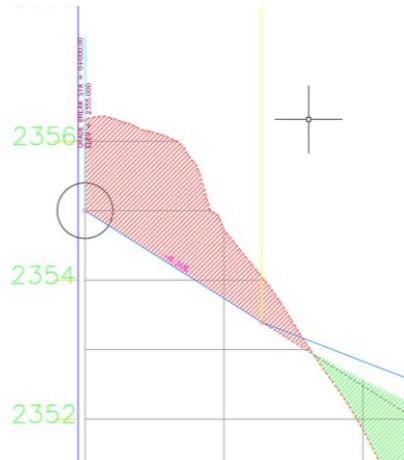


Figura 48

Subrasante de perfil longitudinal tramo I (progresiva 0 km hasta 1400km)



Se realizó una circunferencia de 4 m debido a que el espesor de la superficie de rodadura del proyecto es de 0.4 m en total, se debe considerar una escala de 10, lo cual generó la asignación de los 4 m de la circunferencia.

4.1.7 Modelado De Corredor Vial

El modelado de un corredor vial en Civil 3D es el proceso de crear una representación tridimensional de la carretera. Esta representación se genera a partir de elementos de diseño que se han desarrollado previamente, como el alineamiento horizontal, el perfil longitudinal y las secciones transversales.

Este proceso de modelado integra todos los componentes de la vía, incluyendo los carriles, las bermas, las cunetas y los taludes, en una única superficie digital dinámica. Esto facilita el análisis y la optimización del diseño. Una de las ventajas principales del corredor es su capacidad para ajustarse de manera automática a cualquier modificación en la rasante o en el ancho de la vía. Además, permite a los ingenieros evaluar los volúmenes de corte y relleno con precisión, generar planos detallados de la construcción y exportar los datos del proyecto de manera eficiente.

4.1.8 Creación de sub-ensamblaje

Configuración de Secciones Transversales y Sub-Ensamblajes

La Figura N° , ilustra la configuración y edición de un sub-ensamblaje dentro de Civil 3D, un paso crucial para definir los parámetros de diseño de las secciones transversales de la vía. Estos elementos son fundamentales, ya que dan forma al corredor vial. En la ventana de propiedades del ensamblaje, se detallan las secciones típicas de la carretera, que incluyen componentes clave como carriles, bermas, cunetas y las distintas capas estructurales del pavimento.

Cada uno de estos elementos cuenta con referencias paramétricas y valores de entrada que permiten la adaptación precisa del diseño a las condiciones específicas del proyecto. Esto asegura que las dimensiones y pendientes puedan ajustarse para cumplir con los requisitos técnicos, normativos y topográficos del terreno, optimizando así el diseño final.

Figura 49

Tipo de suelo presente, según progresivas por cada tramo

TRAMO I 0+000 Km - 8 + 145.00	
DESCRIPCION DE SUELO	PROGRESIVA
MATERIAL SUELTO	0+000 Km- 1+400 Km
ROCA SUELTA	1+400 Km - 1+540 Km
MATERIAL SUELTO	1+540 Km- 2+480 Km
ROCA SUELTA	2+480 Km- 2+590 Km
MATERIAL SUELTO	2+5900 Km- 2+950 Km
ROCA SUELTA	2+950 Km- 4+410 Km
MATERIAL SUELTO	4+410 Km- 4+970 Km
ROCA FIJA	4+970 Km- 5+460 Km
MATERIAL SUELTO	5+460 Km- 6+580 Km
ROCA SUELTA	6+580 Km- 7+200 Km
MATERIAL SUELTO	7+200 Km- 8+145 Km

TRAMO II 0+000 Km - 1+323 km	
DESCRIPCION DE SUELO	PROGRESIVA
MATERIAL SUELTO	0+000 km - 0+770 km
ROCA SUELTA	0+770 km - 0+880 km
MATERIAL SUELTO	0+880 km - 1+323 km

Figura 50
Creación de ensamblajes y sub-ensamblajes

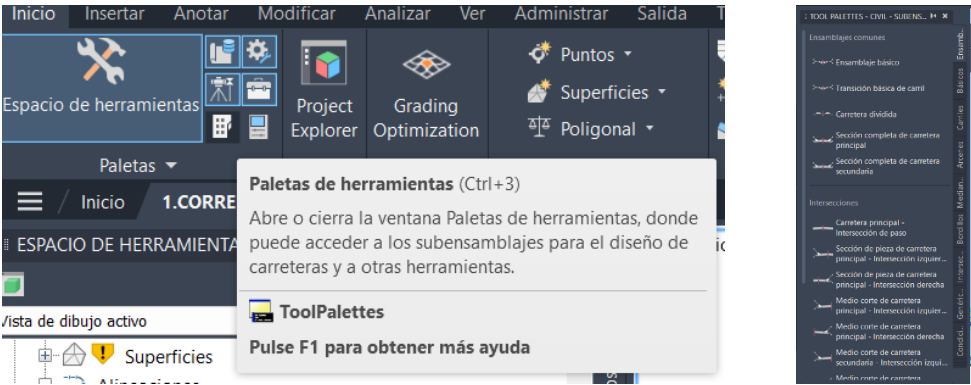
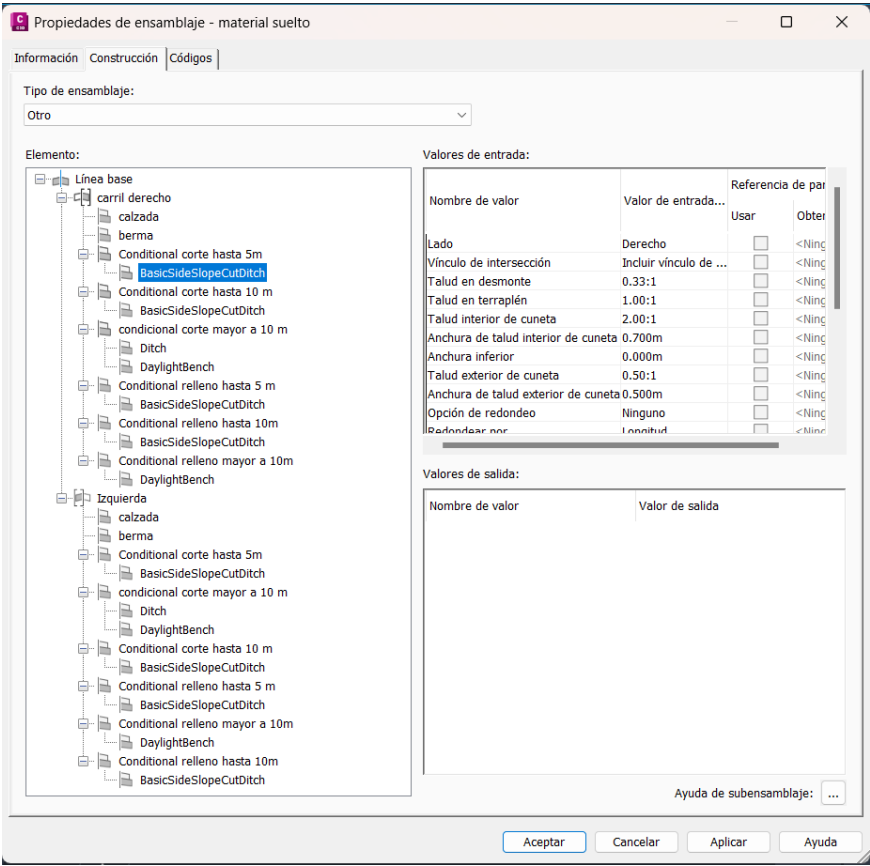


Figura 51
Propiedades de ensamblaje - Material suelto



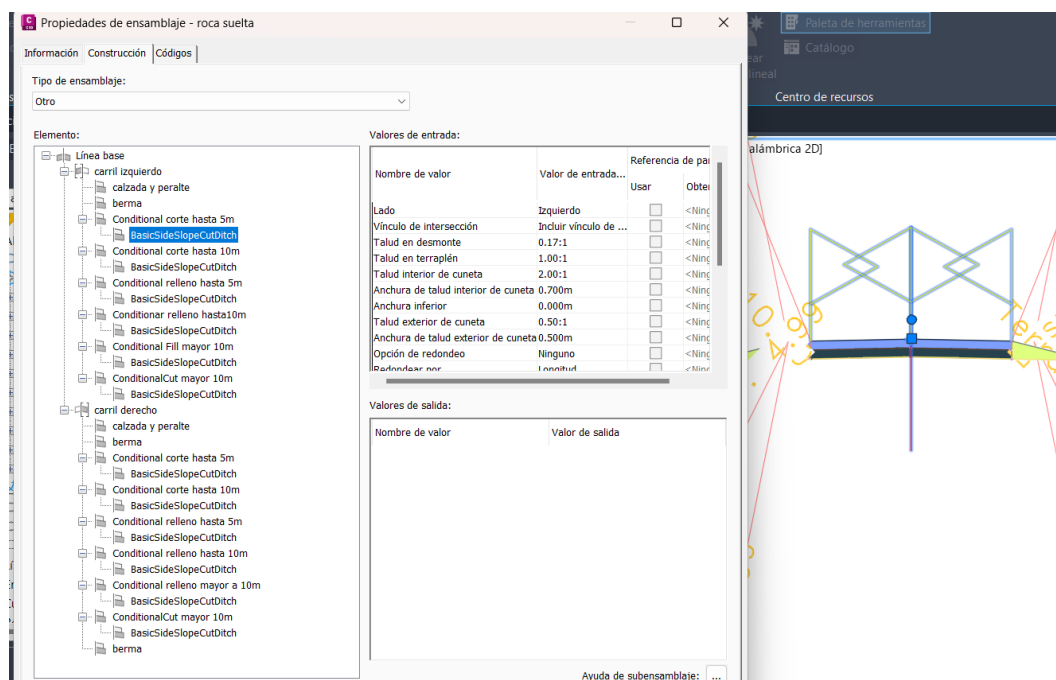
Nota: Elaboración Propia.

Para la creación e inserción de datos del ensamblaje con las características de material suelto, se debe tener en cuenta el DG 2018, en el cual especifica los valores para corte y relleno, en corte en este caso se consideró 1:3, debido a los estudios correspondientes

del proyecto indica que el material encontrado se clasifica como grava, por ende, para desmonte se debe realizar la división $1/3=0.33$, como consecuencia el talud en desponte se consideró 0.33 y terraplén 1.

Figura 52

Propiedades de ensamblaje - Roca suelta



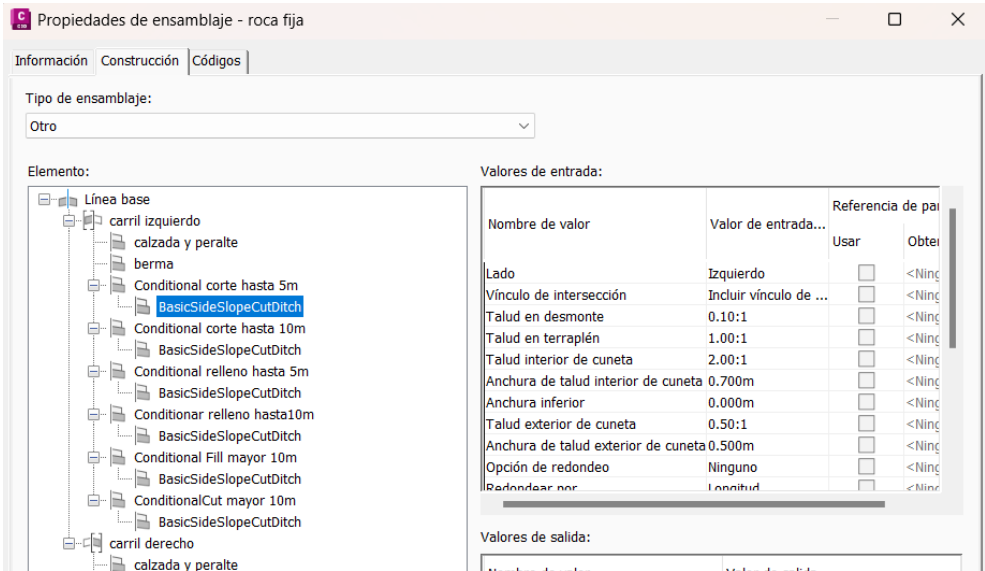
Para la creación y configuración del ensamblaje, se realizó la inserción de los datos de los taludes de corte y relleno conforme a las especificaciones del **Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018)**. Los estudios de mecánica de suelos del proyecto indicaron que hay material predominante en la zona el cual se clasifica como roca suelta, lo que influye directamente en la estabilidad de los taludes.

- En la sección de **corte**, se definió un talud con una pendiente de **1:6**, basándose en la estabilidad del material. El valor decimal de **0.17** (resultado de $1/6$) se utilizó para la configuración del desmonte.
- Para el **terraplén** (relleno), se estableció un talud con una pendiente de **1:1**.

Estos parámetros fueron seleccionados para garantizar la estabilidad de la plataforma vial, respetando las características geotécnicas del terreno y los lineamientos normativos.

Figura 53

Propiedades de ensamblaje - Roca fija



Para la creación y configuración del ensamblaje del corredor, se realizó la inserción de datos de taludes de corte y relleno según las directrices del **Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018)**. Los estudios de mecánica de suelos del proyecto indicaron que otro material predominante en la zona de estudio es **roca fija**, lo que impactó directamente en la estabilidad y diseño de los taludes.

- En la sección de **corte**, se optó por un talud con una pendiente de **1:10**, la cual se determinó a partir de las propiedades del material rocoso. Para la configuración en el software, se empleó el valor decimal de **0.10** para el desmonte.
- Para el **terraplén** (relleno), se definió un talud con una pendiente de **1:1**.

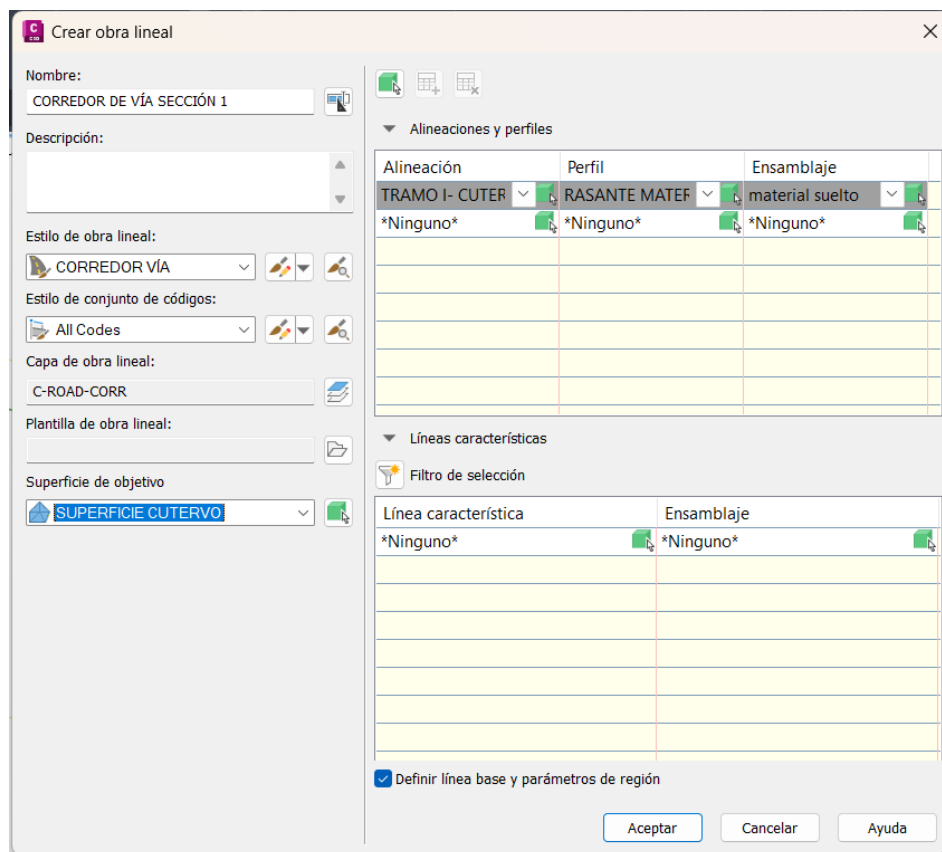
La selección de estos parámetros fue fundamental para asegurar la estabilidad de la plataforma vial, garantizando el cumplimiento de los lineamientos normativos y las características geotécnicas específicas del terreno.

4.3.2 Creación y modelado del corredor vial

En la Figura N° ilustra el proceso de creación de un corredor vial en Civil 3D, una etapa crucial para el diseño tridimensional de la carretera. Este modelo se genera a partir de la integración de parámetros técnicos y normativos definidos previamente, como el alineamiento horizontal, el perfil longitudinal y los ensamblajes de las secciones típicas. El software, a través de la herramienta **Crear obra lineal**, permite la creación del corredor especificando un nombre, y vinculándolo a la alineación, el perfil y los ensamblajes. Una vez creado, el modelo 3D muestra de manera visual las plataformas y los taludes de la carretera, utilizando líneas y colores para diferenciar los elementos de la estructura vial, como bermas y cunetas. Esto facilita la revisión y el análisis del diseño antes de su ejecución.

Figura 54

Creación del corredor vial



4.3.2 Cálculo de peralte del corredor vial

El peralte de una carretera, que es la inclinación transversal de la calzada en las curvas, se calculó en Civil 3D como un paso crítico para garantizar la estabilidad y seguridad de los vehículos. Este cálculo es de vital importancia, especialmente en una **carretera de tercera clase**, ya que compensa la fuerza centrífuga que experimentan los vehículos al tomar una curva, evitando que se salgan de la vía.

Los resultados mostraron que los valores de peralte se mantuvieron dentro de los parámetros establecidos por el **Manual de Carreteras DG-2018**, con un peralte máximo de **8%** para las curvas de menor radio. La correcta implementación del peralte en el diseño del corredor vial permitió:

- **Minimizar la pérdida de tracción:** La inclinación de la vía ayuda a que la fuerza de la gravedad se combine con la fuerza centrífuga, lo que aumenta la fricción lateral de los neumáticos.
- **Mejorar la seguridad:** Al contrarrestar la fuerza centrífuga, el peralte reduce la posibilidad de deslizamientos y vuelcos, permitiendo a los conductores mantener el control del vehículo sin reducir drásticamente la velocidad.
- **Incrementar la comodidad del usuario:** Una transición suave en el peralte (con la ayuda de espirales de transición) proporciona una experiencia de conducción más cómoda y predecible.

En la figura se puede observar un diagrama que ilustra la aplicación del peralte a lo largo de una de las curvas del proyecto, lo cual confirma que el diseño cumple con los requisitos técnicos para una operación segura y eficiente.

Figura 55

Aplicación del peralte a lo largo de una de las curvas del proyecto



Figura 56

Creación de vista de peralte

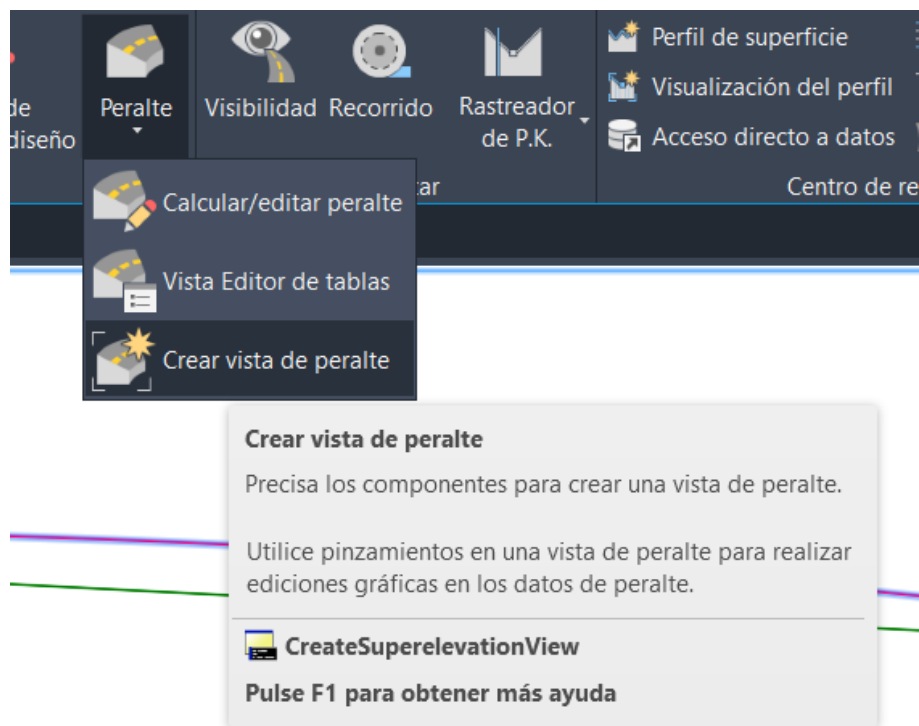


Figura 57

Creación de líneas de muestreo

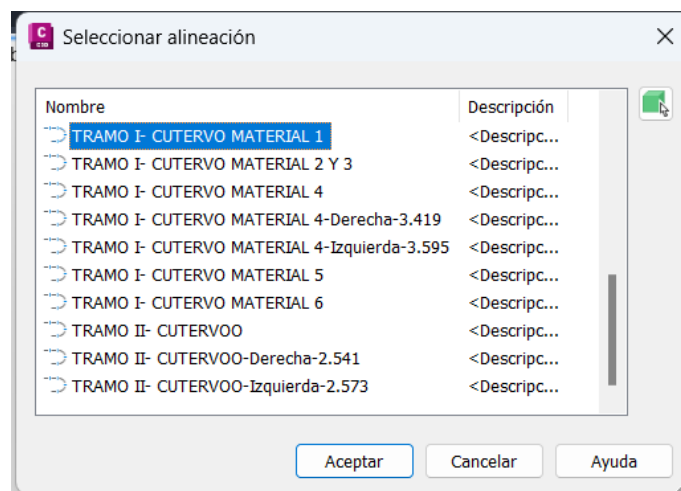


Figura 58

Selección del alineamiento de cada seccion de la carretera

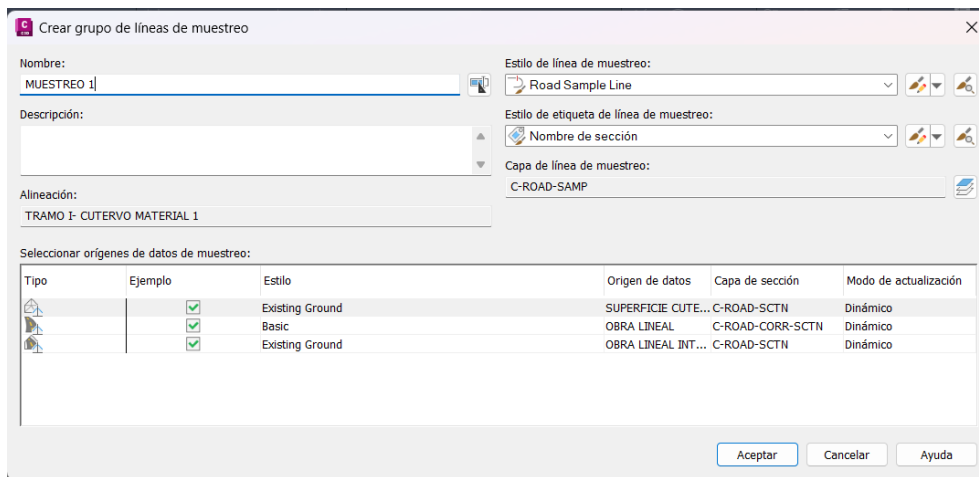
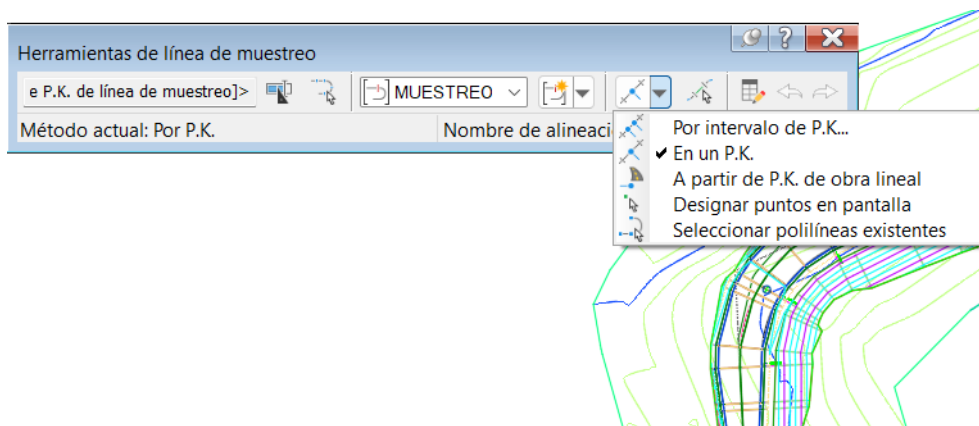


Figura 59

Selección de la superficie de la carretera el corredor y la superficie del corredor alineamiento de cada seccion de la carretera



Revisión de memoria descriptiva del proyecto

Para el estudio se han tomado en cuenta las secciones transversales del terreno en cada una de las estacas a cada 20 cm en tangente y cada 10m en curvas.

Figura 60

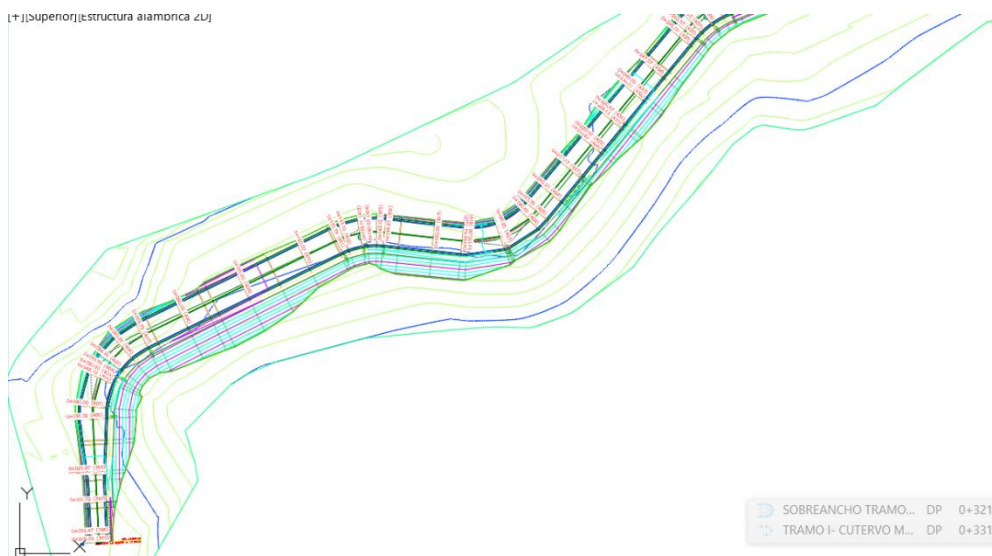
Creación de líneas de muestreo por intervalo PK

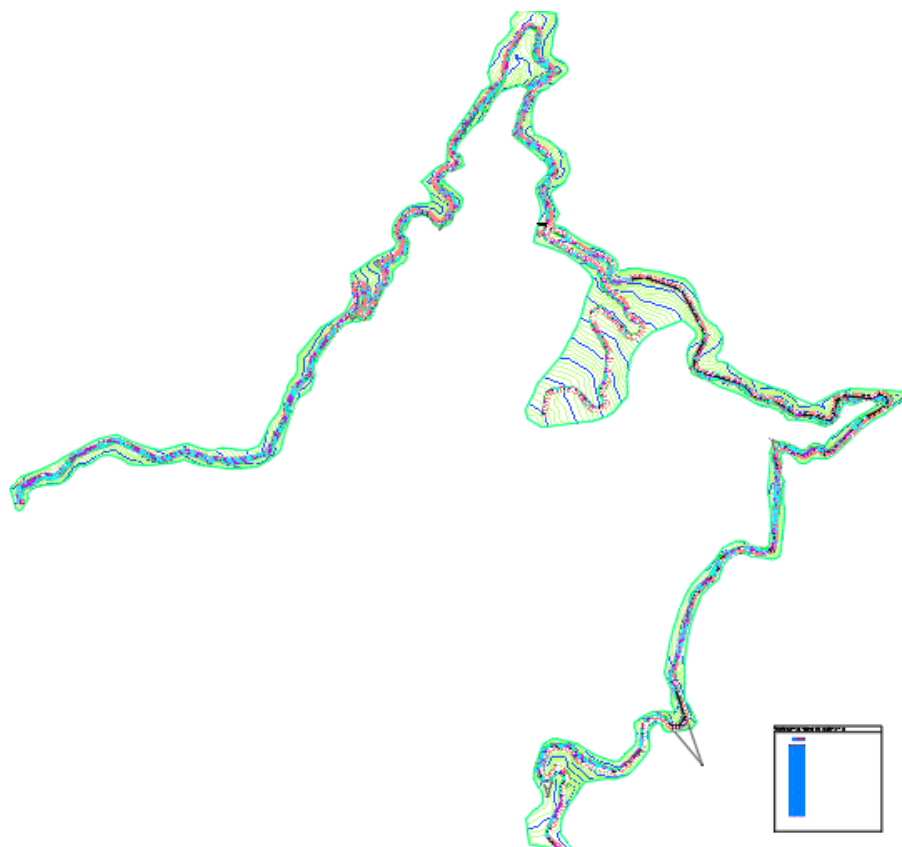
Crear líneas de muestreo - Por intervalo de P.K.

Propiedad	Valor
General	
Alineación	TRAMO I- CUTERVO MATERIAL 1
Intervalo de P.K.	
Desde inicio de la alineación	Verdadero
P.K. inicial	0+000.00m
Hasta el final de la alineación	Verdadero
P.K. final	1+400.00m
Anchura de franja izquierda	
Forzar cursor a alineación	Falso
Alineación	TRAMO I- CUTERVO MATERIAL 1
Anchura	8.000m
Anchura de franja derecha	
Forzar cursor a alineación	Falso
Alineación	TRAMO I- CUTERVO MATERIAL 1
Anchura	8.000m
Incrementos de muestreo	
Utilizar incrementos de muestreo	Verdadero
Incrementar respecto a	P.K. absoluto
Incremento en tangentes	20.000m
Incremento en curvas	10.000m
Incremento en espirales	10.000m
Controles de muestra adicionales	
Al inicio del intervalo	Verdadero
Al final del intervalo	Verdadero
En puntos de geometría horizontal	Verdadero
En P.K. críticos de peralte	Verdadero

Figura 61

Vista de las líneas de muestreo en la vía





La creación de líneas de muestreo en Civil 3D, una de las capacidades clave de la metodología BIM, fue fundamental para el análisis topográfico y la cubicación de materiales. Se generaron perfiles transversales precisos a lo largo de los 8 kilómetros de la vía principal del proyecto vial, lo que permitió un cálculo exacto del movimiento de tierras. La capacidad de visualizar y ajustar la geometría de la vía en tiempo real, basándose en estos datos, facilitó la optimización de los taludes y las pendientes, asegurando la estabilidad del terreno a largo plazo.

Figura 62

Creación de Líneas de muestreo para secciones transversales (corte y relleno)

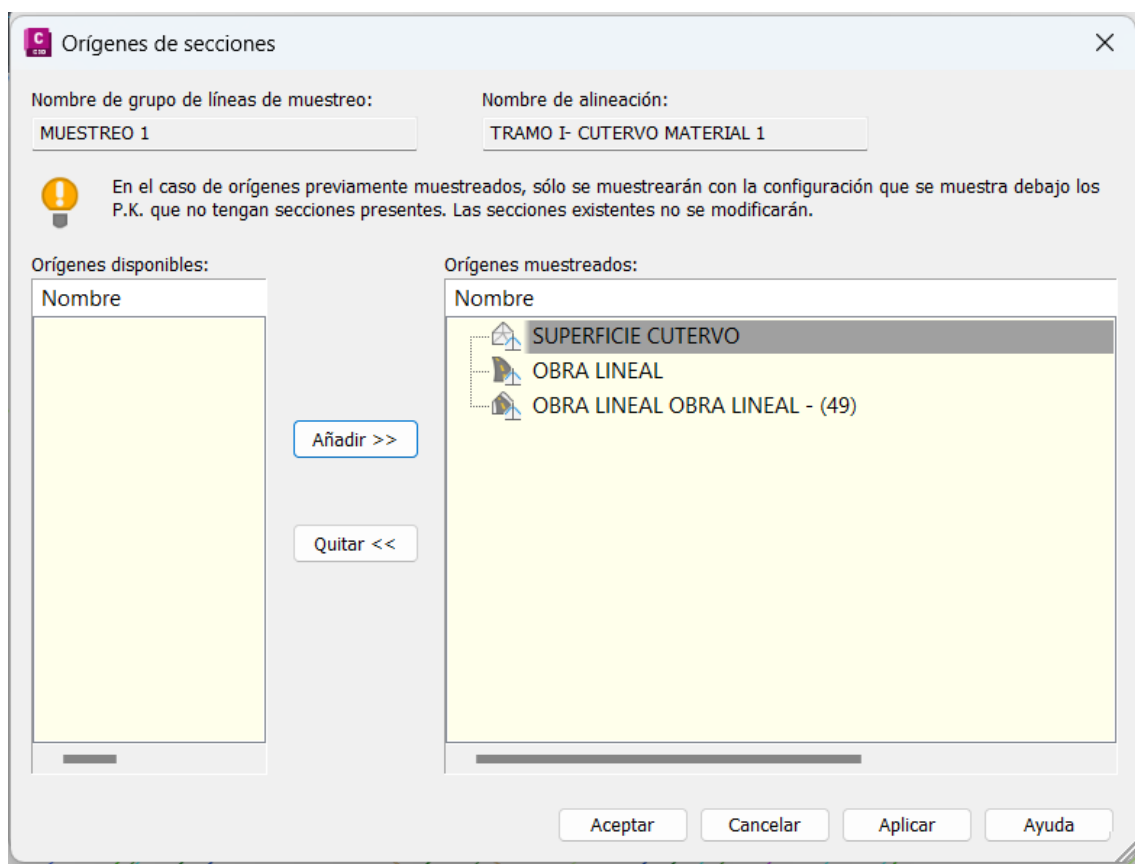
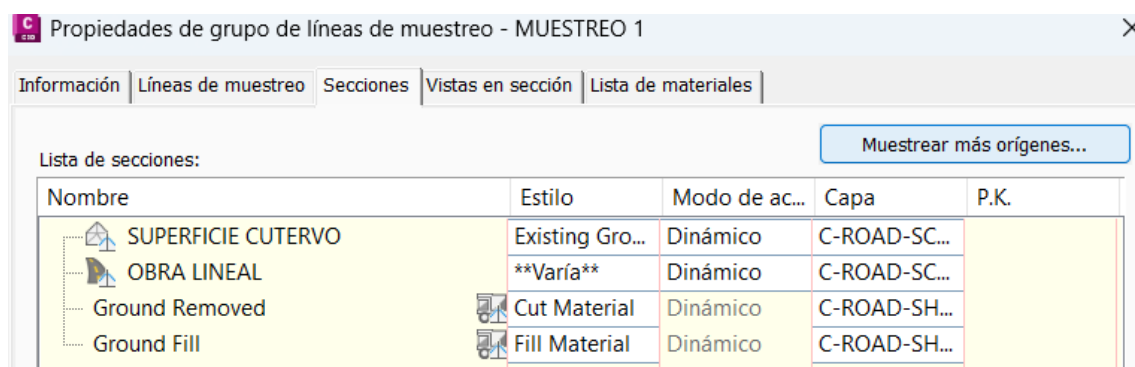
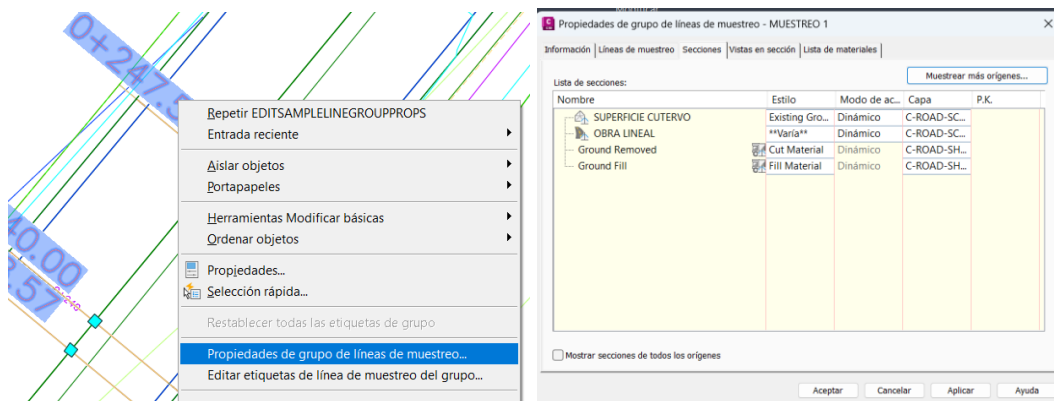


Figura 63

Creación de secciones transversales (corte y relleno)

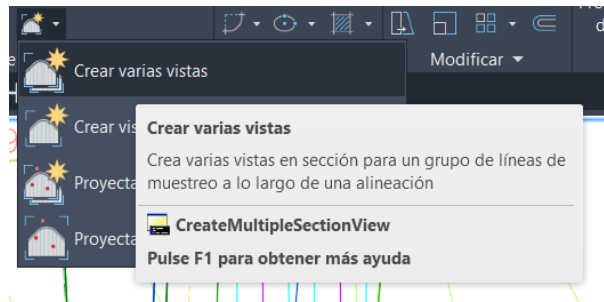


Figura 64

Obtención del cálculo de volúmenes

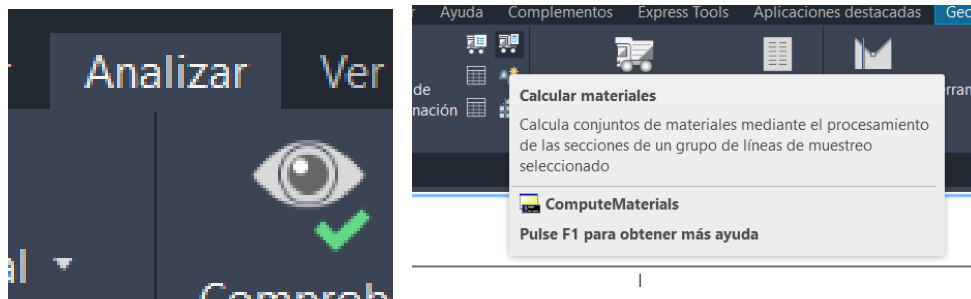
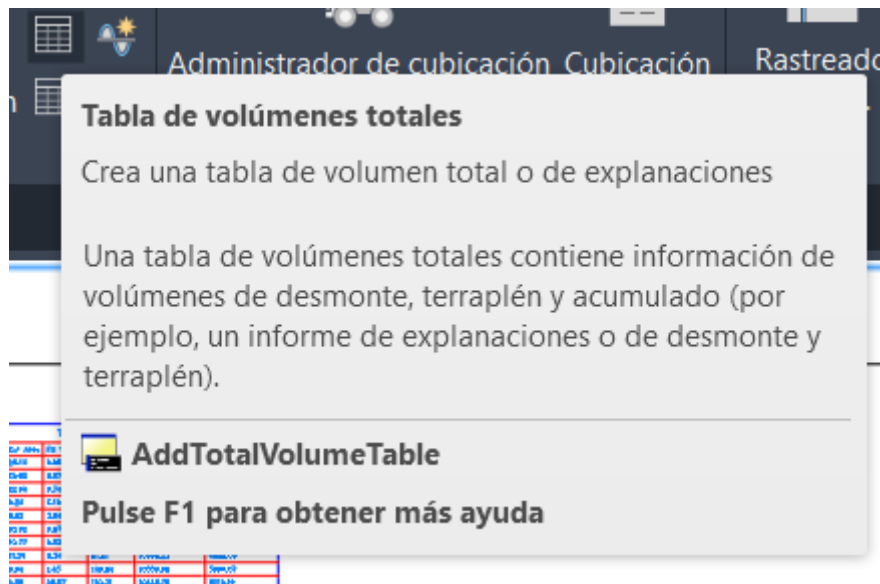


Figura 65

Creación de volúmenes totales



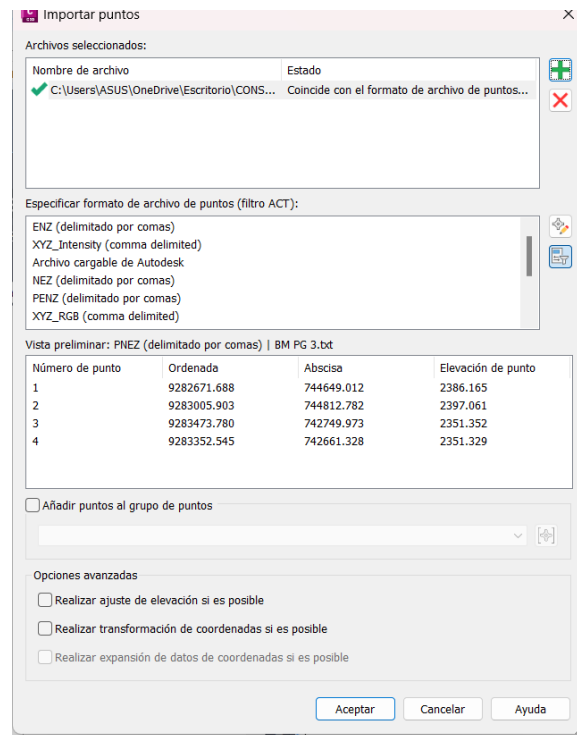


Figura 68

Proyección de los puntos geodésicos en la rasante del perfil longitudinal

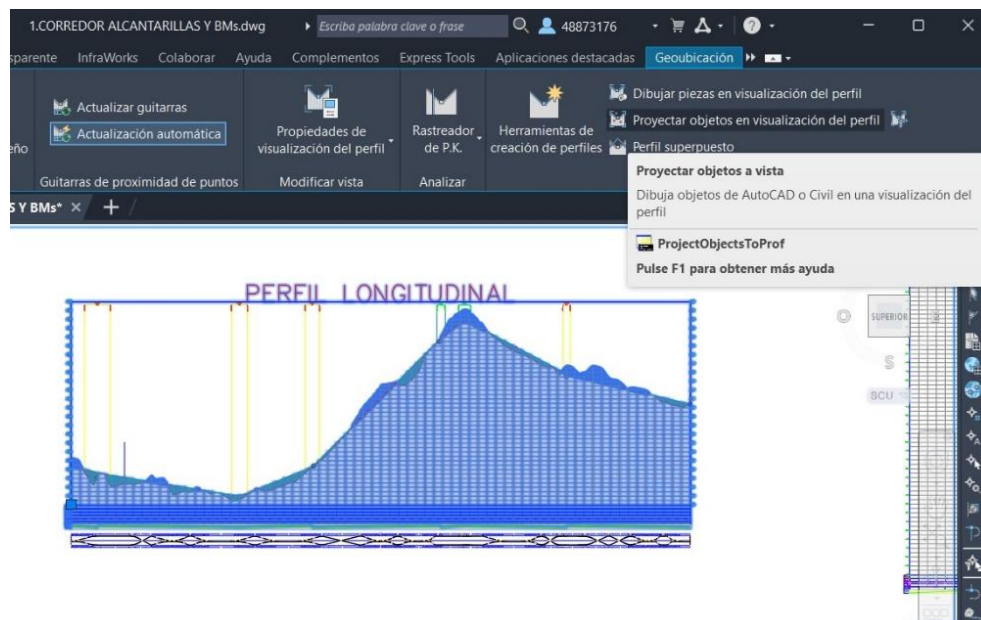
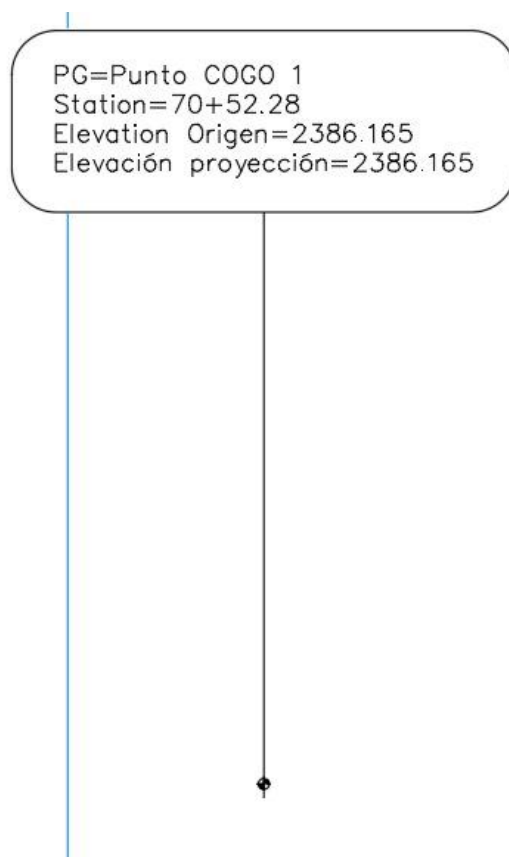


Figura 69

Edición de estilo de Puntos geodésicos



Detección de Interferencias en Infraworks

Se visualizó la elevación del trazo preliminar a modo de realizar un análisis comparativo con la carretera diseñada sin metodología BIM.

Figura 70

Detección de Interferencias en Infraworks – 01

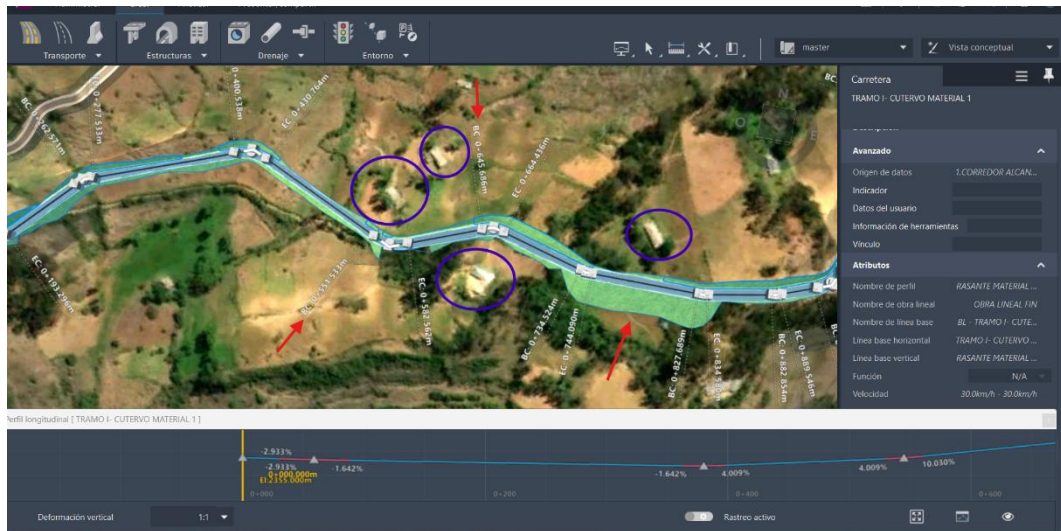


Figura 71

Detección de Interferencias en Infraworks - 02



Figura 72

Detección de Interferencias en Infraworks – 03

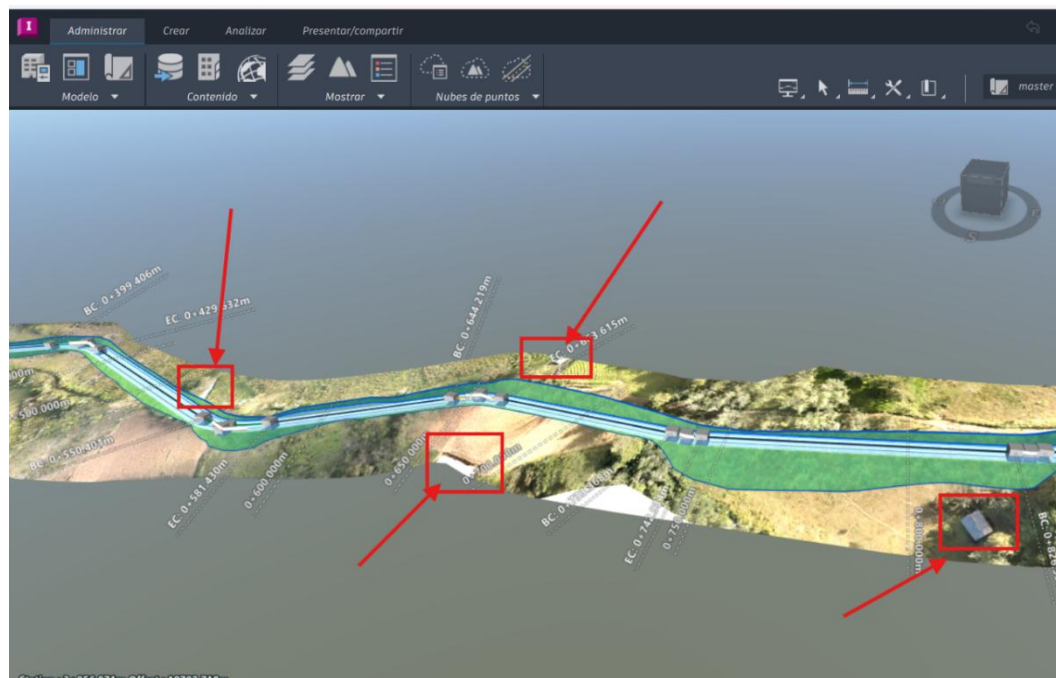


Figura 73

Detección de Interferencias en Infraworks - 04

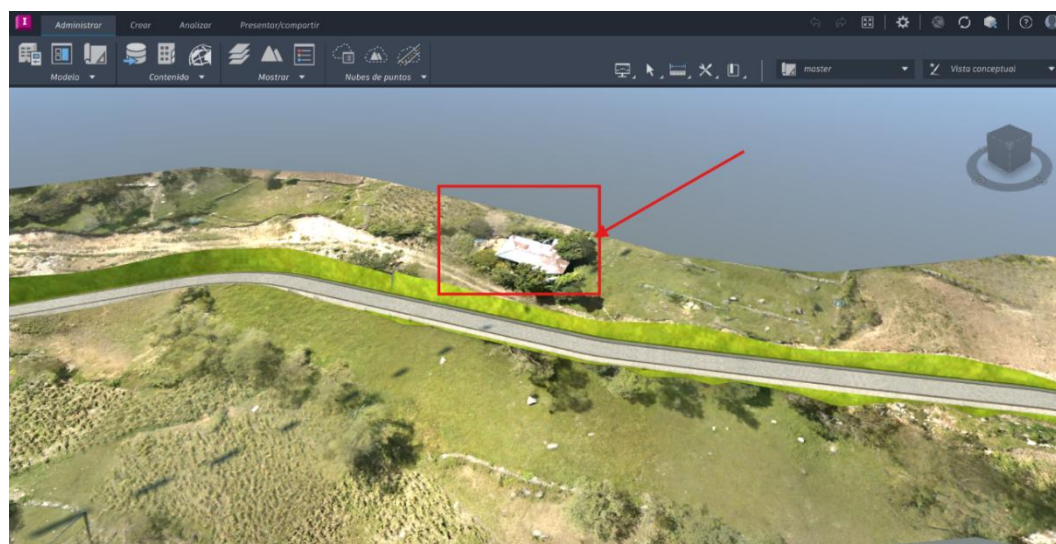


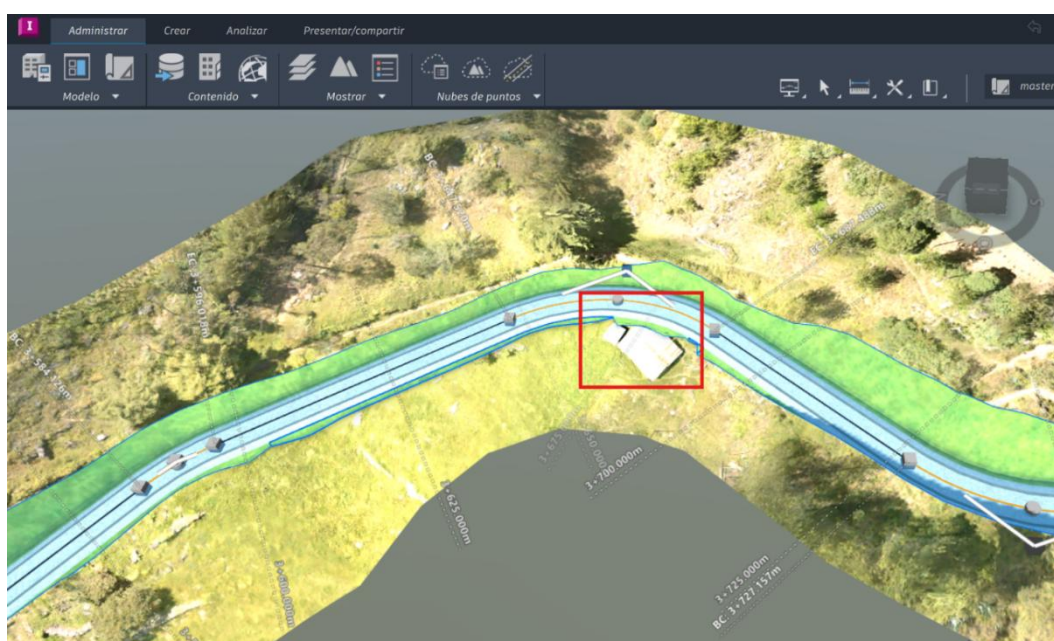
Figura 74

Detección de Interferencias en Infraworks - 05



Figura 75

Detección de Interferencias en Infraworks - 06



Asimismo, en la progresiva 3+680, se identificó, otra vivienda.

Figura 76

Detección de Interferencias en Infracworks - 07



Figura 77

Detección de Interferencias en Infracworks - 08

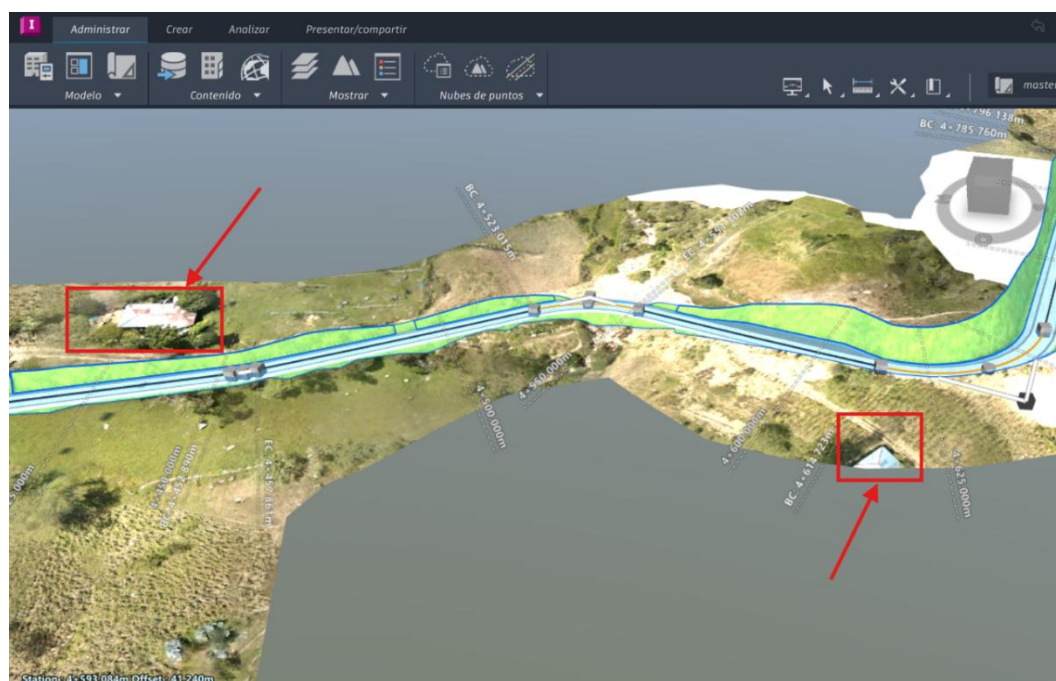


Figura 78

Detección de Interferencias en Infraworks – 09

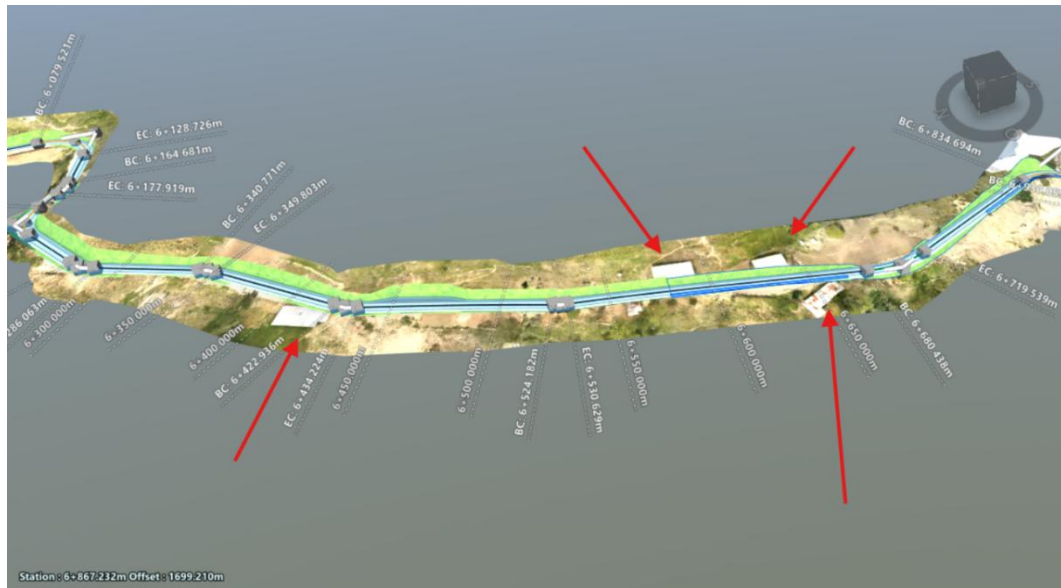


Figura 79

Detección de Interferencias en Infraworks - 10

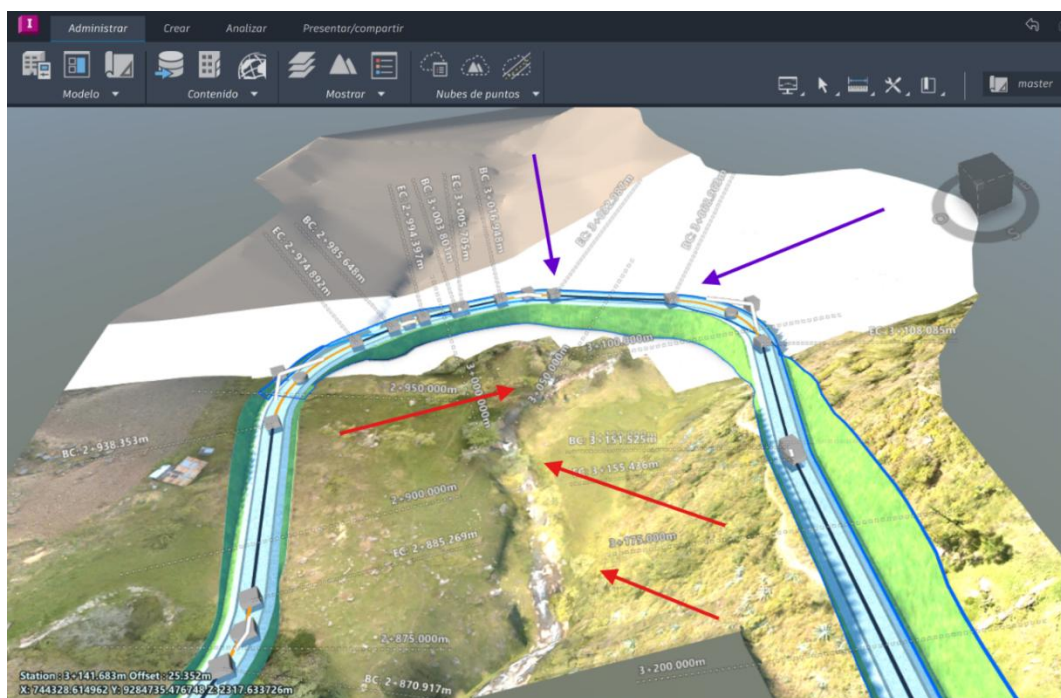
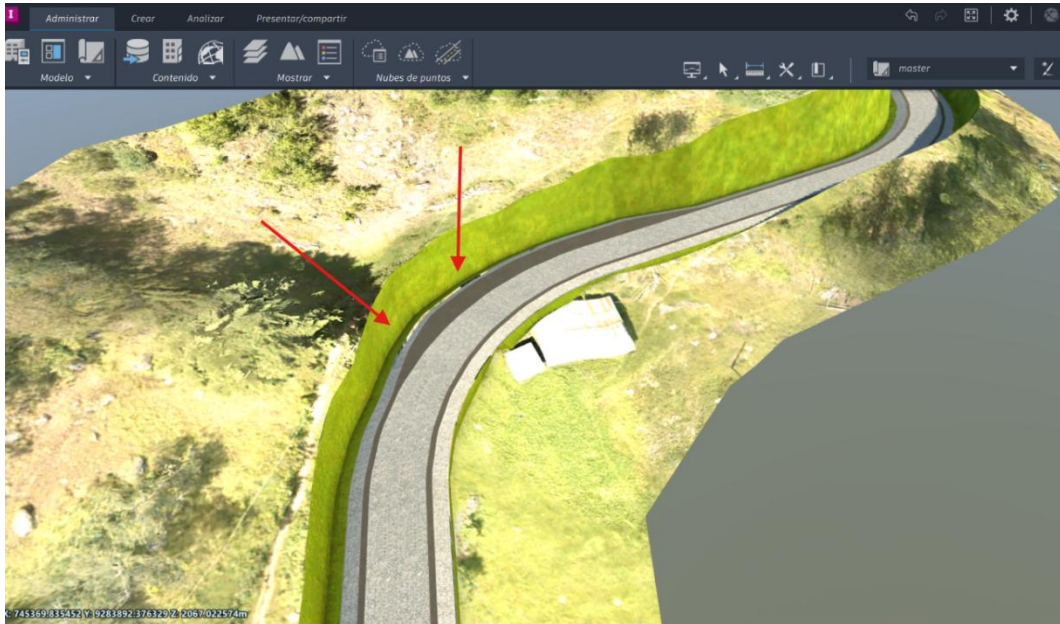


Figura 80

Detección de Interferencias en Infracworks – 11



Se identificó interferencia con viviendas, al inicio de la carretera se sitúa una vivienda, en la progresiva del kilómetro 0.551 aproximadamente, se identificó la segunda vivienda cerca de la carretera proyectada y un poco más lejos se visualizó otra vivienda, más adelante en la progresiva del kilómetro 0.646 se visualizó otra vivienda cerca de la carretera, además cerca de la progresiva del kilómetro 0.780 aproximadamente, se visualizó otra vivienda cerca de la carretera en el kilómetro 3+000.

Figura 81

Detección de Interferencias en Expediente

**DECLARACION JURADA DE ...PROPIEDAD..... Y
AUTENTICIDAD DE LOS DOCUMENTOS PRESENTADOS**

Yo, JENEFERANDO FERNANDEZ CAMPOS,
identificado con DNI. N° 86172587, domiciliado en
CASERIO CABALLOPAMPA,
declaro bajo juramento:

→ Ser PROPIETARIO del terreno
del cual he cedido parte mediante "Acta de pase", para la ejecución del Proyecto de
Inversión "CREACION DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL DESDE
EL CRUCE SOLITOR – MUÑUÑO - CABALLOPAMPA - PATAHUÁZ, DEL DISTRITO DE
CUTERVO, PROVINCIA DE CUTERVO- CAJAMARCA" con Código Único 2368246. Así
mismo declaro la autenticidad de los siguientes documentos adjuntos:

- Copia de DNI
- Copia de
-

Por lo expuesto, asumo la responsabilidad por la veracidad de la información
antes mencionada.

Atentamente,

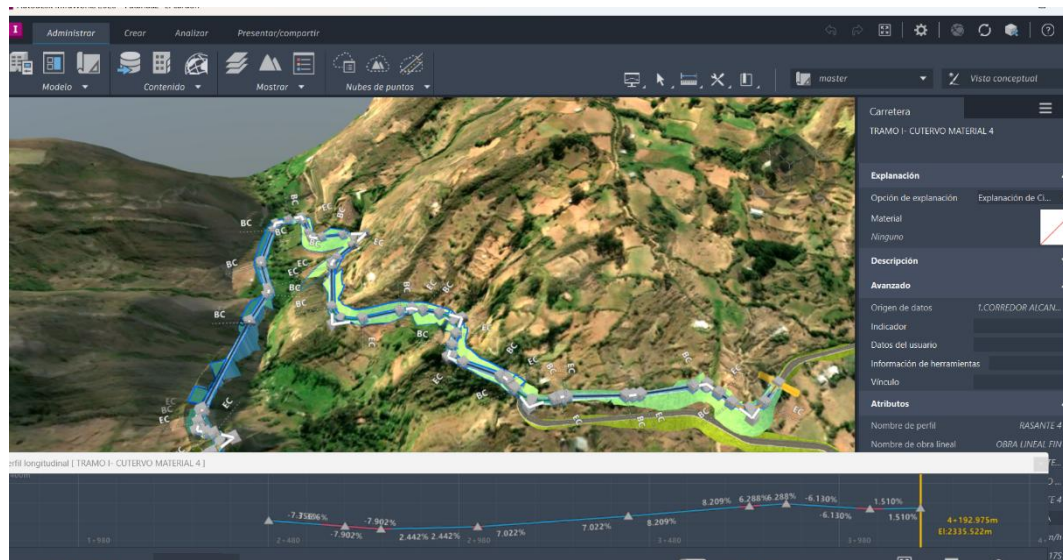
 

En el expediente técnico se identificó que muchas de las viviendas fueron cedidas mediante acta de pase por parte de los propietarios para la ejecución del proyecto de inversión "Creación del servicio de transpirabilidad del camino vecinal desde el cruce Solitor-Muñuno-Caballopamba.

Con la metodología tradicional no es posible identificar las interferencias de las viviendas como se visualizó en la etapa de visualización en Infraworks.

Figura 82

Visualización de la vía en Infraworks



En el trazo de la carretera tal como señala los informes del expediente, el terreno es una quebrada por ende se debe corroborar que no existan interferencias al colocar las alcantarillas y demás obras de arte.

Figura 83

Evidencia de hidrografía según informes

6.3 HIDROGRAFÍA

El área en estudio se encuentra enmarcada por varias quebradas de agua permanente, las cuales son afluentes del río Chotano.

En general podemos considerar un drenaje subparalelo variando a dendrítico irregular.

Tal como evidenció el estudio de geología y geotécnica, se identificó varias quebradas, Se identificó incompatibilidad con taludes, debido a que se generan cortes excesivos. Se detectó en Civil 3D y en Infracworks sobrecortes. Asimismo, se evidenció en Infracworks, se identificó varias quebradas, además la extracción de cuencas hacia la carretera permitió ubicar exactamente las obras de arte, como alcantarillas y plazoletas. Además, se identificó incompatibilidad con taludes o muros de contención, debido a que se generan cortes excesivos o taludes inestables. Se detectó en Civil 3D y en Infracworks sobrecortes y pendientes críticas. Por ello se colocó taludes de corte y relleno acorde con la topografía y la vía proyectada.

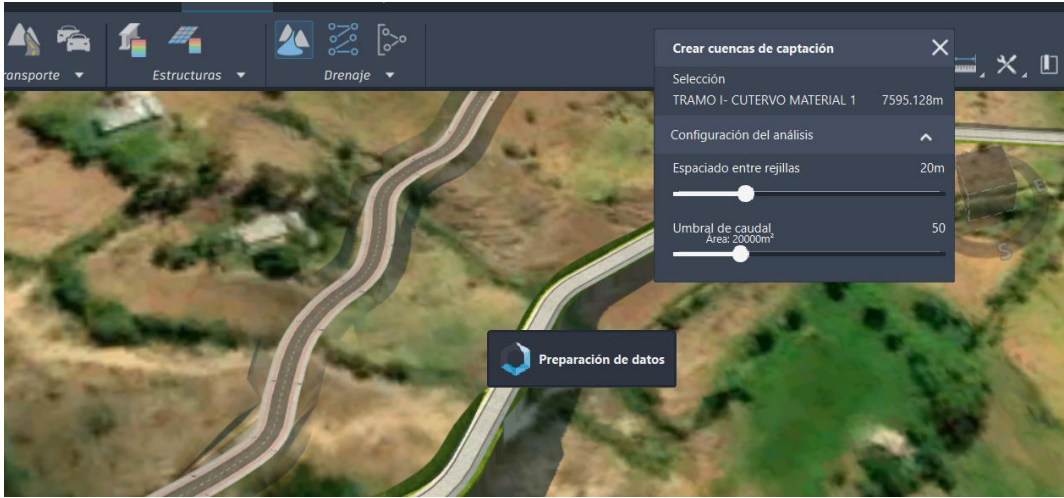
Análisis de cuencas y ubicación de obras de drenaje en InfracWorks

Dado que la superficie obtenida a partir de la nube de puntos generada por los vuelos de dron presentaba un ancho reducido, esta no permitía identificar adecuadamente las cuencas ni su localización. Por ello, se optó por extraer la superficie del terreno directamente desde InfracWorks, con el único propósito de delimitar y visualizar las cuencas de aportación, así como definir la ubicación óptima de las alcantarillas.

Asimismo, se configuró un umbral de 100 con el objetivo de obtener una cantidad adecuada de cuencas asociadas al tramo de carretera del proyecto, permitiendo una identificación más precisa de las áreas de aporte y, en consecuencia, una mejor definición de las obras de drenaje requeridas.

Figura 84

Configuración de umbral de 100



Con el propósito de definir la ubicación óptima de las alcantarillas, en función de las cuencas hidrográficas existentes que descargan hacia la carretera, se realizó un análisis previo de drenaje.

En una primera etapa, bajo la metodología tradicional, se identificaron y consideraron las siguientes alcantarillas, cuya localización se presenta en la figura correspondiente:

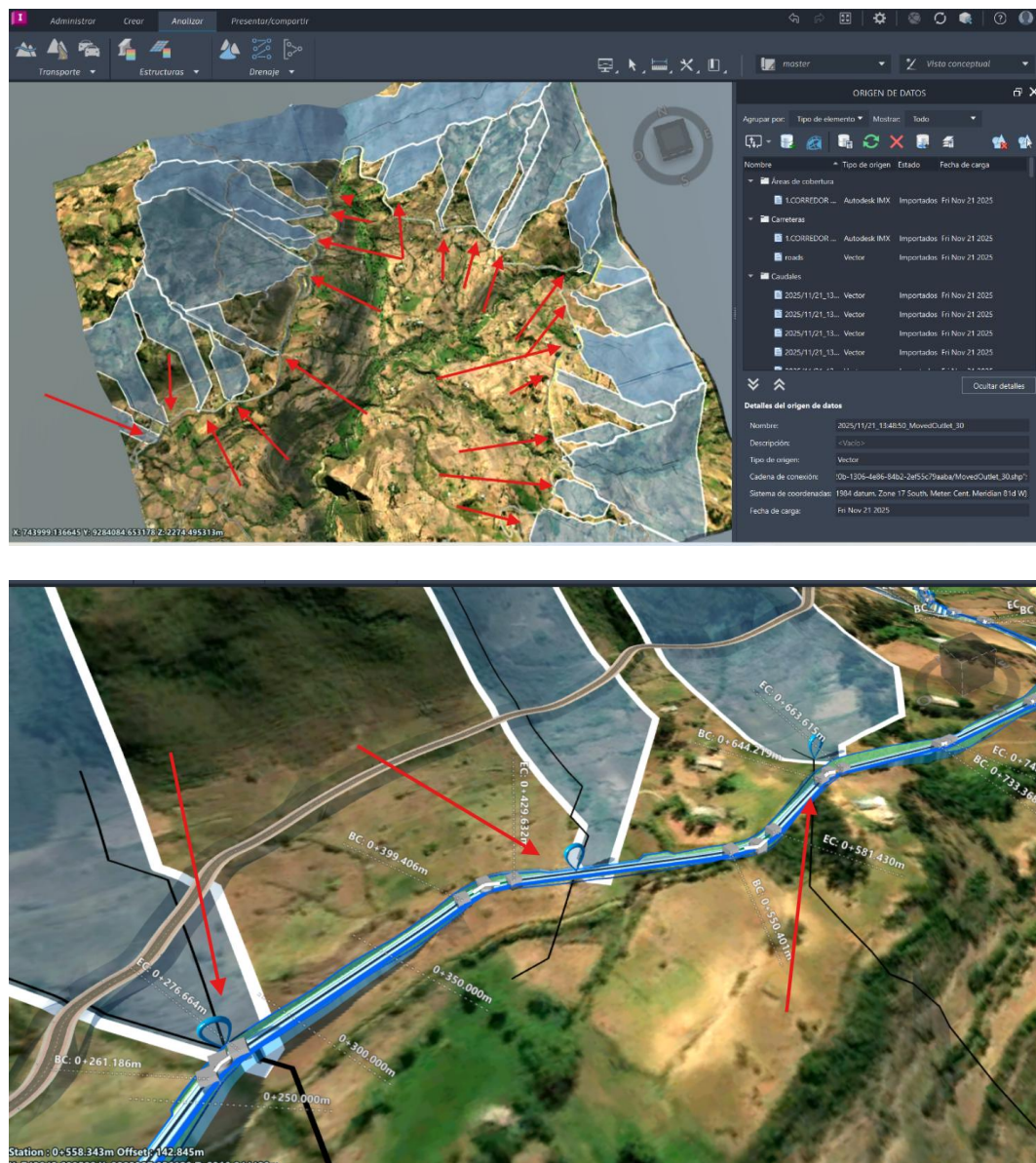
Figura 85

Ubicación del tipo de alcantarillas según progresiva

PROGRESIVA	TIPO DE ESTRUCTURA	MATERIAL	LONGITUD	DIÁMETRO
0+120.00	Alcantarilla de desfogue	TMC	5.5	36"
0+340.00	Alcantarilla de desfogue	TMC	5.5	36"
1+260.00	Alcantarilla de desfogue	TMC	5.5	36"
2+095.00	Alcantarilla de desfogue	TMC	5.5	36"
2+460.00	Alcantarilla de desfogue	TMC	5.5	36"
2+790.00	Alcantarilla de desfogue	TMC	5.5	36"
6+000	Alcantarilla de desfogue	TMC	5.5	36"
7+420.00	Alcantarilla de desfogue	TMC	5.5	36"

Figura 86

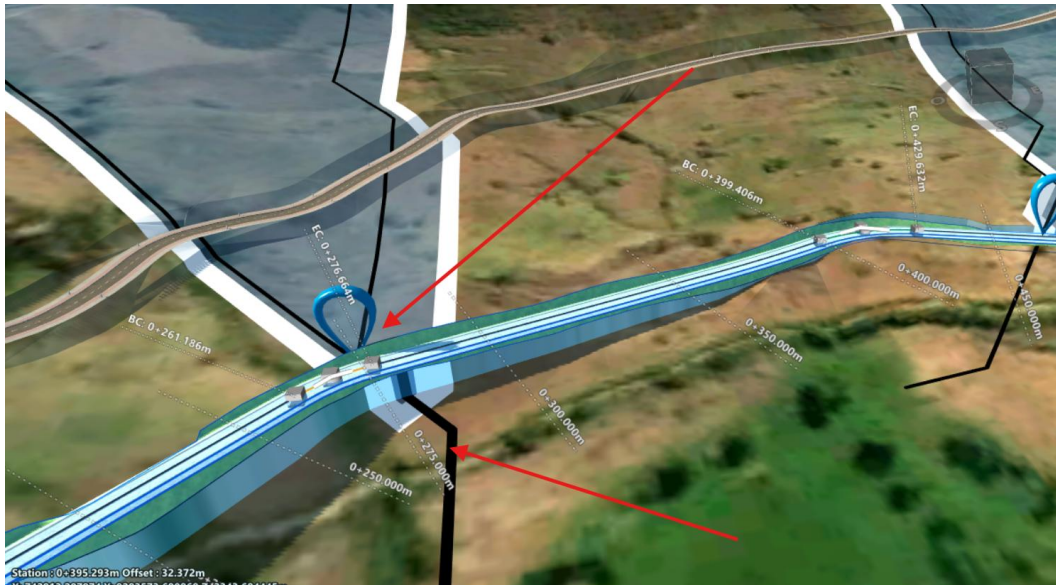
Identificación de la ubicación de las alcantarillas según progresiva en Infrawors



Se reviso la metodología BIM, para identificar si en realidad las alcantarillas están ubicados correctamente, mediante la ortofoto considerada en Infraworks.

Figura 87

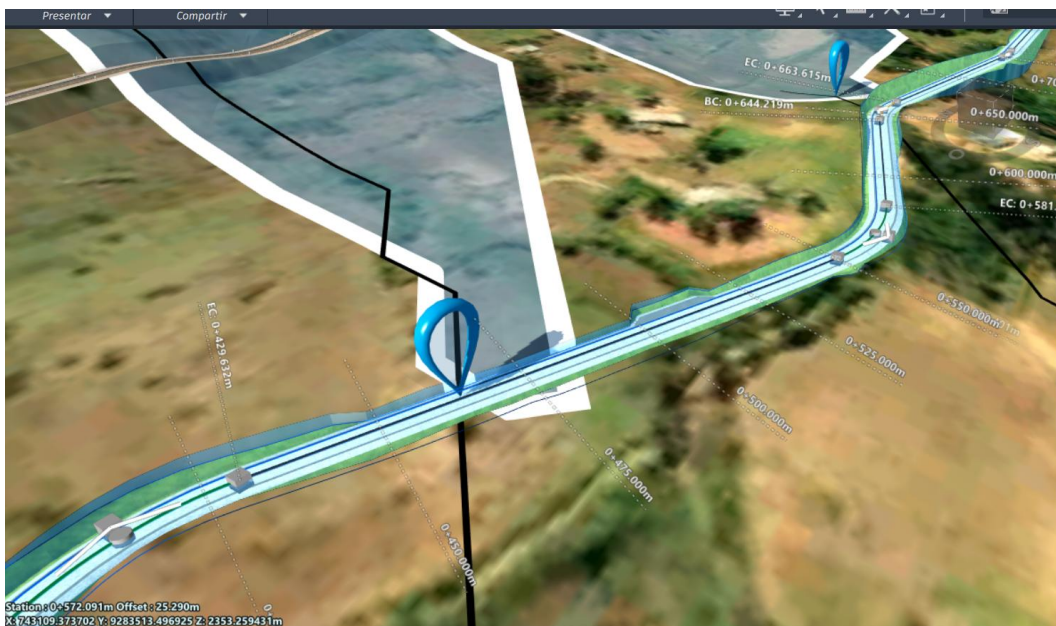
Identificación de la primera alcantarilla



La primera alcantarilla, se ubicó en la progresiva 0+280, con el criterio que hay una cuenca que escurre agua hacia la carretera en la progresiva antes mencionada. A diferencia, con la metodología tradicional se ubicó la alcantarilla en la progresiva 0+100.

Figura 88

Identificación de la segunda alcantarilla



La segunda alcantarilla, se ubicó en la progresiva 0+665, con el criterio que hay una cuenca que escurre agua hacia la carretera en la progresiva antes mencionada. A diferencia, con la metodología tradicional se ubicó la alcantarilla en la progresiva 0+340.

Figura 89

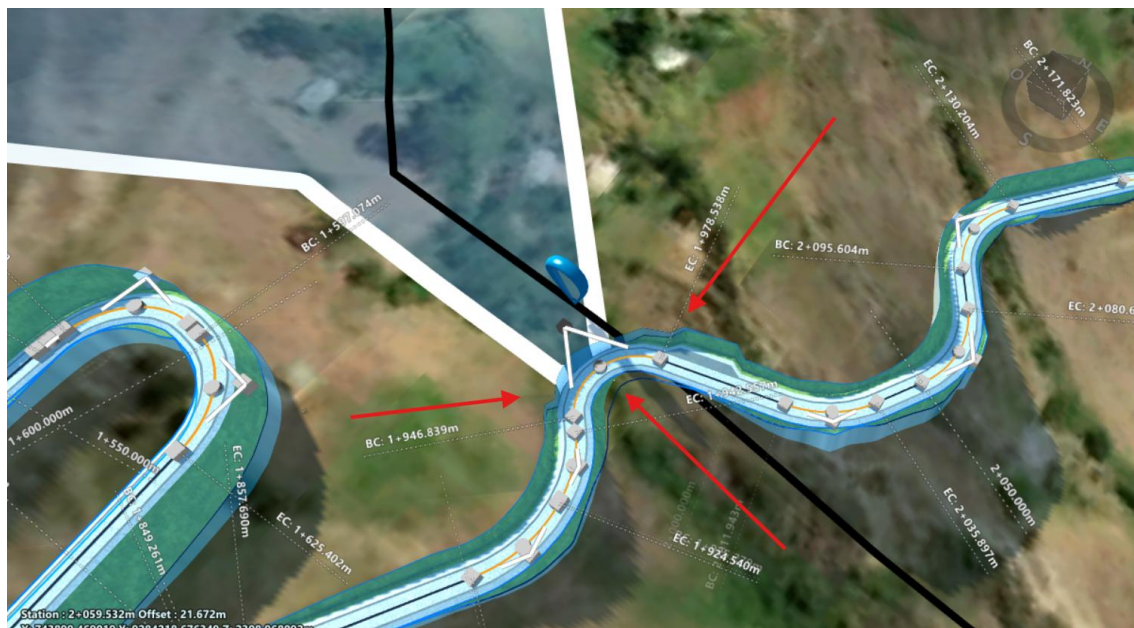
Identificación de la tercera alcantarilla



La tercera alcantarilla, se ubicó en la progresiva 1+120, con el criterio que hay una cuenca que escurre agua hacia la carretera en la progresiva antes mencionada. A diferencia, con la metodología tradicional se ubicó la alcantarilla en la progresiva 1+260.

Figura 90

Identificación de la cuarta alcantarilla



La cuarta alcantarilla, se ubicó en la progresiva 1+960, con el criterio que hay una cuenca que escurre agua hacia la carretera en la progresiva antes mencionada. A diferencia, con la metodología tradicional se ubicó la alcantarilla en la progresiva 2+950.

Figura 91

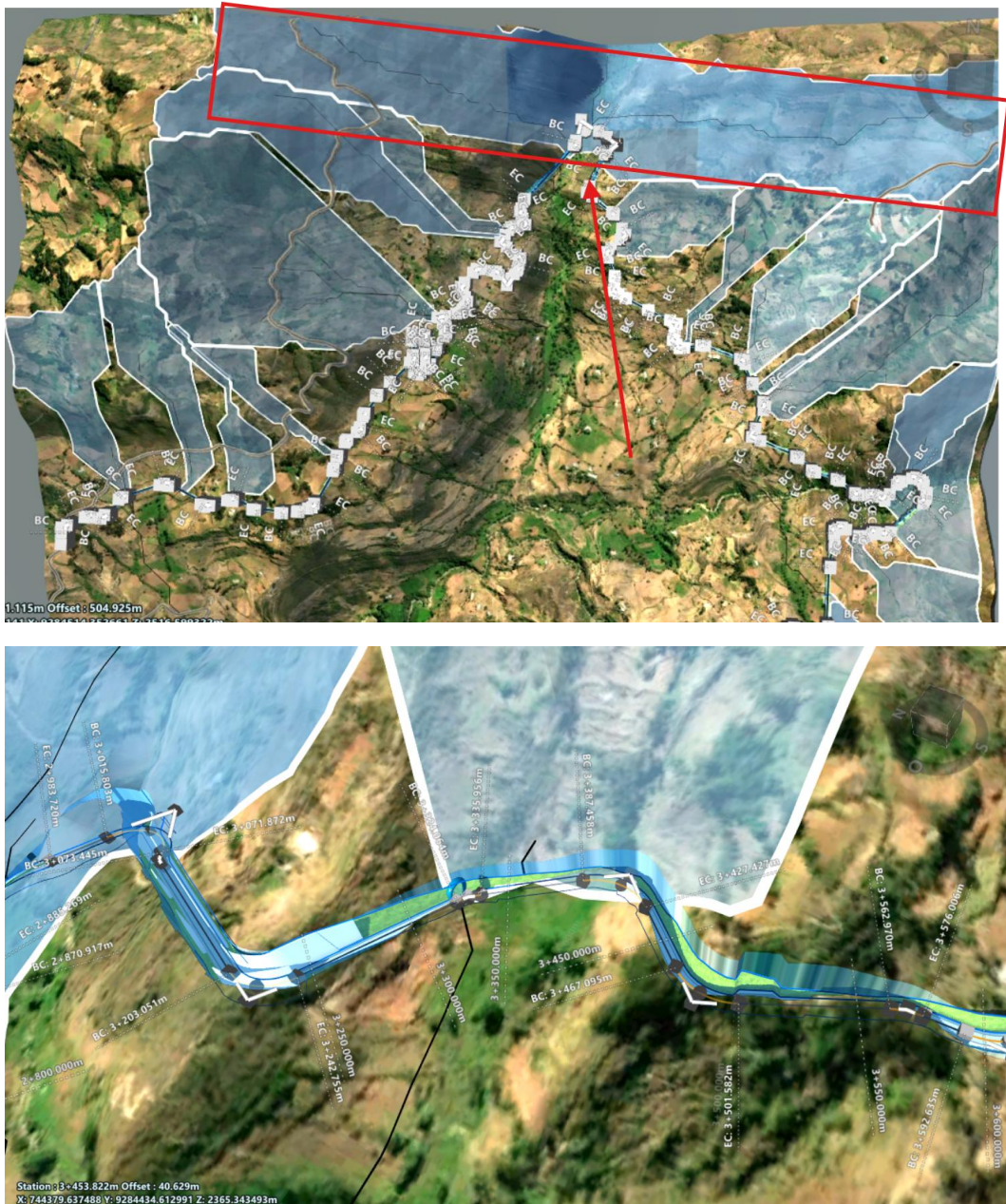
Identificación de la quinta alcantarilla



La quinta alcantarilla, se ubicó en la progresiva 2+480, con el criterio que hay una cuenca que escurre agua hacia la carretera en la progresiva antes mencionada. A diferencia, con la metodología tradicional se ubicó la alcantarilla en la progresiva 2+460.

Figura 92

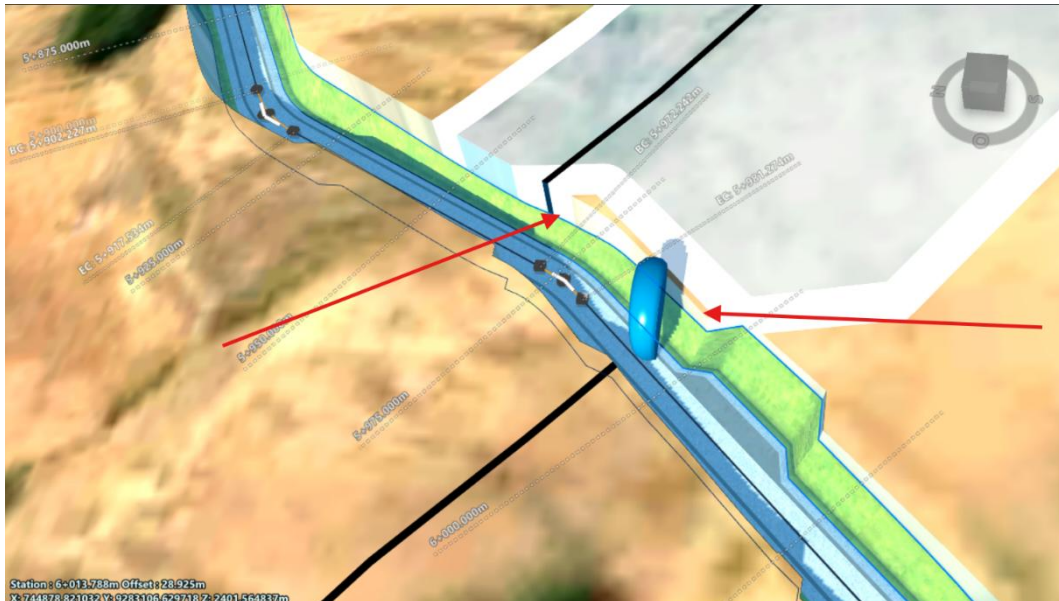
Identificación de una quebrada



En la quebrada se identificó un río, de acuerdo con los estudios de campo, Se identificó que en la progresiva 3+380, es escurrimiento de agua es elevado para colocar una alcantarilla por ello se consideró la colocación de un baden.

Figura 93

Identificación de la sexta alcantarilla



La sexta alcantarilla, se ubicó en la progresiva 5+970, con el criterio que hay una cuenca que escurre agua hacia la carretera en la progresiva antes mencionada. A diferencia, con la metodología tradicional se ubicó la alcantarilla en la progresiva 2+790.

Figura 94

Identificación de la séptima alcantarilla



La séptima primera alcantarilla, se ubicó en la progresiva 6+470, con el criterio que hay una cuenca que escurre agua hacia la carretera en la progresiva antes mencionada. A diferencia, con la metodología tradicional se ubicó la alcantarilla en la progresiva 6+000.

Figura 95

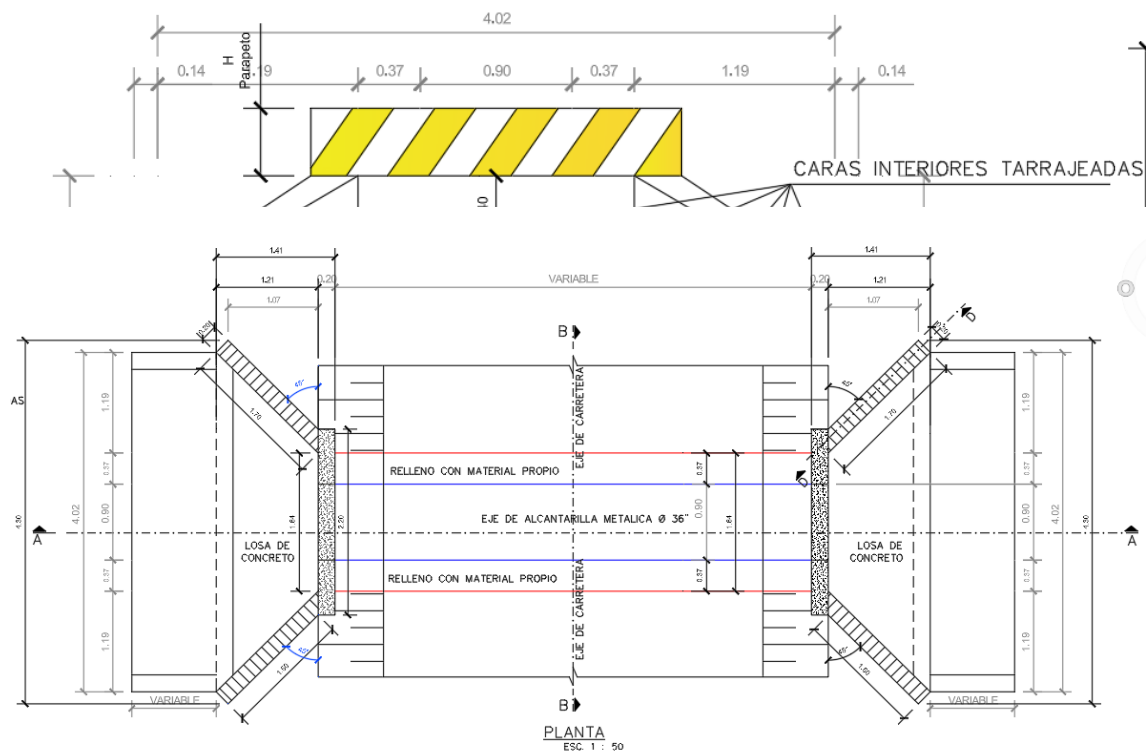
Identificación de la octava alcantarilla



La octava alcantarilla, se ubicó en la progresiva 6+840, con el criterio que hay una cuenca que escurre agua hacia la carretera en la progresiva antes mencionada. A diferencia, con la metodología tradicional se ubicó la alcantarilla en la progresiva 7+420.

Figura 96

Diseño de la alcantarilla en planta y detalle



Se identificó que los tipo de alcantarillas son de alivio por el diametro de 36'' (equivalente a 0.9144 metros), según el informe de mantenimiento vial de la carretera y los planos.

Indentificación del sentido del flujo del agua con el objetivo de conocer el sentido de la alcantarilla.

Se identificó el sentido de cada alcantarilla, para ello se visualizó la carretera en infraworks y determinó el sentido del flujo del agua, teniendo en cuenta como entrada de la alcantarilla la pendiente más alta (por donde ingresa el flujo del agua) , y la salida de la alcantarilla la pendiente más baja(por donde sale el flujo del agua).

Figura 97

Identificación del sentido del flujo de cada alcantarilla



Interpretación: Se toma como ejemplo la primera alcantarilla donde se visualiza una pendiente más alta en el lado izquierdo de la carretera y una pendiente más baja en el lado derecho, por ende la alcantarilla va de Izquierda a Derecha (I-D) .

Asimismo, el coeficiente de rugosidad de Manning (n) para tuberías de concreto varía dependiendo de la calidad del acabado y el estado de la superficie de la tubería. Un valor típico y comúnmente aceptado para el diseño es de 0.013.

Valores Comunes del Coeficiente de Manning para Concreto

- Concreto liso o prefabricado (recién instalado): $n=0.012$
- Concreto estándar (con acabado normal): $n=0.013$
- Concreto rugoso, con juntas visibles o suciedad: $n=0.014-0.016$
- Concreto muy deteriorado (con incrustaciones o vegetación): $n>0.016$

Valores Comunes del Coeficiente de Manning para metal

- Tubería de metal corrugado : $n=0.024$

Creación de alcantarillas

Se tuvo en cuenta el diametro de la tubería metálica: 36" = 914.4 mm.

Fórmula de Conversión

La fórmula es:

$$\text{mm} = \text{pulgadas} \times 25.4$$

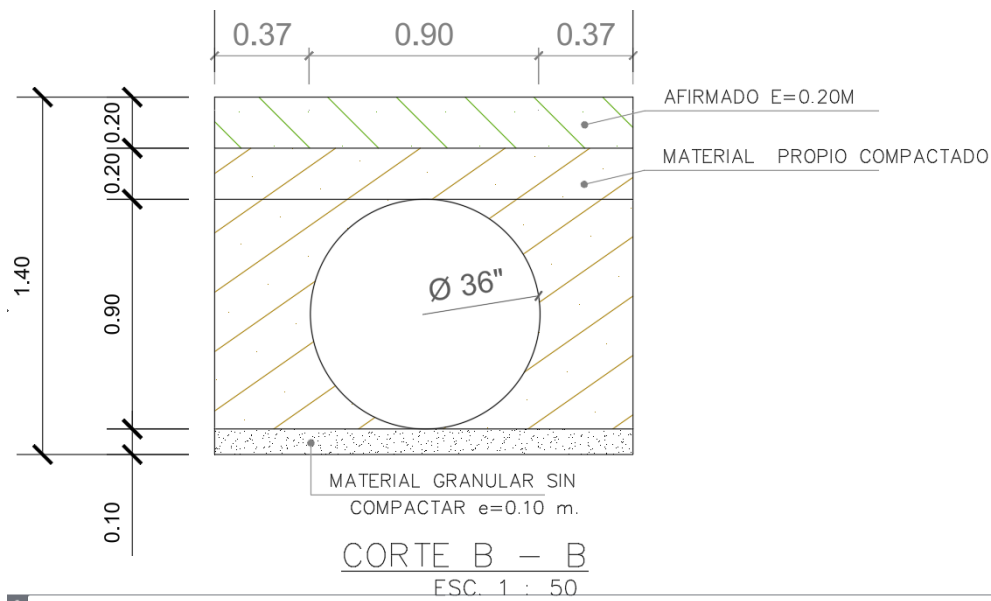
Cálculo

En este caso, las 36 pulgadas $\times 25.4 \text{ mm/pulgada} = 914.4 \text{ mm}$

El diámetro de una tubería de 36 pulgadas equivale a **900.0 mm**, según el plano de detalle de alcantarillas.

Figura 98

Detalle del diámetro de la tubería



Interpretación: La figura muestra que se colocó un diámetro de tubería de **900.0 mm**, en cada tubería.

Badenes

Criterios de ubicación de badenes

Mediante el uso de una ortofoto georreferenciada y el análisis del modelo digital del terreno en InfraWorks, se identificaron los cruces naturales de escorrentía que interceptan el eje vial. La coincidencia entre los cauces observados, los puntos bajos del perfil longitudinal y las zonas de acumulación de flujo permitió definir las ubicaciones óptimas para la implementación de badenes, bajo una metodología BIM de análisis y validación temprana del diseño.

En primera instancia hay que mencionar que respecto a la metodología tradicional se consideraron los siguientes badenes en la ubicación que se muestra en la imagen:

Tabla 2

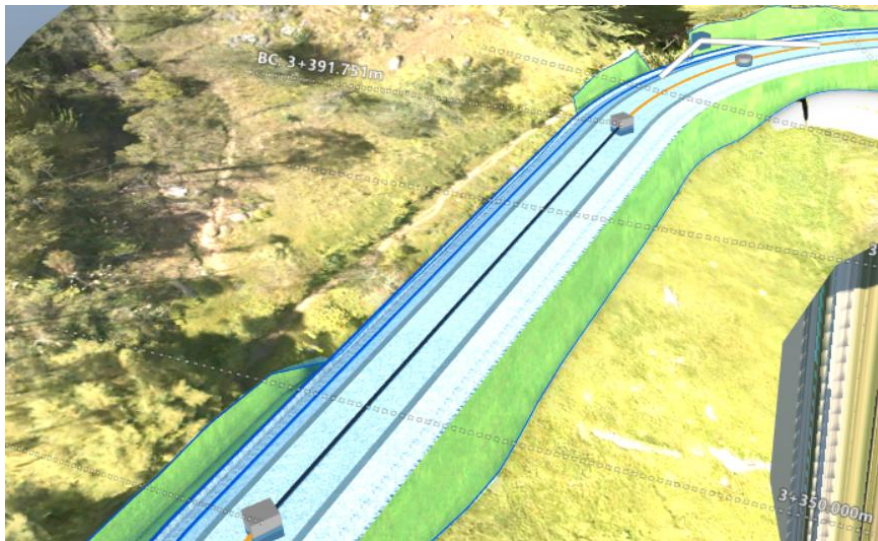
Ubicación de los badenes

N°	UBICACIÓN PROGRESIVA (KM)	ANCHO m
1	3+310.00	5.50
2	4+190.00	5.50
3	4+610.00	5.50
4	6+960.00	5.50

Y en la metodología BIM, se logró identificar si en realidad están ubicados correctamente, mediante la ortofoto considerada en Infraworks.

Figura 99

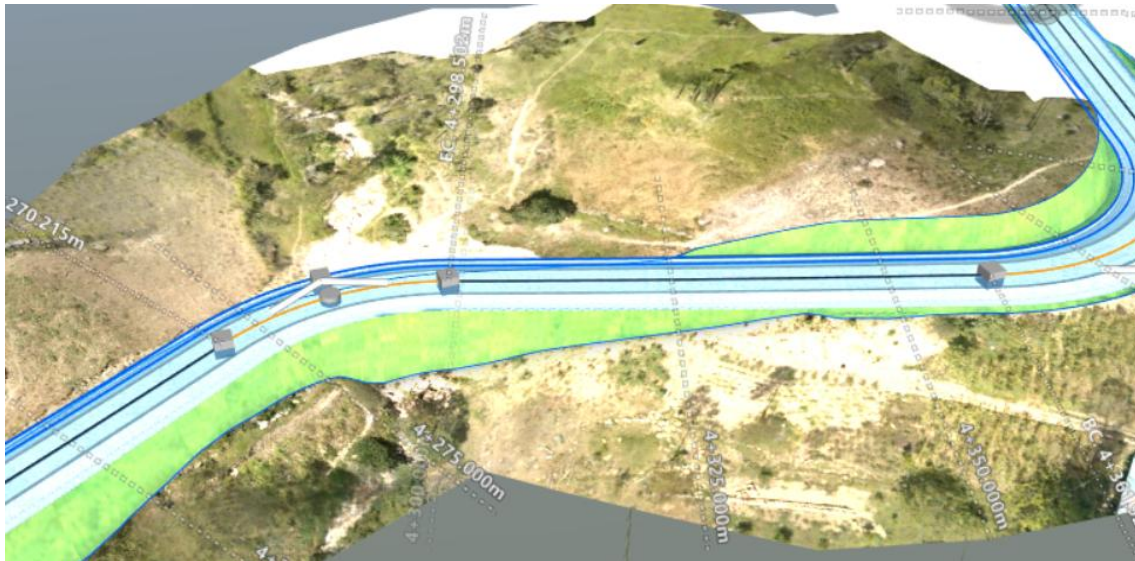
Identificación del primer baden



Se consideró el baden en la progresiva 3+335, respecto a los planos del expediente, con la metodología tradicional 3+310, y con la metodología BIM hay una ubicación más exacta 3+335. Se identifica la ubicación de baden, de acuerdo con los criterios antes mencionados. Se aprecia un flujo natural que baja hacia la vía y la pendiente favorece el paso del agua sobre la calzada.

Figura 100

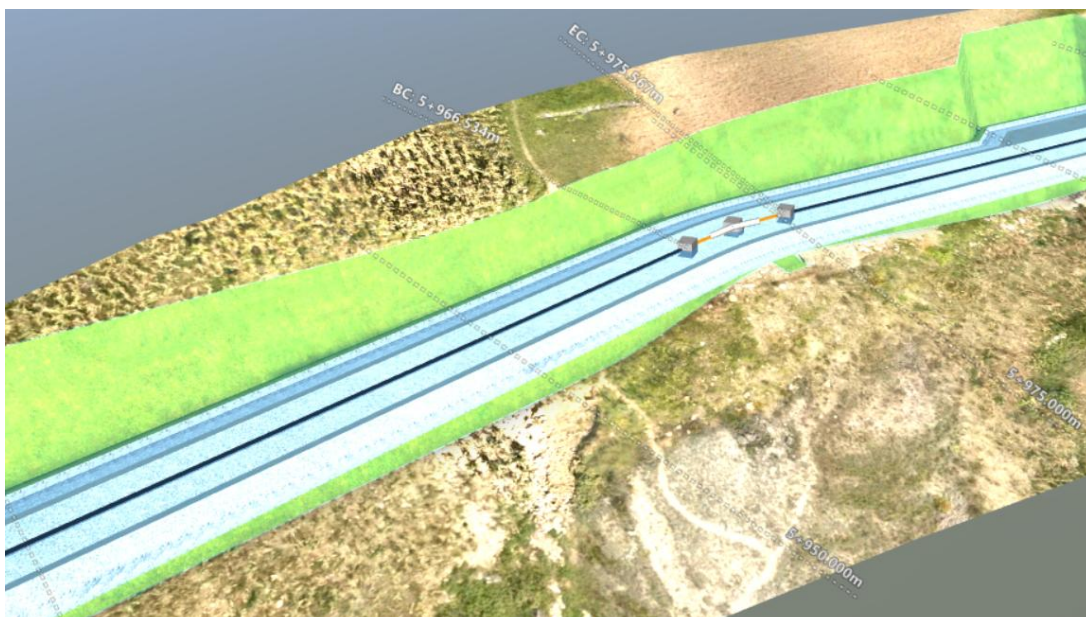
Identificación del segundo baden



Se consideró el baden en la progresiva 4+285, respecto a los planos del expediente, con la metodología tradicional 4+190, y con la metodología BIM hay una ubicación más exacta 4+285. Se aprecia un flujo natural que cruza la vía, no se ve un cauce profundo y la pendiente favorece el paso del agua sobre la calzada.

Figura 101

Identificación del tercer baden



Se consideró el baden en la progresiva 5+970, respecto a los planos del expediente, con la metodología tradicional 6+960, y con la metodología BIM hay una ubicación más exacta 5+970. Se aprecia un flujo natural que cruza la vía, no se ve un cauce profundo y la pendiente favorece el paso del agua sobre la calzada.

Sin embargo, no se consideró la implementación de un cuarto badén debido a que, tras el análisis realizado mediante la metodología BIM con Autodesk InfraWorks, no se identificó la presencia de flujos de escorrentía superficial significativos ni un cauce natural que cruce la vía en dicha zona. Asimismo, las condiciones de pendiente no favorecen la concentración de agua, por lo que su incorporación no responde a una necesidad hidráulica real, generando un diseño sobredimensionado y costos innecesarios.

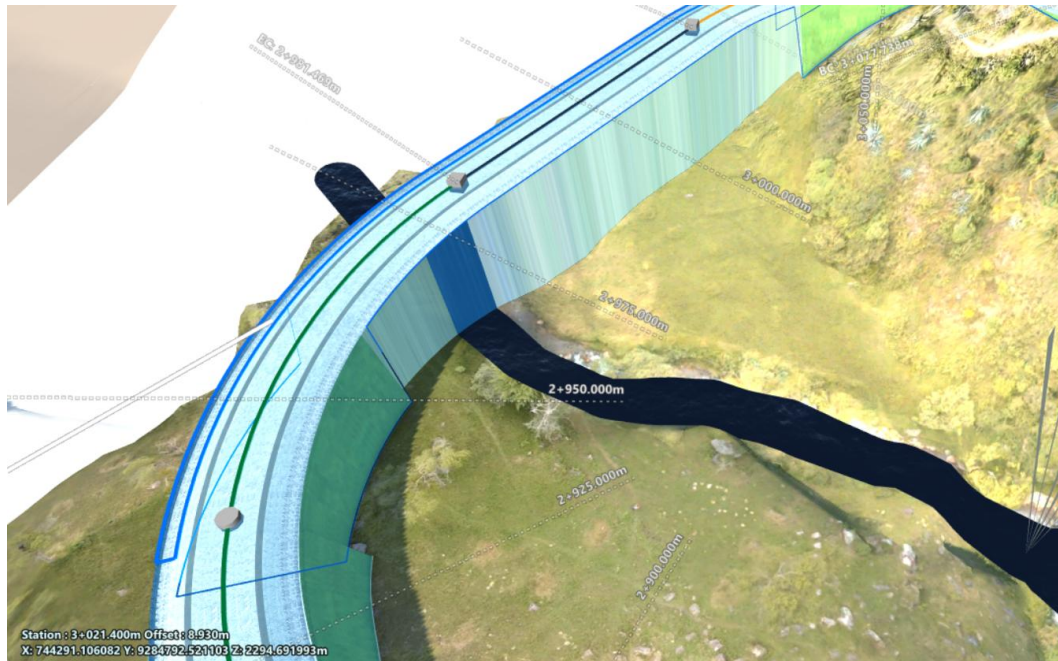
Pontón de 8m

El primer pontón o puente falso se ubicó en la progresiva 2+975, se visualizó en infraworks y se tuvo en cuenta criterios mencionados a continuación.

Dado que existe un cauce definido con escurrimiento concentrado y una luz transversal moderada, se recomienda una estructura tipo puente falso, que permite mantener la continuidad hidráulica sin que el flujo afecte la calzada. Tal como se puede observar en la imagen se visualiza un cauce claramente definido, evidencia de escurrimiento concentrado y la carretera cruza el cauce, no solo lo intercepta lateralmente, es decir, corresponde más a un río/quebrada que a una escorrentía difusa.

Figura 102

Identificación del primer pontón

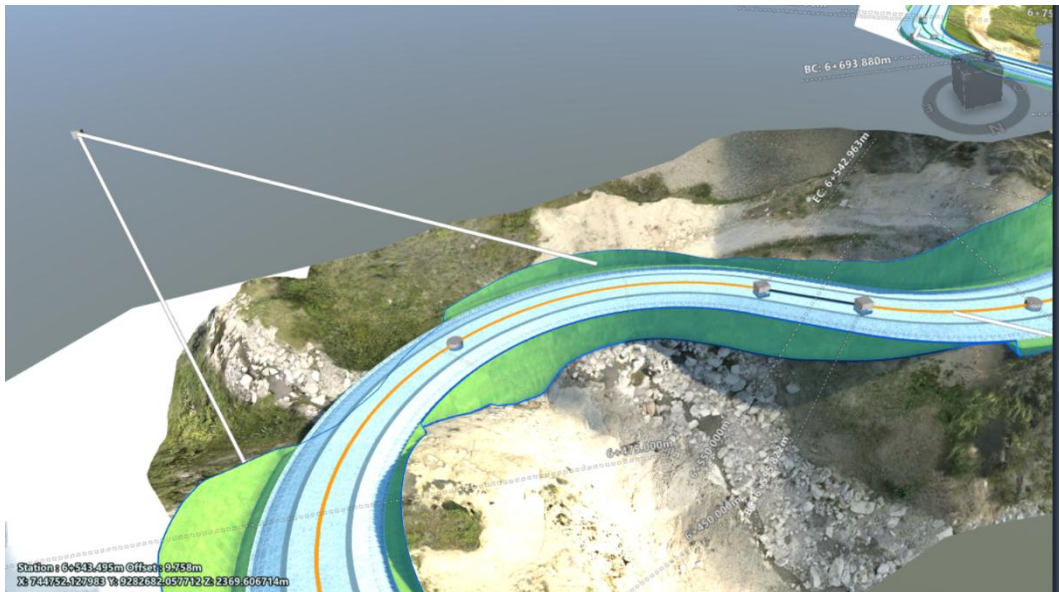


El segundo pontón o puente falso se ubicó en la progresiva 6+500, se visualizó en infraworks y se tuvo en cuenta criterios mencionados a continuación.

Dado que existe un cauce definido con escurrimiento concentrado y una luz transversal moderada, se recomienda una estructura tipo puente falso, que permite mantener la continuidad hidráulica sin que el flujo afecte la calzada. Tal como se puede observar en la imagen se visualiza un cauce claramente definido, evidencia de escurrimiento concentrado y la carretera cruza el cauce, no solo lo intercepta lateralmente, es decir, corresponde más a un río/quebrada que a una escorrentía difusa.

Figura 103

Identificación del segundo pontón



Interpretación: Las figuras muestran que la metodología BIM permite la localización precisa y la representación realista de cada obra de arte y elemento del proyecto, lo que contribuye significativamente a la reducción de interferencias y retrasos durante la etapa de ejecución en campo.

Además, para el tramo vial de casi 8 km, se realizó un análisis sistemático por kilómetros empleando ortofoto georreferenciada y el modelo digital del terreno en InfraWorks. Se identificaron los cruces naturales de escorrentía que interceptan el eje vial, los cuales fueron validados mediante análisis de pendientes y revisión del perfil longitudinal, permitiendo definir la ubicación óptima de los badenes bajo un enfoque BIM de evaluación temprana.

Tabla 3

Resumen de actividades de mantenimiento periódico, según jerarquía de intervención

JERARQUIA DE INTERVENCIÓN	ELEMENTO, MEDIDA SOCIO-AMBIENTAL Y OPERACIÓN DEL CAMINO	CODIGO	ACTIVIDADES
PRINCIPAL	PLATAFORMA	MP1	Perfilado del camino
		MP2	Reposición de afirmado
		MP3	Reconformación de plataforma
PUNTUAL Y MENOR	OBRAS DE DRENAJE	MP4	Reparación de alcantarillas
		MP5	Reparación de cunetas
	DERECHO DE VIA	MP6	Desquinche de algunos taludes críticos
	OBRAS DE ARTE	MP7	Reparación de barandas de puentes o pontones
		MP8	Limpieza de cauces de ríos o quebradas
		MP9	Reparación menor de badenes
		MP10	Reparación menor de muros de concreto ciclópeo
		MP11	Reparación menor de muros secos
		MP12	Reparación menor de muros de mampostería

Informe Hidráulico Consolidado para análisis de capacidad de alcantarillas

Se analizaron las cuencas identificadas en InfraWorks (Cuenca 11, Cuenca 7 y Cuenca 6), determinando el Tiempo de Concentración (T_c) mediante la fórmula de Kirpich y la intensidad de lluvia (i) para un periodo de retorno de 10 años (camino vecinal), utilizando una aproximación heurística basada en T_c .

Asimismo, se calcularon los caudales mediante el método racional, obteniendo recomendaciones preliminares de diseño hidráulico para cada cruce.

Cuenca 11

Datos geométricos:

- Área (m^2): 214,000.0
- Área (km^2): 0.2140
- Longitud del cauce (m): 997.4
- Pendiente S (m/m): 0.2472 (24.72%)

Cálculo de Tiempo de Concentración (Kirpich):

- $T_c = 6.8048 \text{ h} = 408.3 \text{ min}$

Estimación de intensidad i (heurística basada en T_c , $T_r=10$ años):

- $i \approx 30 \text{ mm/h}$

Supuestos de escorrentía y cálculo (método racional):

- Coeficiente $C = 0.35$

Cálculo de caudal ($Q = 0.278 \cdot C \cdot i \cdot A$):

- $Q \approx 0.62 \text{ m}^3/\text{s}$

Tipo de alcantarilla sugerido (según capacidad típica):

- Tubo Ø 36" ($\approx 0.9 \text{ m}$): capacidad aproximada $0.5\text{--}1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ según pendiente; puede ser limite, pero factible si se garantiza pendiente y velocidad.
- Tubo Ø 48" ($\approx 1.2 \text{ m}$): capacidad aproximada $1.2\text{--}2.0 \text{ m}^3/\text{s}$; opción más conservadora si la pendiente o condiciones de entrada son desfavorables.

Recomendación preliminar de sección: Tubo Ø 36" ($\approx 0.9 \text{ m}$) si la pendiente es favorable

Cuenca 7

Datos geométricos:

- Área (m^2): 118,200.0
- Área (km^2): 0.1182
- Longitud del cauce (m): 269.7
- Pendiente S (m/m): 0.1200 (12.00%)

Cálculo de Tiempo de Concentración (Kirpich):

- $T_c = 3.2834 \text{ h} = 197.0 \text{ min}$

Estimación de intensidad i (heurística basada en T_c , $T_r=10$ años):

- $i \approx 30 \text{ mm/h}$

Supuestos de escorrentía y cálculo (método racional):

- Coeficiente $C = 0.35$

Cálculo de caudal ($Q = 0.278 \cdot C \cdot i \cdot A$):

- $Q \approx 0.35 \text{ m}^3/\text{s}$

Recomendación preliminar de sección: Tubo Ø 24"–36" (pequeña)

Cuenca 6

Datos geométricos:

- Área (m^2): 97,000.0
- Área (km^2): 0.0970
- Longitud del cauce (m): 574.6
- Pendiente S (m/m): 0.3492 (34.92%)

Cálculo de Tiempo de Concentración (Kirpich):

- $T_c = 3.8962 \text{ h} = 233.8 \text{ min}$

Estimación de intensidad i (heurística basada en T_c , $T_r=10$ años):

- $i \approx 30 \text{ mm/h}$

Supuestos de escorrentía y cálculo (método racional):

- Coeficiente $C = 0.35$

Cálculo de caudal ($Q = 0.278 \cdot C \cdot i \cdot A$):

- $Q \approx 0.28 \text{ m}^3/\text{s}$

Recomendación preliminar de sección: Tubo Ø 24"–36" (pequeña)

Tabla 4

Resumen de tabla consolidada

ID Cuenca	Área (m^2)	L (m)	S (%)	T_c (min)	i (mm/h)	Q (m^3/s)	Sección recomendada
Cuenca 11	214,000.0	997.4	24.72	408.3	30	0.62	Ø 36"
Cuenca 7	118,200.0	269.7	12.00	197.0	30	0.35	Ø 24"–36"
Cuenca 6	97,000.0	574.6	34.92	233.8	30	0.28	Ø 24"–36"

Nota: elaboración propia

Criterios de ubicación de alcantarillas

Las alcantarillas se ubicaron considerando:

- Hidrología del terreno
- Afluencia de escorrentías
- Cruces de quebradas o microcuencas
- Cálculo de caudales (método racional o hidrológico aplicado)
- Protección de plataforma carretera

Criterio principal: Las alcantarillas deben ubicarse en los puntos donde las líneas de flujo interceptan el eje de la carretera.

Comparación entre método tradicional vs BIM

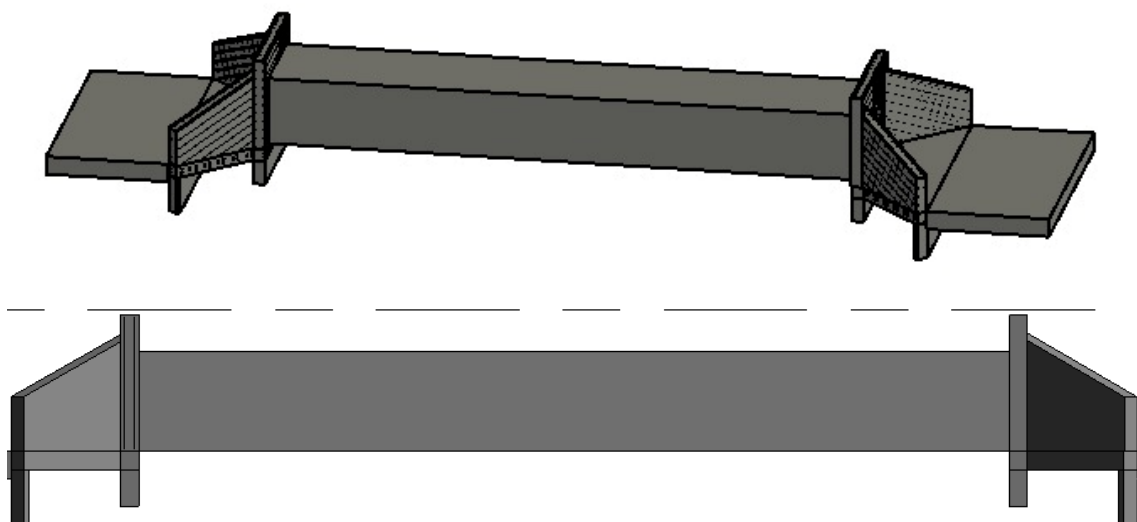
Alcantarillas

El modelamiento permitió representar y/o visualizar lo siguiente:

1. Se puede visualizar la alcantarilla con sus elementos: cabezal, aleros, muros y losas, tanto aguas arriba como aguas abajo.

Figura 104

Modelo de alcantarilla aguas arriba



Interpretación: La figura muestra el modelamiento de las alcantarillas donde se obtuvo el metrado de volumen de concreto y la cantidad de acero necesario para su construcción.

2. Adición de varillas de acero de ½" o de 12.7 mm cada 1.5 cm.

Figura 105

Tipo y distribución del acero en alcantarilla

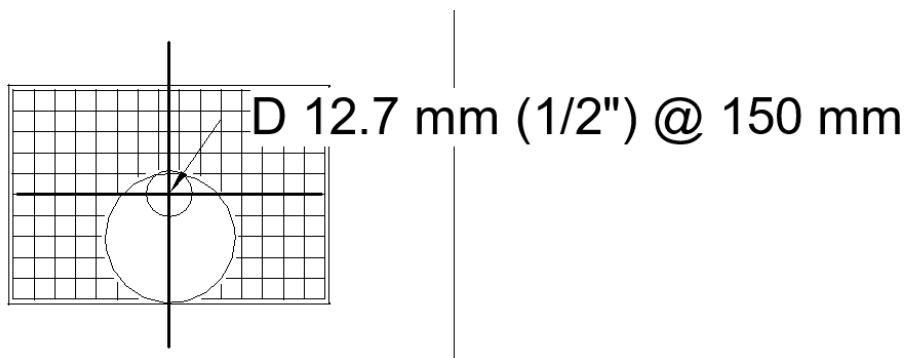


Figura 106

Cantidad de acero de la alcantarilla

<Tabla de planificación de armaduras-ACERO>					
A	B	C	D	E	F
Familia y tipo	Longitud total de b	Peso Nominal	Kilaje	Recuento	Costo
Barra de armadura: 3/8"	191.36 m	0.56 kg/m	107.16 kg	84	647.64
Barra de armadura: D 12.7 mm (1/2")	317.16 m	0.99 kg/m	315.26 kg	296	2279.20
Total general: 380	508.52 m		422.42 kg		2926.84

Nota: Extraído de Revit

Interpretación: La figura muestra la tabla de planificación de armaduras de acero obtenidas en el diseño de Revit.

Tabla 5*Acero total de las 8 alcantarillas*

Alcantarilla	Metrado (kg)		Variación (%)
	Tradicional	BIM	
1	335.59	422.42	25.87%
2	335.59	422.42	25.87%
3	335.59	422.42	25.87%
4	335.59	422.42	25.87%
5	335.59	422.42	25.87%
6	335.59	422.42	25.87%
7	335.59	422.42	25.87%
8	335.59	422.42	25.87%
Total	2,684.74	3,379.36	25.87%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra que el metrado de acero obtenido mediante BIM es mayor en comparación con el método tradicional. Mientras que cada alcantarilla presenta 335.59 kg en el enfoque tradicional, con BIM se obtiene 422.42 kg, lo que representa un incremento del 25.87%. En total, para las ocho alcantarillas, el acero pasa de 2,684.74 kg a 3,379.36 kg. Esta diferencia refleja que el método tradicional subestima de manera considerable la cantidad real de acero, mientras que BIM permite una cuantificación más ajustada a la geometría real del diseño.

Tabla 6*Comparación del costo del acero de las 8 alcantarillas*

Alcantarilla	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)
Acero	S/20,699.35	S/26,054.87	S/5,355.52

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra el costo del acero calculado con BIM asciende a S/ 26,054.87, superando al método tradicional que presenta S/ 20,699.35. Esto genera una diferencia de S/ 5,355.52, equivalente a un incremento aproximado del 25.9%, por lo que este resultado evidencia que la subestimación en metrados del método tradicional impacta directamente en el presupuesto, pudiendo generar déficits económicos durante la ejecución.

Tabla 7

Volumen de concreto total de las 8 alcantarillas

Alcantarilla	Características	Metrado (m3)		Variación (%)
		Tradicional	BIM	
Alcantarilla 1	Alero		1.20	
	Muro		1.06	
	Losa		3.16	
	Total	5.13	5.42	
Total 8 Alcantarillas		41.03	43.36	5.68%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra que el volumen total de concreto por alcantarilla se incrementa de 5.13 m³ en el método tradicional a 5.42 m³ con BIM. Para las ocho alcantarillas, el volumen pasa de 41.03 m³ a 43.36 m³, lo que representa un aumento del 5.68%. Aunque la diferencia no es tan alta como en el acero, sigue evidenciando que el método tradicional tiende a subestimar los volúmenes reales.

Tabla 8

Comparación del costo del concreto en las 8 alcantarillas

Alcantarilla	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)
Concreto	S/25,055.38	S/26,478.22	S/1,422.84

Nota: Elaboración propia

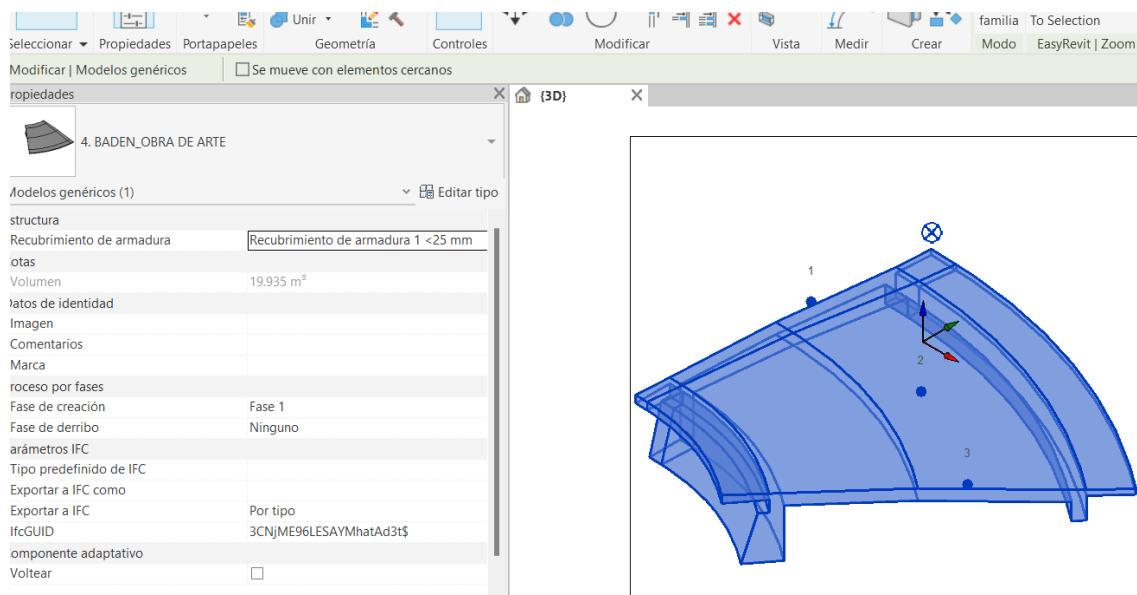
Interpretación: La tabla muestra que el costo del concreto con BIM es de S/ 26,478.22, mientras que con el método tradicional es de S/ 25,055.38, generando una diferencia de S/ 1,422.84 (5.68%). Esta variación está directamente relacionada con el mayor volumen obtenido en BIM, confirmando la coherencia entre metrado y costo.

Interpretación general: Los resultados muestran que la metodología BIM obtiene metrados mayores y más precisos que el método tradicional. El acero se incrementa en 25.87% (de 2,684.74 kg a 3,379.36 kg) y el concreto en 5.68% (de 41.03 m³ a 43.36 m³), evidenciando que el método tradicional subestima materiales. Esto impacta directamente en los costos, con incrementos de S/ 5,355.52 en acero y S/ 1,422.84 en concreto, lo que podría generar déficits en obra si no se consideran valores reales. Ante ello, BIM brinda mayor precisión en metrados, costos y ubicación de obras, haciendo el diseño más confiable.

Badenes

Figura 107

Cantidad de volumen de concreto del baden en Revit



Nota: Elaboración propia

Interpretación: La figura muestra la tabla de planificación de volúmenes generada en Revit para el modelamiento de los badenes. A partir de la identificación previa en la ortofoto del proyecto mediante InfraWorks, se determinaron tres (03) badenes ubicados en puntos estratégicos de cruce de escorrentías superficiales a lo largo de la vía.

El modelamiento tridimensional desarrollado con la metodología BIM permitió definir con precisión la geometría de cada badén, incorporando elementos como losas, zapatas–estribo y espesores reales de diseño. Esta representación detallada posibilitó la obtención automática de los volúmenes de concreto, evitando el uso de aproximaciones o supuestos propios del método tradicional. Asimismo, se generaron metrados confiables y coherentes con la geometría real del proyecto, lo que mejora la precisión en la estimación de cantidades y facilita una planificación más adecuada de los recursos necesarios para la ejecución de estas estructuras de drenaje superficial.

Tabla 9

Volumen de concreto total del baden.

Baden	Metrado (m3)		Variación (%)
	Tradicional	BIM	
Baden 1	56.32	59.81	
Baden 2	56.32	59.81	
Baden 3	56.32	59.81	
Total	168.96	179.43	6.20%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra que el volumen de concreto por cada badén aumenta de 56.32 m³ en el método tradicional a 59.81 m³ mediante BIM, lo que representa una variación del 6.20%. Al considerar los tres badenes, el volumen total se incrementa de 168.96 m³ a 179.43 m³. Esta diferencia evidencia que el método tradicional tiende a subestimar los volúmenes reales, mientras que BIM permite una cuantificación más precisa al considerar la geometría completa del elemento.

Tabla 10

Comparación del costo del concreto en los badenes

Baden	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)
Concreto	S/100,041.22	S/106,240.50	S/6,199.29

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra el costo total del concreto pasa de S/ 100,041.22 en el método tradicional a S/ 106,240.50 con BIM, generando una diferencia de S/ 6,199.29, equivalente al 6.20%. Este incremento es coherente con el mayor volumen obtenido, confirmando que una cuantificación más precisa impacta directamente en el presupuesto.

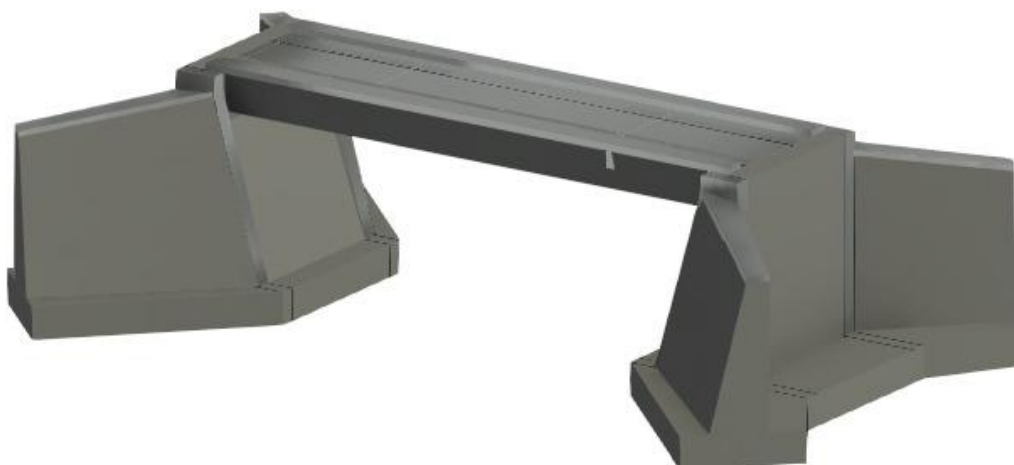
Interpretación general: Los resultados evidencian que la metodología BIM proporciona una cuantificación más precisa del volumen de concreto en comparación con el método tradicional. Se observa un incremento del 6.20% por badén, pasando de 56.32 m³ a 59.81 m³, lo que genera un volumen total de 179.43 m³ frente a los 168.96 m³ estimados tradicionalmente. Esta diferencia se refleja directamente en el costo, el cual aumenta en S/ 6,199.29, manteniendo la misma variación porcentual (6.20%). Esto confirma que el método tradicional tiende a subestimar las cantidades reales, mientras que BIM, al considerar la geometría completa del elemento, permite obtener metrados más confiables.

Modelamiento de Puente de 18 metros

Respecto al modelamiento del puente de 18 metros, se desarrolló un modelo tridimensional detallado en Autodesk Revit, el cual permitió obtener de manera precisa el metrado del volumen de concreto y la cantidad de acero de refuerzo necesario para su construcción.

Figura 108

Modelo del puente de 18 metros



- **Puente**

Figura 109

Cantidad de acero del puente de 18 metros

<Tabla de planificación de armaduras>			
A	B	C	D
Tipo	Longitud total de barra	Peso Nominal	Kilaje
1"	1846.6 m	3.97 kg/m	7336.54 kg
1/2"	461.87 m	0.99 kg/m	459.10 kg
3/8"	753.48 m	0.56 kg/m	421.95 kg
5/8"	2098.3 m	1.55 kg/m	3256.56 kg
Total general: 72	5160.25 m		11474.15 kg

Nota: Extraído de Revit

Interpretación: La figura presenta la tabla de planificación de armaduras generada automáticamente a partir del modelo BIM, donde se integran de manera directa la geometría del puente con sus parámetros estructurales y cantidades de acero. A partir del modelamiento en Revit, se identificaron con precisión los diámetros de barras utilizados (1", 5/8", 1/2" y 3/8"), así como sus longitudes totales, pesos unitarios y kilajes parciales. Como resultado, se obtuvo un kilaje total de 11,474.15 kg de acero para el puente de 18 metros. Este valor representa una cuantificación exacta basada en la geometría real del modelo, eliminando el uso de coeficientes empíricos o aproximaciones propias del

método tradicional. Además, la automatización del metrado permite conocer con claridad la participación de cada tipo de acero dentro del sistema estructural, lo que facilita una mejor planificación de costos, control de materiales y logística en obra.

Tabla 11

Acero total del puente de 18 metros

Características	Metrado (kg)		Variación (%)
	Tradicional	BIM	
Viga Principal	7048.7	7254.09	2.91%
Viga Diafragma	450.06	494.17	9.80%
Losa	2,442.37	2423.34	-0.78%
Vereda	477.96	466.95	-2.30%
Losa de aproximación	829.81	835.59	0.70%
Total	11248.90	11474.15	2.00%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La figura muestra el metrado total de acero del puente presenta un ligero incremento de 11,248.90 kg a 11,474.15 kg, lo que representa una variación del 2.00%. Sin embargo, a nivel de componentes se observan diferencias más marcadas, como en la viga diafragma, donde el incremento alcanza el 9.80%. Esto evidencia que, aunque el valor global no varía significativamente, BIM permite identificar ajustes importantes en elementos específicos.

Tabla 12

Comparación del costo del concreto del puente de 18m

Puente	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)
Concreto	S/86,729.02	S/88,465.70	S/1,736.68

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra el costo del concreto del puente de 18 m obtenido mediante BIM asciende a S/ 88,465.70, mientras que con el método tradicional se estimó

en S/ 86,729.02. Esto representa una diferencia de S/ 1,736.68, equivalente al 2.00%. Esta variación evidencia una ligera subestimación en el método tradicional, la cual es corregida mediante la precisión del modelamiento BIM.

- **Estribo derecho y izquierdo**

Asimismo, el puente de 18 metros, se realizó el modelamiento tridimensional de los estribos derecho e izquierdo, incluyendo sus zapatas, mediante la metodología BIM en Autodesk Revit. Este modelamiento permitió obtener de manera directa y precisa el volumen de concreto necesario para la construcción de los estribos, integrando la geometría real de los elementos estructurales con sus parámetros constructivos.

Tabla 13

Volumen del concreto en estribos del puente de 18 m.

TIPO	Características	Medrado (m3)		Variación (%)
		Tradicional	BIM	
Estribo derecho	Zapata	79.76	79.56	
	Cuerpo	249.84	277.14	
Estribo izquierdo	Zapata	79.76	79.56	
	Cuerpo	249.84	277.14	
Total		659.20	713.39	8.22%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra el volumen total de concreto en los estribos del puente se incrementa de 659.20 m³ en el método tradicional a 713.39 m³ mediante BIM, lo que representa una variación del 8.22%. Esta diferencia es considerable, lo que indica que en elementos de gran volumen y geometría compleja, el método tradicional presenta mayores niveles de imprecisión.

Tabla 14*Comparación del costo del concreto en estribos del puente de 18m*

Puente	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)
Estribo derecho	S/181,845.00	S/195,919.26	S/14,074.27
Estribo izquierdo	S/181,845.00	S/195,919.26	S/14,074.27
Total	S/363,689.99	S/391,838.53	S/28,148.54

Interpretación: La tabla muestra el costo total de los estribos aumenta de S/ 363,689.99 a S/ 391,838.53, generando una diferencia de S/ 28,148.54, equivalente al 7.74%. Este incremento está directamente relacionado con el mayor volumen obtenido mediante BIM, evidenciando el impacto económico de una cuantificación más precisa en elementos estructurales de gran magnitud.

- **Viga principal**

Para el desarrollo del puente de 18 metros, se llevó a cabo el modelamiento tridimensional detallado de la superestructura, enfocándose específicamente en la viga principal y las vigas diafragma mediante el uso de la metodología BIM en el software Autodesk Revit. Este enfoque tecnológico permitió la integración de la geometría longitudinal y transversal de la estructura con sus parámetros constructivos específicos, lo que facilitó una extracción de materiales automatizada y precisa.

Tabla 15*Volumen de concreto total en viga principal del puente de 18 m*

Tipo	Metrado (m3)		Variación (%)
	Tradicional	BIM	
Concreto	32.40	32.40	
Total	32.40	32.40	0.00%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra el volumen de concreto de la viga principal del puente se mantiene exactamente igual en ambas metodologías, con un valor de 32.40 m³, sin presentar ninguna variación (0.00%). Esto indica que, al tratarse de un elemento estructural de geometría regular y sección constante, el método tradicional logra una precisión equivalente al modelamiento BIM. En este caso, no se evidencian diferencias porque el cálculo manual resulta directo y no depende de geometrías complejas.

Tabla 16

Comparación del costo del concreto en viga principal del puente de 18m

Tipo	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)
Concreto	S/23,711.62	S/23,711.62	S/0.00

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra el costo del concreto presenta una coincidencia total entre ambos métodos, alcanzando S/ 23,711.62 en ambos casos, con una diferencia de S/ 0.00. Este resultado confirma que, cuando el metrado es exacto, el presupuesto no presenta variaciones. Por tanto, en elementos simples como la viga principal, la aplicación de BIM no genera cambios económicos, pero sí asegura trazabilidad y control del diseño.

- **Viga diafragma**

Tabla 17

Volumen del concreto total en viga diafragma del puente de 18 m

Tipo	Metrado (m3)		Variación (%)
	Tradicional	BIM	
Concreto	2.43	4.05	
Total	2.43	4.05	66.67%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra una diferencia considerable entre ambos métodos. El metrado tradicional estima 2.43 m³, mientras que el modelo BIM determina 4.05 m³, lo

que representa un incremento del 66.67%. Esta diferencia evidencia que el método tradicional subestimó significativamente el volumen real, probablemente por simplificaciones en la geometría o por no considerar detalles constructivos. En cambio, BIM permite capturar el volumen completo del elemento con mayor precisión.

Tabla 18

Comparación del costo del concreto en viga diafragma del puente de 18m

Tipo	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)
Concreto	S/1,778.37	S/2,963.95	S/1,185.58

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra que el costo presenta una diferencia importante. El método tradicional calcula S/ 1,778.37, mientras que BIM arroja un costo real de S/ 2,963.95, generando una diferencia de S/ 1,185.58. Este incremento confirma que el presupuesto tradicional no consideraba todo el material requerido, lo cual podría haber generado problemas en obra. BIM permite anticipar este desfase y evitar adicionales durante la ejecución.

- **Losa**

Para el desarrollo del puente de 18 metros, se llevó a cabo el modelamiento tridimensional detallado de la superestructura, enfocándose específicamente en la losa de concreto mediante el uso de la metodología BIM en el software Autodesk Revit. Este enfoque permitió integrar la geometría de la plataforma con sus parámetros constructivos reales, facilitando una extracción de materiales automatizada y precisa. Esta metodología garantiza que los metrados constituyan un reflejo fiel del diseño original, eliminando la incertidumbre de los cálculos manuales que suelen presentar variaciones en elementos de grandes áreas superficiales.

Tabla 19*Volumen de concreto total de losa del puente de 18 m*

Tipo	Metrado (m3)		Variación (%)
	Tradicional	BIM	
Concreto	18.00	14.40	
Total	18.00	14.40	-20.00%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra que el volumen de la losa presenta una reducción significativa al pasar de 18.00 m³ en el método tradicional a 14.40 m³ con BIM, lo que representa una disminución del 20.00%. Esto indica que el método tradicional sobreestimó el volumen de concreto, posiblemente por asumir espesores o dimensiones mayores a las reales. El modelamiento BIM, al basarse en la geometría exacta, ajusta el metrado a condiciones reales del diseño.

Tabla 20*Comparación del costo del concreto en losa del puente de 18m*

Tipo	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)
Concreto	S/13,173.12	S/10,538.50	-S/2,634.62

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra que la diferencia en volumen se refleja directamente en el costo. El método tradicional estima S/ 13,173.12, mientras que BIM reduce el costo a S/ 10,538.50, generando un ahorro de S/ 2,634.62. Esto demuestra que la sobreestimación del metrado en el método tradicional impacta directamente en el presupuesto, mientras que BIM permite optimizar costos al trabajar con cantidades reales.

- **Vereda**

Tabla 21*Volumen de concreto total de vereda del puente de 18 m*

Tipo	Metrado (m ³)		Variación (%)
	Tradicional	BIM	
Concreto	5.40	5.04	
Total	5.40	5.04	-6.67%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra que el volumen disminuye de 5.40 m³ a 5.04 m³, lo que representa una reducción del 6.67%. Aunque la diferencia es menor en comparación con otros elementos, sigue evidenciando que el método tradicional tiende a sobreestimar cantidades, mientras que BIM ajusta el metrado con mayor precisión.

Tabla 22*Comparación del costo del concreto en vereda del puente de 18m*

Tipo	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)
Concreto	S/3,951.94	S/3,688.47	-S/263.46

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra que el costo también refleja esta reducción, pasando de S/ 3,951.94 a S/ 3,688.47, lo que representa un ahorro de S/ 263.46. Este resultado evidencia que incluso en elementos secundarios, la precisión del modelo BIM permite optimizar el presupuesto y evitar gastos innecesarios.

Interpretación general: Los resultados del puente de 18 metros muestran que la metodología BIM permite obtener metrados y costos más precisos que el método tradicional, corrigiendo tanto subestimaciones como sobreestimaciones. Mientras que en el acero la variación total es baja (2.00%), en elementos específicos como la viga diafragma (66.67%) y los estribos (8.22%) se evidencian diferencias importantes que reflejan imprecisiones del método tradicional. Asimismo, en elementos como la losa (-

20.00%) y la vereda (-6.67%) se observa que el método tradicional sobreestima cantidades. En cambio, en componentes simples como la viga principal no hay variación (0.00%). Ante ello, BIM no necesariamente reduce costos, sino que los ajusta a valores reales, permitiendo una mejor planificación y evitando errores económicos durante la ejecución de la obra.

Modelamiento de Pontón de 8 metros

Para el desarrollo del proyecto, se realizó el modelamiento tridimensional detallado del pontón de 8 metros empleando la metodología BIM en el software Autodesk Revit. Este proceso permitió generar una tabla de planificación de armaduras sumamente precisa, donde se integraron los diámetros de las barras, sus longitudes totales y pesos nominales para obtener el kilaje exacto del acero estructural.

Figura 110

Modelo del pontón de 8 metros

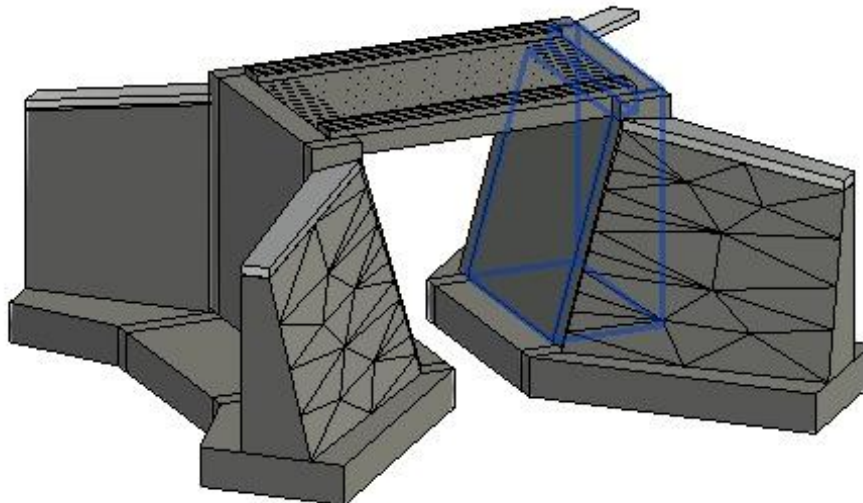


Tabla 23*Cantidad de tipo acero del Pontón de 8 metros en Revit*

Tabla de planificación de armaduras			
Tipo	Longitud total de barra (m)	Peso nominal (kg/m)	Kilaje (kg)
1"	322.67 m	3.97 kg/m	1281.97 kg
5/8"	745.94 m	1.55 kg/m	1157.70 kg
Total general: 8	1068.61 m		2439.67 kg

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La figura muestra que el modelamiento del pontón mediante BIM permitió identificar con precisión los tipos de acero utilizados, específicamente barras de 1" y 5/8", alcanzando una longitud total de 1068.61 m. Esta cuantificación detallada asegura que el metrado del acero se base en la geometría real del modelo, evitando errores comunes del método tradicional, como omisiones o duplicidades en el cálculo manual.

Tabla 24*Acero total del pontón de 8 metros*

Características	Metrado (kg)		Variación (%)
	Tradicional	BIM	
Losa	1,932.44	1459.81	-24.46%
Vereda	96.00	100.05	4.22%
Losa de aproximación	829.81	879.81	6.03%
Total	2858.25	2439.67	-14.64%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra que el acero presenta una reducción significativa al pasar de 2858.25 kg en el método tradicional a 2439.67 kg con BIM, lo que representa una variación de -14.64%. Esta diferencia se explica principalmente por la losa, donde se registra una disminución de -24.46%, mientras que en la vereda y la losa de aproximación

se observan ligeros incrementos de 4.22% y 6.03%, respectivamente. Ante ello, los resultados evidencian que el método tradicional tendía a sobreestimar el acero requerido, mientras que BIM permite una cuantificación más ajustada a la realidad del diseño.

Tabla 25

Comparación del costo del acero del pontón de 8m

Puente	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)
Concreto	S/22,037.11	S/18,809.86	-S/3,227.25

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra el análisis comparativo del costo del acero reduciéndose de S/ 22,037.11 a S/ 18,809.86, lo que representa un ahorro de S/ 3,227.25. Esta diferencia confirma que la sobreestimación del acero en el método tradicional impacta directamente en el presupuesto, mientras que la metodología BIM permite un cálculo más preciso, evitando costos innecesarios y mejorando la eficiencia en el uso de los recursos.

- **Estribo derecho e izquierdo**

Tabla 26

Volumen de concreto total en los estribos del pontón de 8 metros

TIPO	Características	Medrado (m3)		Variación (%)
		Tradicional	BIM	
Estribo derecho	Zapata	91.10	79.56	
	Cuerpo	249.84	270.97	
Estribo izquierdo	Zapata	91.10	79.56	
	Cuerpo	249.84	270.97	
Total		681.88	701.05	2.81%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra volumen total de concreto en los estribos presenta un ligero incremento de 681.88 m³ a 701.05 m³, equivalente a una variación de 2.81%. Sin

embargo, al analizar los componentes, se observa que el volumen de las zapatas disminuye (de 91.10 m³ a 79.56 m³), mientras que el volumen del cuerpo del estribo aumenta (de 249.84 m³ a 270.97 m³). Esto evidencia una redistribución más precisa del volumen en el modelo BIM, ajustándose mejor a la geometría real de los elementos estructurales.

Tabla 27

Comparación del costo del concreto en los estribos del pontón de 8m

TIPO	Características	Medrado (m3)		Variación (S/.)
		Tradicional	BIM	
Estribo derecho	Zapata	S/59,191.31	S/51,690.07	
	Cuerpo	S/130,021.73	S/141,018.21	
Estribo izquierdo	Zapata	S/59,191.31	S/51,690.07	
	Cuerpo	S/130,021.73	S/141,018.21	
Total		S/378,426.09	S/385,416.55	S/6,990.45

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra el análisis comparativo del costo total del concreto en los estribos se incrementa de S/ 378,426.09 a S/ 385,416.55, generando una diferencia de S/ 6,990.45. Este aumento se debe a que el modelo BIM considera con mayor precisión el volumen real del concreto, especialmente en el cuerpo de los estribos. A diferencia del método tradicional, que tiende a simplificar geometrías, BIM permite un presupuesto más cercano a las condiciones reales de obra.

- **Losa**

Para el desarrollo del pontón de 8 metros, se llevó a cabo el modelamiento tridimensional detallado de los elementos de la superestructura, específicamente la losa y la vereda, empleando la metodología BIM en el software Autodesk Revit. Este proceso permitió

integrar la geometría de estos componentes con sus parámetros constructivos reales, facilitando una extracción de materiales automatizada y precisa.

Tabla 28

Volumen de concreto total de la losa del puente de 8 m

Tipo	Metrado (m3)		Variación (%)
	Tradicional	BIM	
Concreto	20.00	20.00	
Total	20.00	20.00	0.00%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra que el volumen de concreto de la losa se mantiene constante en 20.00 m³ tanto en el método tradicional como en BIM, sin presentar variación. Este resultado indica que, al tratarse de un elemento de geometría regular, ambos métodos coinciden en la cuantificación del material.

Tabla 29

Comparación del costo del concreto en la losa del pontón de 8m

Tipo	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)
Concreto	S/14,636.80	S/14,636.80	S/0.00

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra el análisis comparativo de costo del concreto también es idéntico en ambos métodos, con un valor de S/ 14,636.80 y una diferencia de S/ 0.00. Esto evidencia que cuando el metrado es preciso desde el inicio, no se generan variaciones en el presupuesto.

- Vereda

Tabla 30

Volumen de concreto total de la vereda del pontón de 8 m

Tipo	Metrado (m3)		Variación (%)
	Tradicional	BIM	
Concreto	2.40	2.24	
Total	2.40	2.24	-6.67%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra el volumen de concreto de la vereda disminuye de 2.40 m³ a 2.24 m³, lo que representa una variación de -6.67%. Esta reducción evidencia que el método tradicional sobreestimó ligeramente el material requerido, mientras que BIM ajusta el metrado a las dimensiones reales del modelo.

Tabla 31

Comparación del costo de la vereda en la losa del pontón de 8m

Tipo	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)
Concreto	S/1,756.42	S/1,639.32	-S/117.09

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra que el costo del concreto se reduce de S/ 1,756.42 a S/ 1,639.32, generando un ahorro de S/ 117.09. Aunque el monto es pequeño, confirma que la precisión de BIM permite optimizar el presupuesto incluso en elementos secundarios del proyecto.

Interpretación general: Los resultados del pontón de 8m muestran que la metodología BIM permite una cuantificación más precisa, evidenciando principalmente una reducción del 14.64% en el acero total (de 2858.25 kg a 2439.67 kg), lo que se traduce en un ahorro de S/ 3,227.25, confirmando que el método tradicional tendía a sobreestimar este material. En cuanto al concreto, los estribos presentan un ligero incremento del 2.81% en volumen

y un aumento de S/ 6,990.45 en costo, lo que refleja un ajuste más realista en elementos de mayor complejidad. Por otro lado, en componentes simples como la losa no se registran variaciones (0.00%), mientras que en la vereda se observa una reducción del 6.67% con un ahorro menor. Ante ello, estos resultados evidencian que BIM no necesariamente reduce costos en todos los casos, sino que corrige las desviaciones del método tradicional, optimizando el presupuesto y ajustándolo a las condiciones reales del diseño.

Tabla 32

Resumen de costos de las partidas en comparación con BIM

Partida	Tradicional (S/.)	BIM (S/.)	Variación (S/.)	Variación (%)
Apertura, Afirmado y Drenaje	S/4,238,900.11	S/4,345,408.93	S/106,508.82	2.51%
Construcción de Puente 18m de Luz	S/792,252.60	S/857,112.38	S/64,859.77	8.19%
Construcción de Pontón 8m	S/687,433.07	S/740,179.68	S/52,746.60	7.67%
Plan de Seguridad y Salud en el trabajo	S/9,010.00	S/9,010.00	S/0.00	0.00%
Plan de Monitoreo Ambiental	S/44,140.00	S/44,200.00	S/60.00	0.14%
Varios	S/45,170.55	S/45,170.55	S/0.00	0.00%
Total	S/5,816,906.33	S/6,041,081.53	S/224,175.20	3.85%

Interpretación: La tabla muestra el costo directo total del proyecto se incrementa de S/ 5,816,906.33 a S/ 6,041,081.53, con una diferencia de S/ 224,175.20, equivalente al 3.85%. Este incremento se concentra principalmente en las partidas de puente (+8.19%), pontón (+7.67%) y apertura, afirmado y drenaje (+2.51%). Lejos de representar una desventaja, este resultado evidencia que el método tradicional estaba subestimando costos, mientras que BIM permite obtener un presupuesto más realista y confiable.

Movimiento de tierras

Figura 111

Tabla extraídas de los volúmenes de corte y relleno de la Metodología Tradicional

TABLA DE MOVIMIENTO DE TIERRA							
KILOMETRAJE	A. CORTE (m³)	A. RELLENO (m³)	VOL. CORTE (m³)	VOL. RELLENO (m³)	VOL. ACUM. CORTE (m³)	VOL. ACUM. RELLENO (m³)	VOL. NETO (m³)
7+780	18.37	0.00	270.78	0.00	128413.54	4381.78	122051.78
7+800	14.70	0.00	338.84	0.00	128752.39	4381.78	122390.61
7+810	8.12	0.00	114.10	0.00	128866.48	4381.78	122504.70
7+820	0.85	0.48	44.87	2.40	128911.36	4384.19	122547.17
7+840	9.21	0.00	96.59	5.11	127007.93	4389.29	122638.64
7+860	15.15	0.00	231.18	0.00	127239.11	4389.29	122809.82
7+870	19.27	0.00	168.71	0.01	127407.82	4389.30	123038.52
7+880	17.45	0.00	183.59	0.01	127591.41	4389.31	123222.10
7+900	42.92	0.00	593.84	0.00	128185.25	4389.31	123815.04
7+920	38.32	0.00	783.14	0.00	128978.39	4389.31	124609.08
7+940	18.05	0.00	527.02	0.00	129505.41	4389.31	125136.10
7+950	22.00	0.00	200.28	0.00	129705.67	4389.31	125336.36
7+960	24.53	0.00	237.45	0.00	129943.12	4389.31	125573.81
7+980	11.42	0.00	367.02	0.00	130310.14	4389.31	125940.83
7+990	2.03	0.64	68.41	3.13	130378.56	4372.44	126006.12
8+000	0.00	9.24	10.15	49.43	130388.70	4421.86	125966.84
8+010	0.00	16.94	0.00	130.92	130388.70	4552.78	125835.92
8+020	0.00	25.53	0.00	212.38	130388.70	4765.15	125623.56
8+030	0.00	26.44	0.00	258.87	130388.70	5025.01	125363.69
8+040	0.00	15.16	0.00	208.02	130388.70	5233.04	125155.67
8+050	0.04	7.39	0.21	112.78	130388.92	5345.82	125043.10
8+060	0.00	3.80	0.21	55.98	130389.13	5401.80	124987.33
8+070	0.85	1.06	3.23	24.30	130392.36	5426.10	124966.27
8+080	2.78	0.28	16.99	6.76	130409.35	5432.85	124976.49
8+100	12.43	0.00	148.54	3.10	130597.89	5435.95	125121.94
8+120	5.95	0.00	182.14	0.00	130740.03	5435.95	125304.08
8+130	5.41	0.00	55.79	0.02	130795.82	5435.98	125360.84
8+140	4.81	0.00	50.10	0.02	130846.91	5436.00	125410.91
8+145	5.53	0.00	26.13	0.00	130873.05	5436.00	125437.05

Nota: Expediente de metodología tradicional

Figura 112

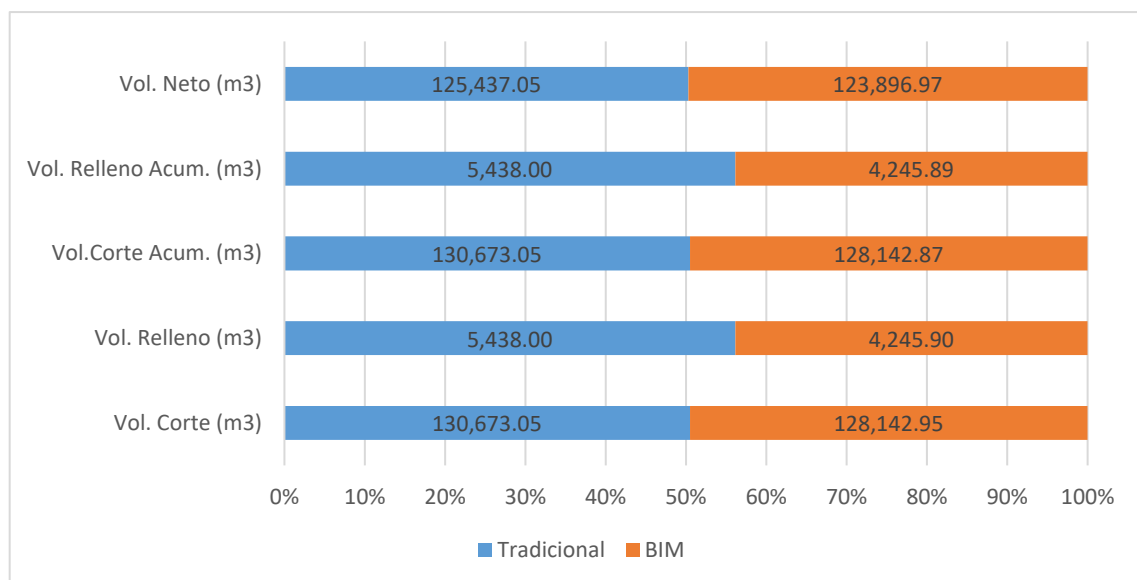
Tabla extraídas de los volúmenes de corte y relleno - BIM

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
7+428.54	0.22	14.13	0.80	200.84	102584.55	156239.30
7+438.84	11.81	2.87	61.98	87.61	102646.53	156326.90
7+448.84	25.89	0.00	188.49	14.38	102835.02	156341.28
7+450.63	27.91	0.01	48.10	0.01	102883.12	156341.29
7+458.84	37.69	0.01	269.35	0.09	103152.48	156341.38
7+468.84	55.47	0.00	465.82	0.05	103618.30	156341.43
7+469.45	56.18	0.00	33.55	0.00	103651.84	156341.43
7+478.84	43.26	0.00	467.34	0.00	104119.18	156341.43
7+498.84	19.99	0.00	632.51	0.00	104751.69	156341.43
7+518.44	10.35	2.41	297.25	23.60	105048.94	156365.03
7+518.84	10.21	2.47	4.16	0.99	105053.11	156366.01
7+527.94	5.61	5.15	78.42	28.29	105131.52	156394.31
7+528.84	5.03	5.62	5.33	3.99	105136.85	156398.30
7+537.76	0.04	14.26	25.17	77.57	105162.02	156475.87
7+538.84	0.00	15.66	0.03	14.70	105162.05	156490.57
7+540.38	0.00	17.24	0.00	23.21	105162.05	156513.78
7+557.08	0.00	13.00	0.00	230.14	105162.05	156743.92
7+558.84	0.00	12.29	0.00	22.36	105162.05	156766.27
7+578.84	0.61	7.75	6.09	200.46	105168.15	156966.73
7+589.42	0.37	8.39	5.16	85.35	105173.31	157052.08

Nota: Extraído de Civil 3D

Tabla 33*Comparación de volúmenes de corte y relleno de 0+00 hasta 8+145.10*

Metodología	A. Corte (m2)	A. Relleno (m2)	Vol. Corte (m3)	Vol. Relleno (m3)	Vol.Corte Acum. (m3)	Vol. Relleno Acum. (m3)	Vol. Neto (m3)
Tradicional			130,673.05	5,438.00	130,673.05	5,438.00	125,437.05
BIM	14,504.35	524.34	128,142.95	4,245.90	128,142.87	4,245.89	123,896.97
Variación (%)			-1.94%	-21.92%	-1.94%	-21.92%	-1.23%

Figura 113*Comparación de volúmenes de corte y relleno de 0+00 hasta 8+145.10*

Interpretación: La figura muestra que el volumen de corte se reduce de 130,673.05 m³ a 128,142.95 m³, lo que representa una variación de -1.94%, mientras que el volumen de relleno disminuye de 5,438.00 m³ a 4,245.90 m³, con una variación significativa de -21.92%. En términos netos, el volumen total también se reduce en -1.23%. Estos resultados evidencian que el método tradicional sobreestimó principalmente el relleno, mientras que BIM permite un cálculo más preciso basado en la topografía real.

Programación de obra

Teniendo en cuenta los rendimientos de cada ítem con metodología tradicional y las cantidades obtenidas con metodología BIM, se procedió a calcular el tiempo estimado de la ejecución del proyecto vial con obras de arte, el tiempo total que se obtuvo con la metodología BIM fue de 165 días, lo cual es menor a lo que obtuvieron con la metodología tradicional que fue de 180 días.

Tabla 34

Tiempo con metodología tradicional vs BIM

Ítem	Partida	Tradicional (Días)	BIM (Días)	Variación (%)
01	Apertura, Afirmado y Drenaje	145.00	120.00	17.24%
02	Construcción de Puente 18m de Luz	105.00	90.00	14.29%
03	Construcción de Pontón 8m	80.00	75.00	6.25%
04	Plan de Seguridad y Salud en el trabajo	180.00	165.00	8.33%
05	Plan de Monitoreo Ambiental	180.00	165.00	8.33%
06	Varios	10.00	5.00	50.00%
Total		180.00	165.00	8.33%

Nota: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra una reducción del plazo de ejecución del proyecto al comparar la metodología tradicional con BIM, pasando de 180 a 165 días, lo que representa una disminución global del 8.33%.

En la partida “Apertura, Afirmado y Drenaje”, que presenta la mayor reducción de 145 a 120 días, equivalente al 17.24%, la mejora se explica por la suma de optimizaciones en subpartidas clave. En obras preliminares, se reducen tiempos en actividades como trazo y replanteo (de 3 a 2.32 días) y desbroce y limpieza (1 día). En movimiento de tierras, se evidencian variaciones en corte en material suelto (79 a 78 días), corte en roca suelta (141 a 140 días), corte en roca fija (33 a 32.7 días), eliminación de material excedente (54 a 53.42 días) y perfilado de subrasante (3 a 2.26 días). En afirmado, se presentan

reducciones en extracción y zarandeo (11 a 10.5 días), transporte de material (10 a 9.58 días) y extendido y compactado (23 a 22.4 días). Por último, en obras de arte y drenaje, las variaciones se concentran en subpartidas como encofrado (5 a 4.42 días), acero (7 a 6.76 días) y concreto en badenes (5 a 4.98 días), además de una diferencia considerable en cunetas, donde el método tradicional sobreestima duraciones frente a los tiempos efectivos obtenidos con BIM. La acumulación de estas mejoras explica la reducción significativa de esta partida.

En la partida “Construcción del Puente de 18 m”, la variación de 105 a 90 días (14.29%) se debe a optimizaciones en subpartidas estructurales. Se identifican reducciones en actividades de encofrado (0.3 a 0.5 días por actividad), acero de refuerzo (0.5 días) y concreto (0.1 a 0.3 días), tanto en estribos como en vigas y losas. Estas mejoras, aunque pequeñas de manera individual, generan un impacto acumulativo importante en el plazo total de la partida.

En la partida de “Construcción del Pontón de 8 m”, la reducción es de 80 a 75 días (6.25%), donde la variación se presenta en subpartidas similares a las del puente (excavaciones, encofrados, acero y concreto), pero con reducciones menores (entre 0.1 y 0.5 días), debido a la menor magnitud y complejidad de la estructura.

En las partidas de “Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo” y “Plan de Monitoreo Ambiental”, la reducción uniforme de 180 a 165 días (8.33%) se explica porque estas actividades se desarrollan de manera transversal durante todo el proyecto. La variación se da por una mejor integración en el cronograma, evidenciando ajustes en subpartidas como capacitaciones, señalización y medidas de mitigación, con reducciones aproximadas de hasta 0.5 días por actividad, sin alterar su continuidad.

Por último, en la partida “Varios”, que presenta la mayor variación relativa (de 10 a 5 días, equivalente al 50%), la mejora se evidencia en subpartidas como juntas, acabados y actividades finales, donde los tiempos se reducen de aproximadamente 1 día a 0.5 días. Esto refleja que la metodología BIM corrige sobreestimaciones del método tradicional, ajustando los tiempos a condiciones más reales de ejecución.

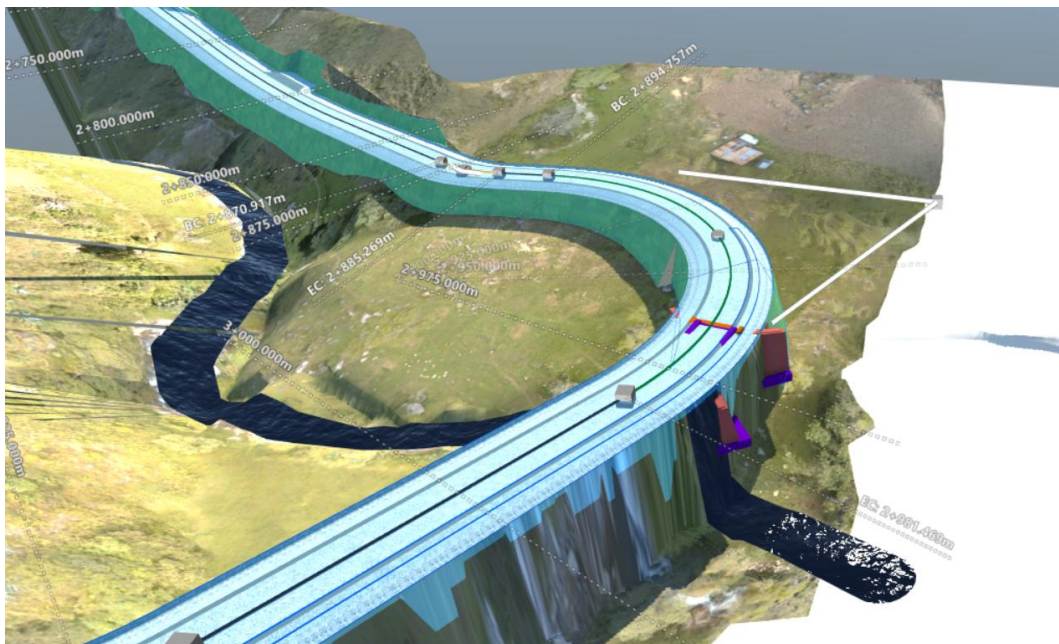
Ante ello, se observa que la variación de tiempos se produce principalmente en subpartidas mediante reducciones pequeñas pero constantes, las cuales, al ser acumuladas en cada partida, generan una disminución significativa del plazo total del proyecto, demostrando que la metodología BIM permite una planificación más precisa, eficiente y alineada con la realidad constructiva.

Criterios de diseño y ubicación

- **Criterios de ubicación del puente de 18 m y pontón de 8m**

Figura 114

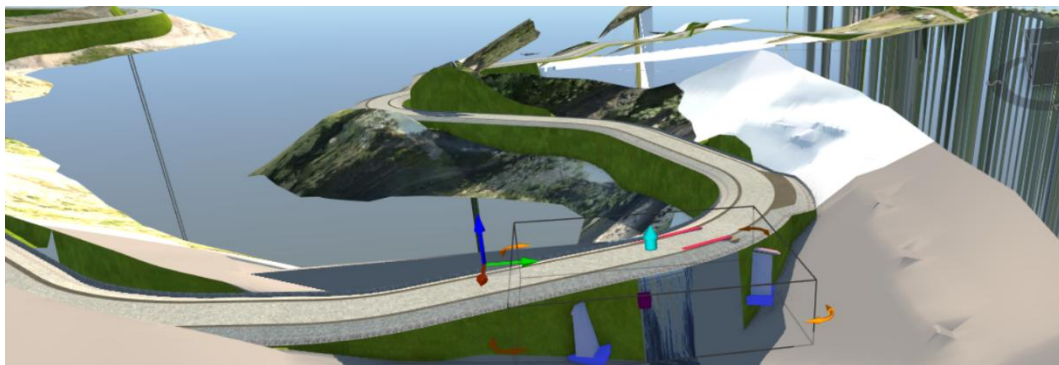
Ubicación del puente de 18m



Interpretación: La figura muestra que el modelo en InfraWorks permitió ubicar el puente en la progresiva 2+975, donde se identificó la presencia del río Tondora. Esta ubicación coincide con los estudios geotécnicos e hidrológicos, lo que garantiza que la estructura responde adecuadamente a las condiciones reales del terreno y del caudal.

Figura 115

Ubicación del pontón de 8m



Interpretación: La figura muestra que el pontón fue ubicado en la progresiva 5+015, correspondiente al cruce del río Luscate. Esta selección asegura una adecuada evacuación de aguas y una correcta integración del diseño vial con el entorno natural.

- **Criterio de ubicación de las plazoletas**

Se ubicaron las plazoletas cada 500 metros

- **Criterio de señales de velocidad máxima (r-2)**

1. Ubicación lateral

- **Siempre al lado derecho** del sentido de circulación.
- En curvas cerradas: **lado interno** de la curva (mejor visibilidad).
- En taludes altos: mover al lado izquierdo si queda oculta.

2. Separación longitudinal

- **Zonas rectas rurales:** cada 200–300 m
- **Zonas escarpadas / sinuosas:** cada 150–200 m

- **Después de cada curva importante** (si la señal anterior pierde visibilidad).
- **Después de cualquier intersección o acceso.**

3. Altura y distancia al borde

- Altura: **1.80 – 2.20 m**
- Distancia al borde de calzada: **1.0 – 2.5 m**

4. Visibilidad mínima

- Debe poder verse a **100–150 m** según velocidad (30 km/h).

5. No saturar

- Evitar colocar señales demasiado juntas sin necesidad técnica.

Resumen de criterios para postes de luz / luminarias

1. Uso en carretera rural

La iluminación **no es continua**.

Se coloca solo en lugares donde es realmente necesaria:

- Curvas peligrosas
- Puentes
- Intersecciones
- Zonas pobladas
- Zonas de derrumbes o riesgo

2. Separación entre postes

Cuando sí se usa iluminación:

- Rectas o zonas pobladas: **cada 30–40 m**
- Curvas peligrosas: **cada 20–30 m**
- Puentes: **cada 20–30 m**

3. Ubicación lateral

- Preferencia: **lado derecho** o el lado con mejor visibilidad.

- En curvas fuertes: colocar donde **no tape la señal**.
- Mantenerse fuera de zonas de derrumbe.

4. Distancia al borde

- **2.5 – 4.0 m** del borde de calzada
(más lejos que las señales, para no invadir la zona de seguridad).

Distancia mínima entre señales y postes

Para evitar interferencia visual:

- **Mínimo: 3 m**
- **Recomendado: 5–10 m**, especialmente en curvas.

Tabla 35

Resumen de criterios para señales de velocidad máxima (r-2)

Elemento	Lado	Distancia entre ellos	Altura	Observaciones
Señal R-2	Derecha (curvas: lado interno)	150–300 m	1.8–2.2 m	Repetir después de curvas e intersecciones
Poste de luz	Derecha o lado con visibilidad	30–40 m o en puntos críticos	Según diseño	Solo en zonas críticas
Separación señal–poste	—	≥ 3 m (ideal 5–10 m)	—	Evitar postes tapando señales

Nota: elaboración propia

Programación en Navisworks

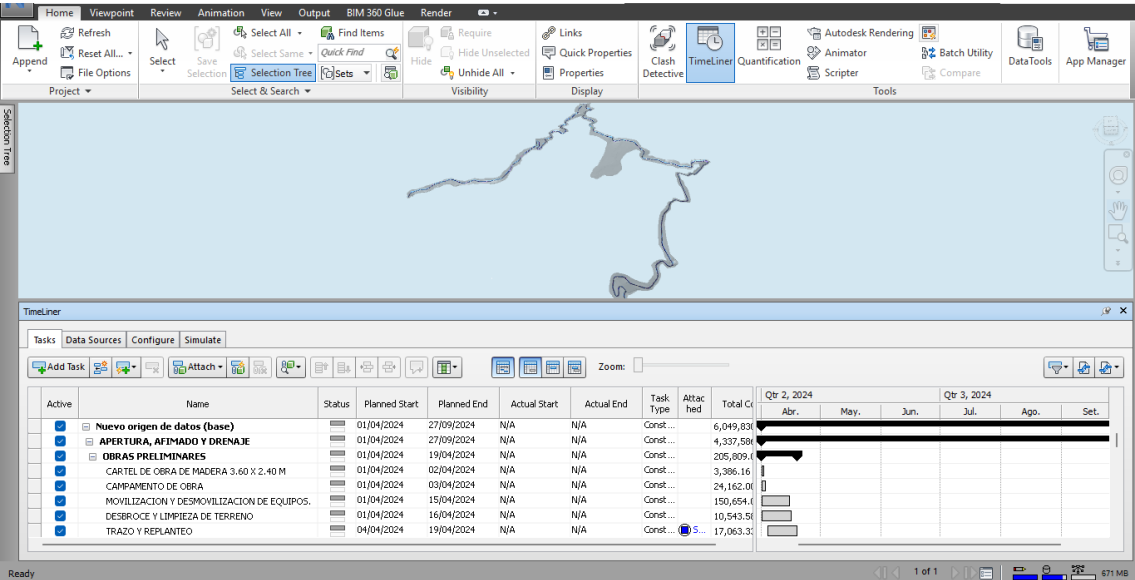
El uso de la metodología BIM mediante la herramienta Navisworks permitió desarrollar la programación del proyecto vial de forma integrada con el modelo tridimensional, vinculando las actividades del cronograma con los elementos constructivos de la carretera. A diferencia del enfoque tradicional, donde la programación se realiza de

manera independiente, este proceso permitió una simulación secuencial del avance de obra, facilitando la visualización del proceso constructivo en tiempo y espacio.

Para ello, el cronograma fue elaborado inicialmente en Microsoft Excel y posteriormente exportado a Navisworks, donde se realizó la vinculación de cada actividad con los elementos correspondientes del modelo BIM. Este procedimiento permitió obtener una representación dinámica y ordenada del proceso constructivo del proyecto vial, mejorando la comprensión de la secuencia de ejecución y la coordinación de las partidas.

Figura 116

Cronograma realizado en Navisworks

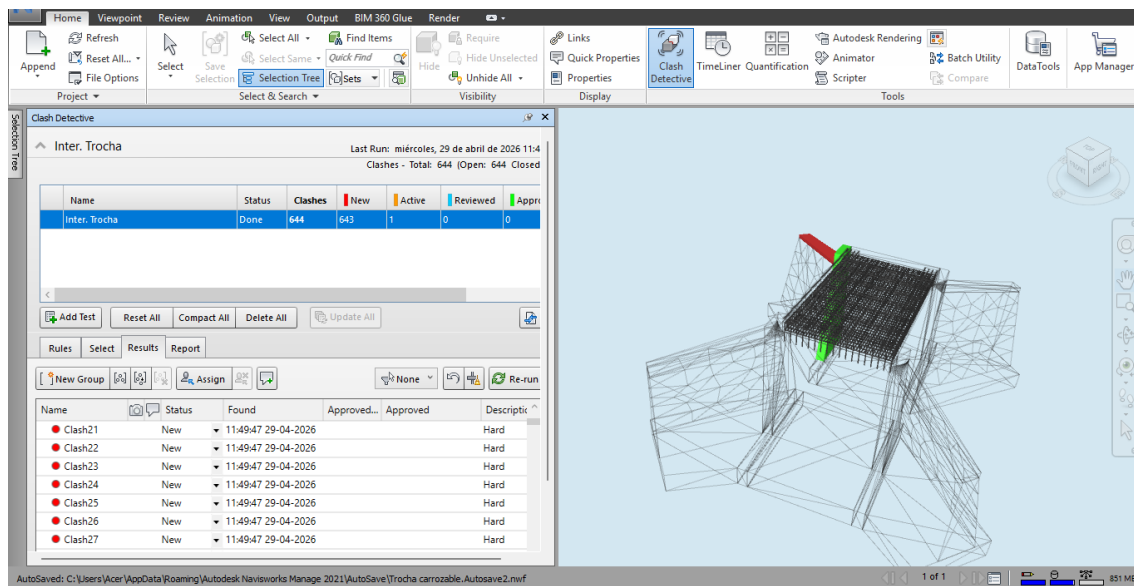


Interpretación: La implementación de la metodología BIM, apoyada en herramientas como Civil 3D, InfraWorks y Navisworks, permite optimizar integralmente el diseño vial, logrando una mayor precisión en el modelamiento del terreno, la cuantificación de volúmenes, la programación de obra y la coordinación de las especialidades. Esto se traduce en un proyecto más coherente con las condiciones reales del entorno, reduciendo inconsistencias, optimizando recursos y mejorando la eficiencia global del proyecto.

Asimismo, el modelo digital facilitó la identificación de conflictos geométricos entre los distintos componentes del proyecto mediante el uso de la herramienta Clash Detective de Autodesk Navisworks, evidenciando incompatibilidades que podrían afectar la ejecución de la obra y resaltando la importancia de una adecuada coordinación en la etapa de diseño.

Figura 117

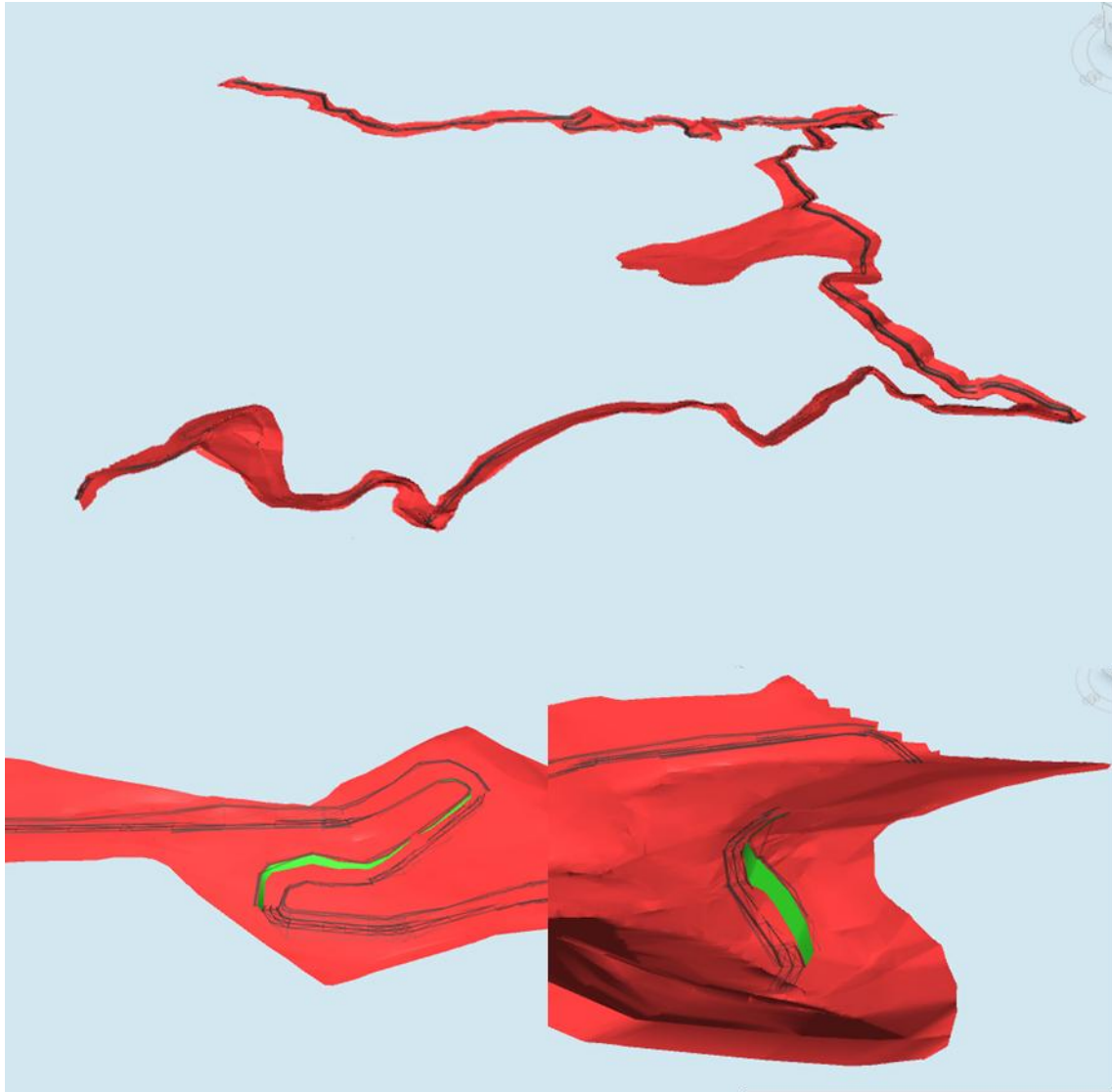
Análisis de interferencias del modelo vial en Navisworks



Interpretación: La figura evidencia que el análisis identificó un total de 644 conflictos, de los cuales 643 se encuentran en estado “New” y 1 en estado “Active”, todos clasificados como tipo Hard Clash, lo que indica la presencia de superposiciones directas entre los componentes del modelo, estas situaciones se concentran principalmente en la interacción entre la plataforma vial y elementos estructurales asociados. Además, la visualización tridimensional permitió reconocer de forma precisa las zonas críticas del proyecto, donde se presentan conflictos que podrían generar restricciones durante la ejecución si no son corregidos oportunamente. Este procedimiento pone en evidencia la importancia de la coordinación digital, ya que permite anticipar errores de diseño que, bajo métodos tradicionales, serían detectados recién en obra.

Figura 118

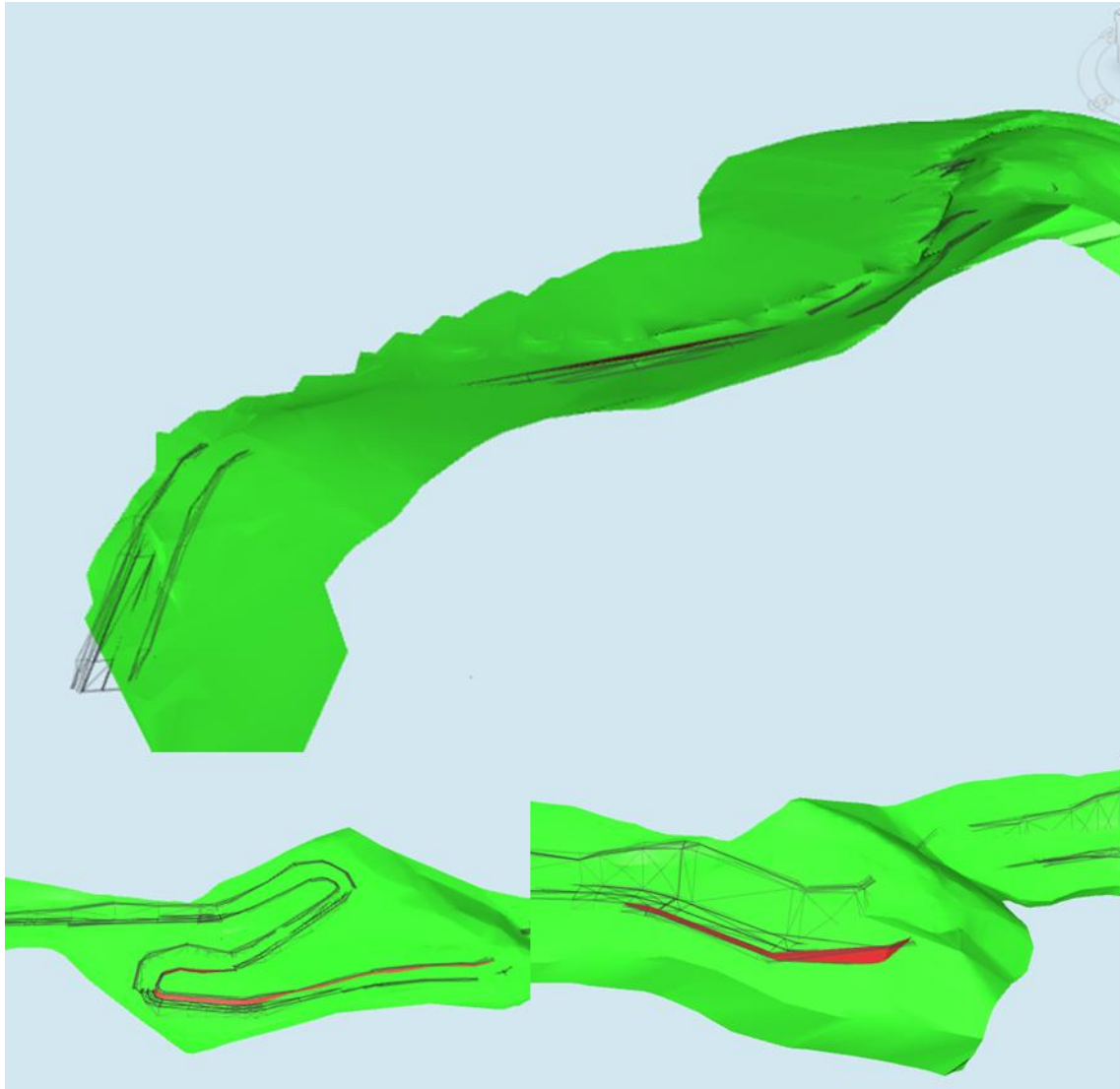
Interferencia de la vía por debajo del terreno



Interpretación: La figura evidencia que el trazo de la vía se encuentra por debajo de la superficie del terreno natural, generando una superposición geométrica que indica una incorrecta definición de niveles o rasante, lo cual podría ocasionar problemas en movimiento de tierras y drenaje; ante ello, se recomienda ajustar la rasante del diseño vial o realizar una adecuada modelación del terreno para garantizar coherencia entre ambos elementos.

Figura 119

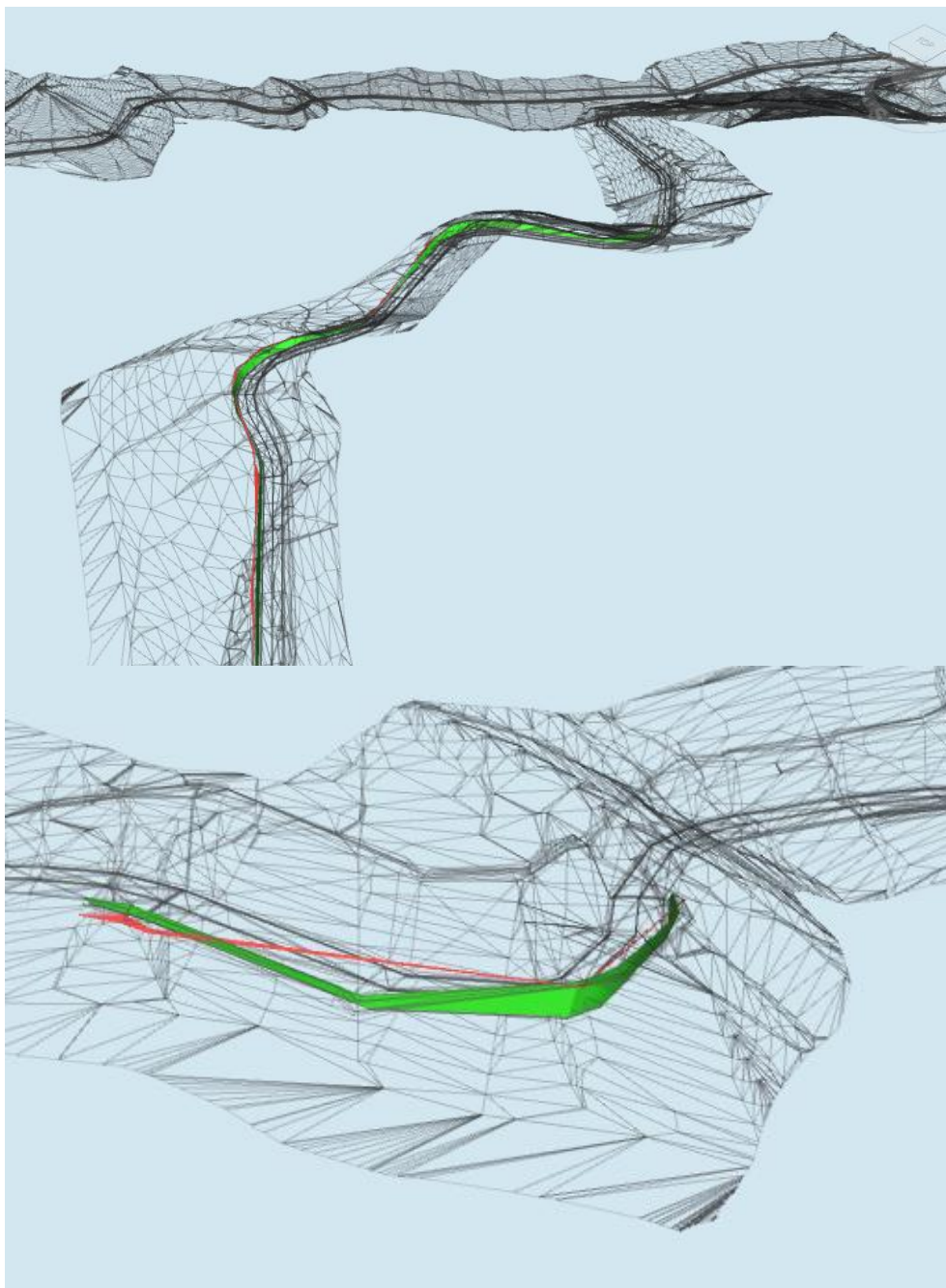
Interferencia del trazo del terreno



Interpretación: La figura evidencia inconsistencias entre el modelado del terreno y el trazo proyectado de la vía, lo que genera incompatibilidades geométricas que podrían afectar la correcta implantación del proyecto; como solución, se debe mejorar la superficie topográfica y validar el alineamiento del eje vial respecto al terreno existente.

Figura 120

Interferencia en toda la longitud del trazo de la vía

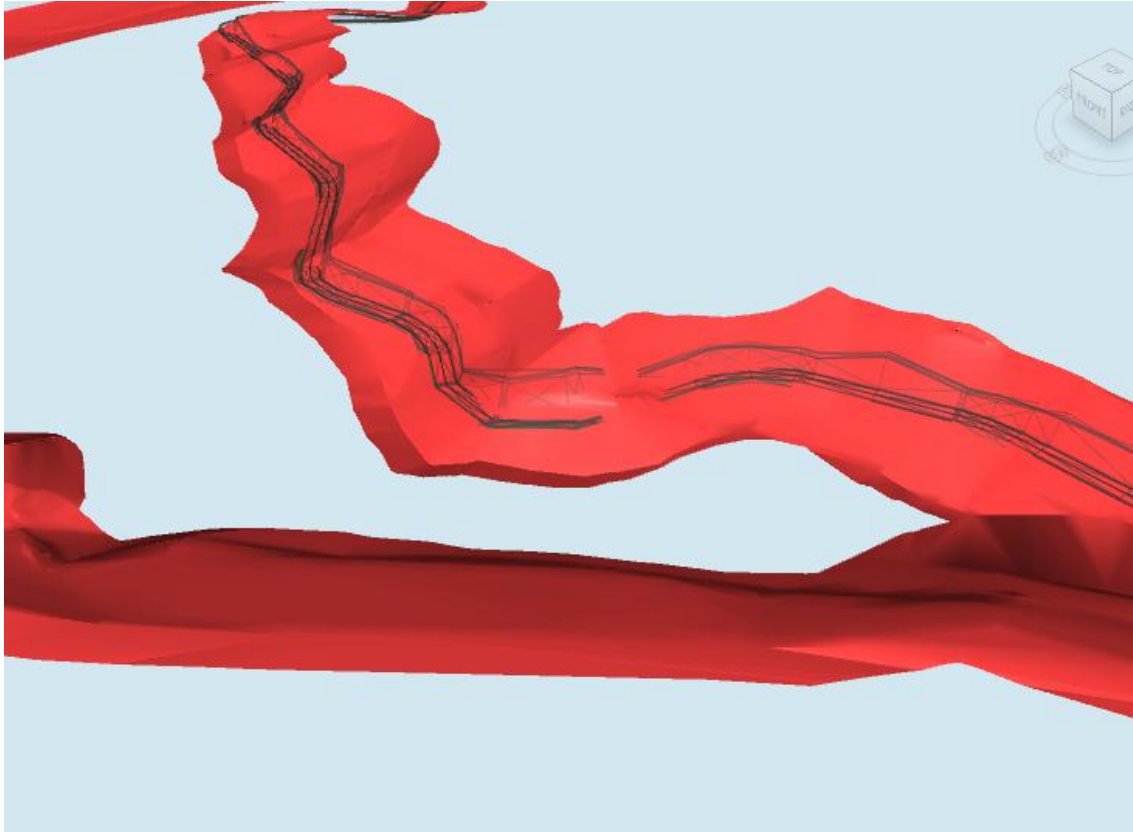


Interpretación: La figura evidencia interferencias continuas a lo largo de todo el eje del proyecto vial, lo que indica un error generalizado en la integración del modelo, probablemente asociado a una mala configuración de niveles o referencias; ante ello, se

recomienda revisar integralmente el modelado del corredor vial y su relación con el terreno y demás elementos del proyecto.

Figura 121

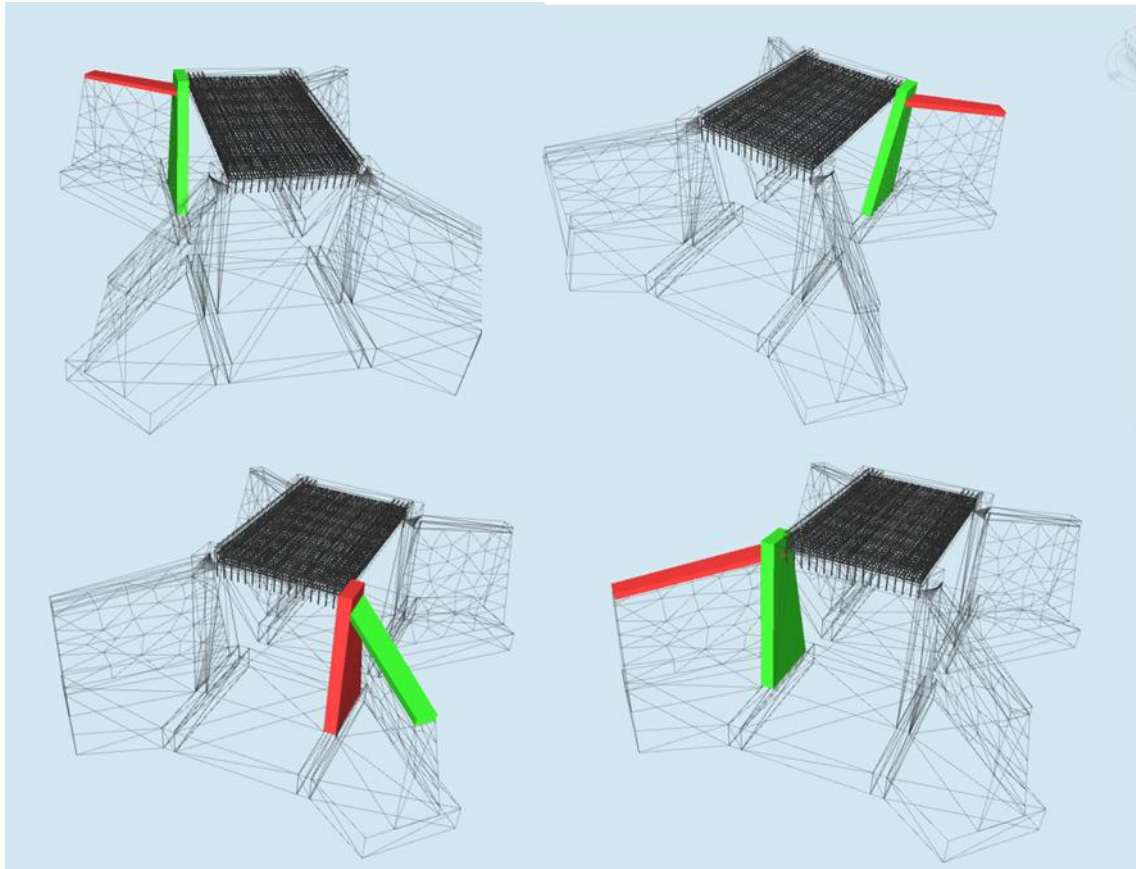
Interferencia del dibujo de la carretera



Interpretación: La figura evidencia inconsistencias en la representación geométrica del diseño vial, generando conflictos entre líneas o elementos mal definidos, lo cual puede derivar en errores constructivos; como medida correctiva, se recomienda depurar el modelado y asegurar la correcta definición del alineamiento horizontal y vertical.

Figura 122

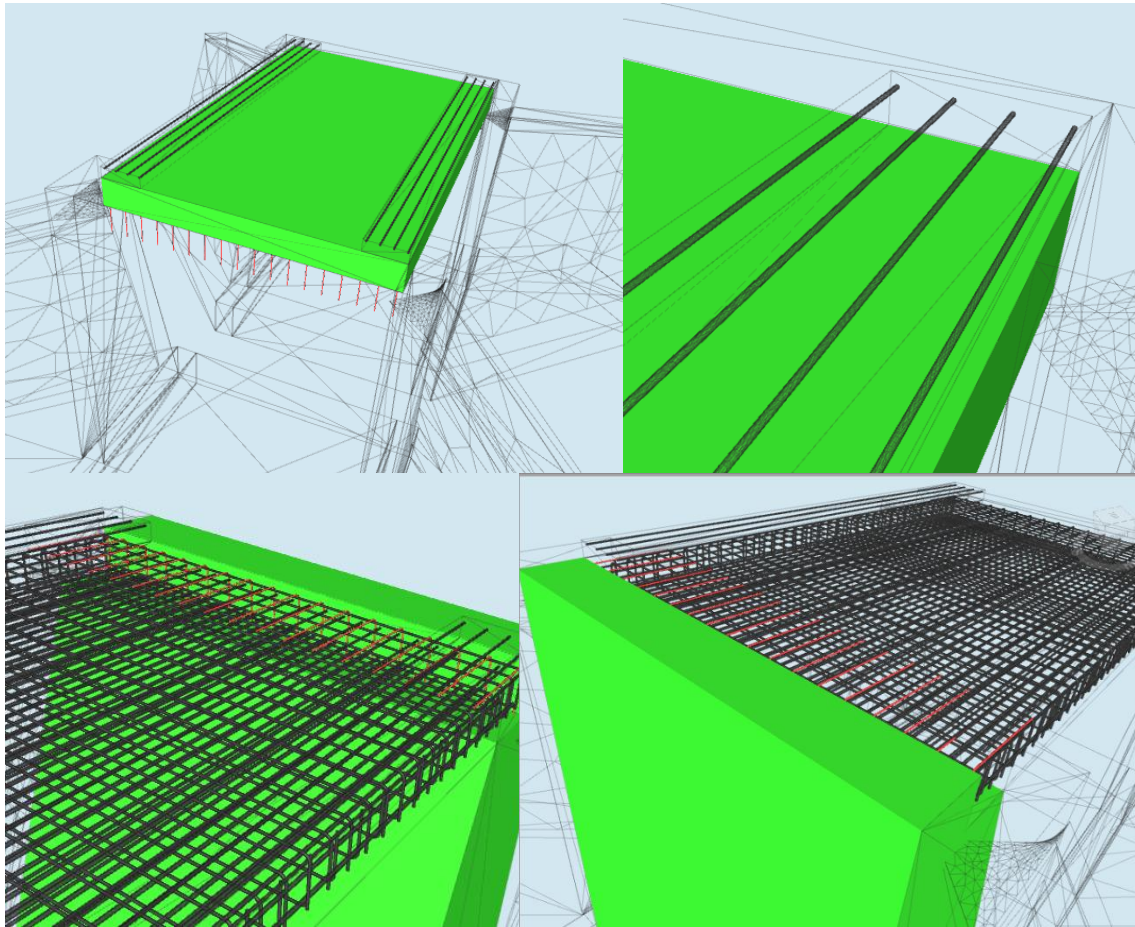
Interferencia estructural entre elementos laterales del puente de 18m



Interpretación: La figura evidencia una interferencia directa entre elementos estructurales de las alas de los estribos del puente de 18m, representada por las zonas en color rojo y verde, lo que indica una superposición geométrica entre componentes que ocupan el mismo espacio dentro del modelo, entre la plataforma y un elemento lateral, generando una falta de coordinación que podría ocasionar problemas durante la ejecución, como retrabajos o imposibilidad de construcción; ante ello, se recomienda ajustar la geometría de los elementos involucrados.

Figura 123

Interferencia estructural del acero en losa del puente de 18m

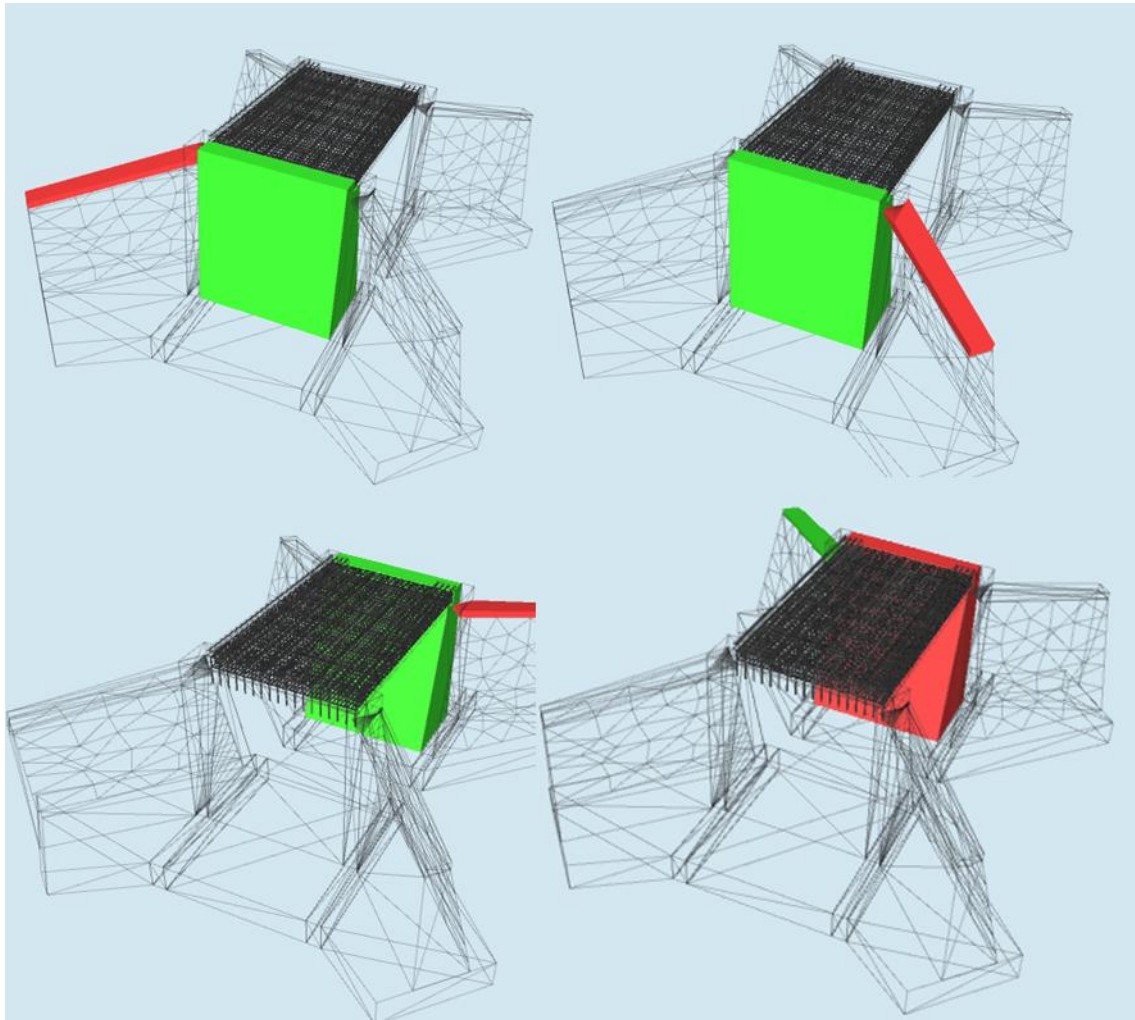


Interpretación: La figura evidencia una interferencia en el armado del acero de la losa del puente de 18 m, donde se observa una disposición inadecuada del refuerzo, generando superposición y congestión de barras tanto en sentido longitudinal como transversal. Las zonas resaltadas muestran que algunos elementos del acero no mantienen un espaciamiento uniforme e incluso invaden áreas no previstas dentro del volumen de la losa, lo que indica deficiencias en el modelado del refuerzo. Esta condición podría dificultar la correcta colocación del acero en obra, afectar los recubrimientos mínimos y comprometer la calidad del concreto al generar vacíos o mala compactación. Como medida correctiva, se recomienda rediseñar el esquema de armado, asegurando una distribución ordenada, respetando los espaciamientos, anclajes y recubrimientos

establecidos en la normativa, garantizando así un adecuado comportamiento estructural de la losa.

Figura 124

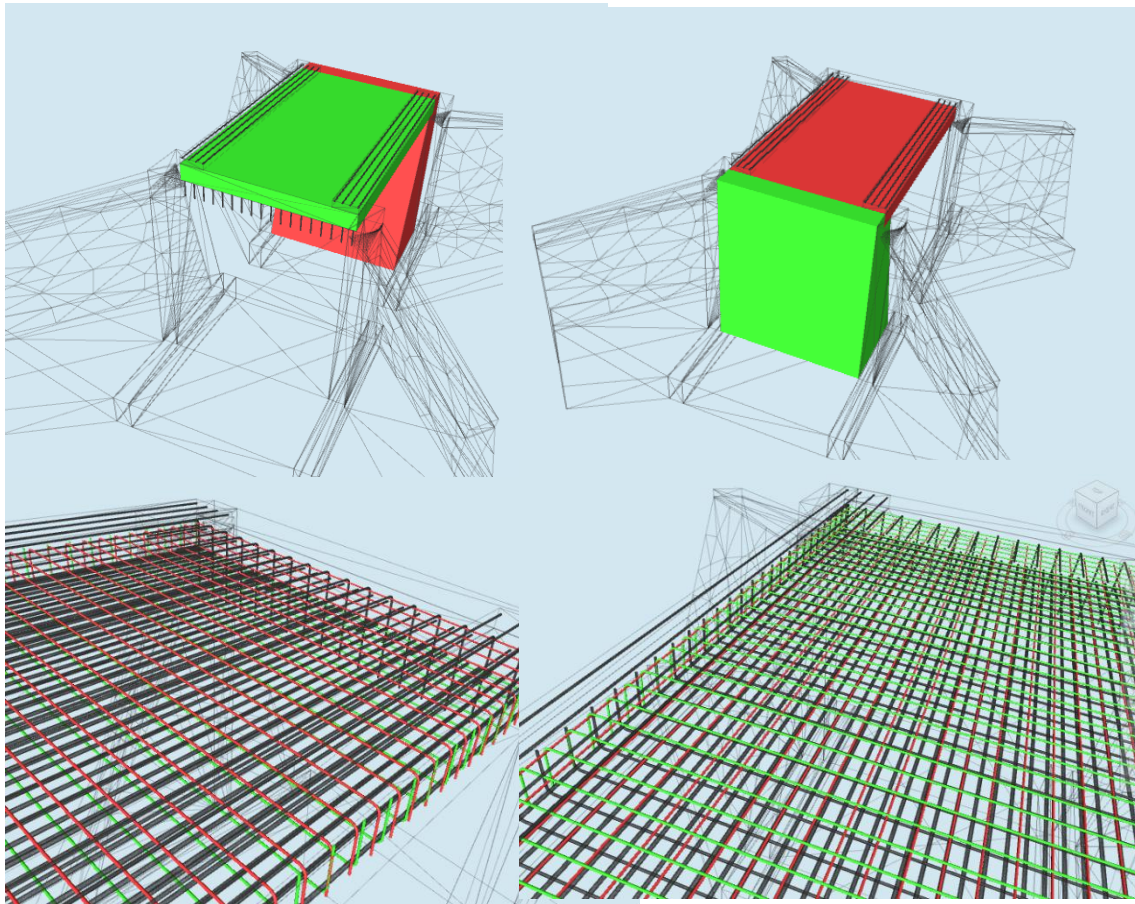
Interferencia estructural entre plataforma y elemento lateral del pontón de 8m



Interpretación: La figura muestra una interferencia entre la plataforma del pontón y uno de sus elementos laterales, evidenciando que ambos componentes se superponen parcialmente dentro del modelo. Esta situación refleja una falta de coordinación en el diseño geométrico, lo que podría generar dificultades durante la ejecución, especialmente en el proceso de encofrado y colocación de elementos. Para corregirlo, es necesario ajustar los niveles y alineamientos de los elementos involucrados, garantizando una adecuada compatibilidad entre ellos.

Figura 125

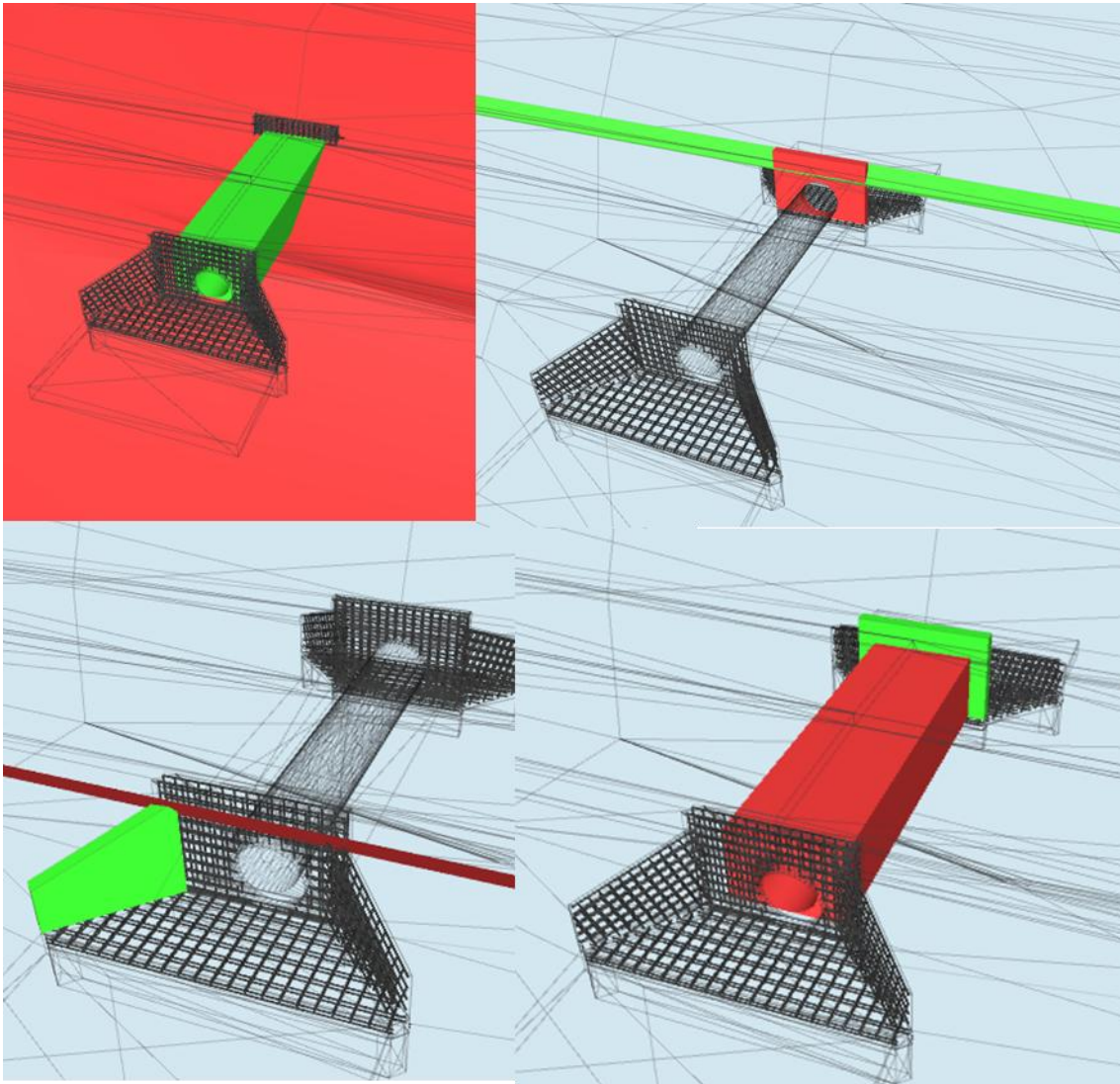
Interferencia estructural del acero entre losa y muro del pontón de 8m



Interpretación: La figura evidencia una interferencia estructural entre el acero de refuerzo de la losa y el muro del pontón de 8 m, donde se observa una superposición y cruce inadecuado de las barras en la zona de conexión entre ambos elementos. Las áreas resaltadas muestran que el refuerzo de la losa invade el espacio correspondiente al muro, generando una congestión de acero y falta de continuidad ordenada en el armado. Esta condición puede dificultar la correcta colocación del refuerzo en obra, afectar los recubrimientos mínimos y comprometer la adecuada transferencia de esfuerzos entre los elementos estructurales. Como medida correctiva, se recomienda rediseñar el detalle de conexión, reorganizando el acero de refuerzo y asegurando una adecuada disposición, anclaje y espaciamiento conforme a los criterios estructurales y normativos.

Figura 126

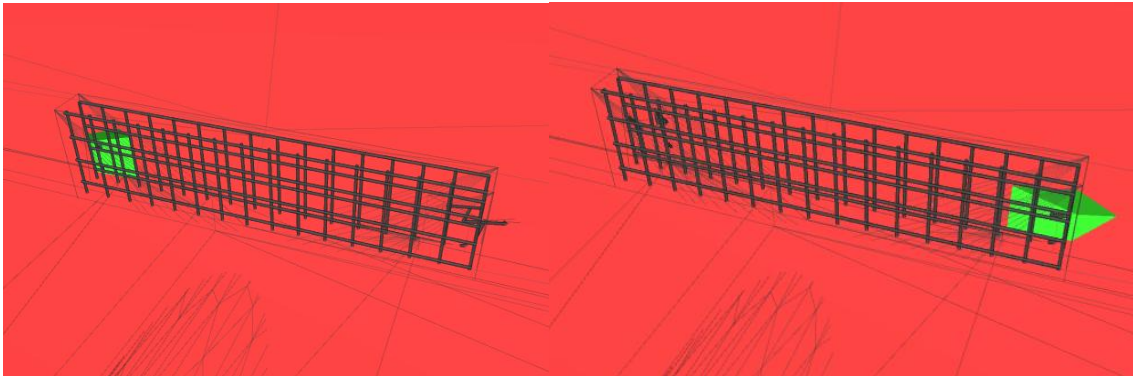
Interferencia estructural entre alcantarillas y trazo de la vía



Interpretación: La figura evidencia una incompatibilidad entre la ubicación de las alcantarillas y el trazo de la vía, generando un conflicto geométrico que podría afectar tanto la funcionalidad hidráulica como la estabilidad de la estructura vial. Este problema sugiere una falta de integración entre el diseño vial y el drenaje. Como solución, se debe replantear la ubicación y nivel de las alcantarillas, asegurando su correcta articulación con el eje de la carretera.

Figura 127

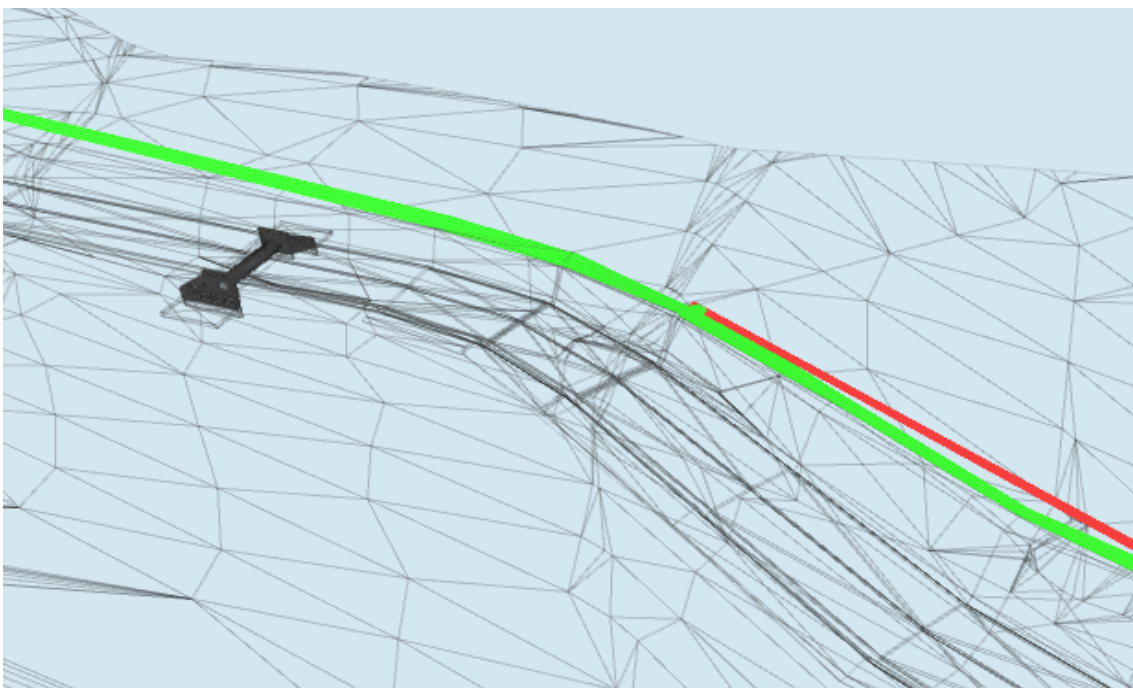
Interferencia estructural del muro de las alcantarillas y vía



Interpretación: La figura evidencia que el acero del muro de la alcantarilla invade el espacio correspondiente a la vía, lo que representa una interferencia directa que podría afectar la construcción de la superficie de rodadura. Este tipo de error evidencia una inadecuada definición de límites estructurales. Para solucionarlo, es necesario corregir la ubicación del refuerzo y verificar los recubrimientos, evitando que sobresalga fuera del elemento estructural.

Figura 128

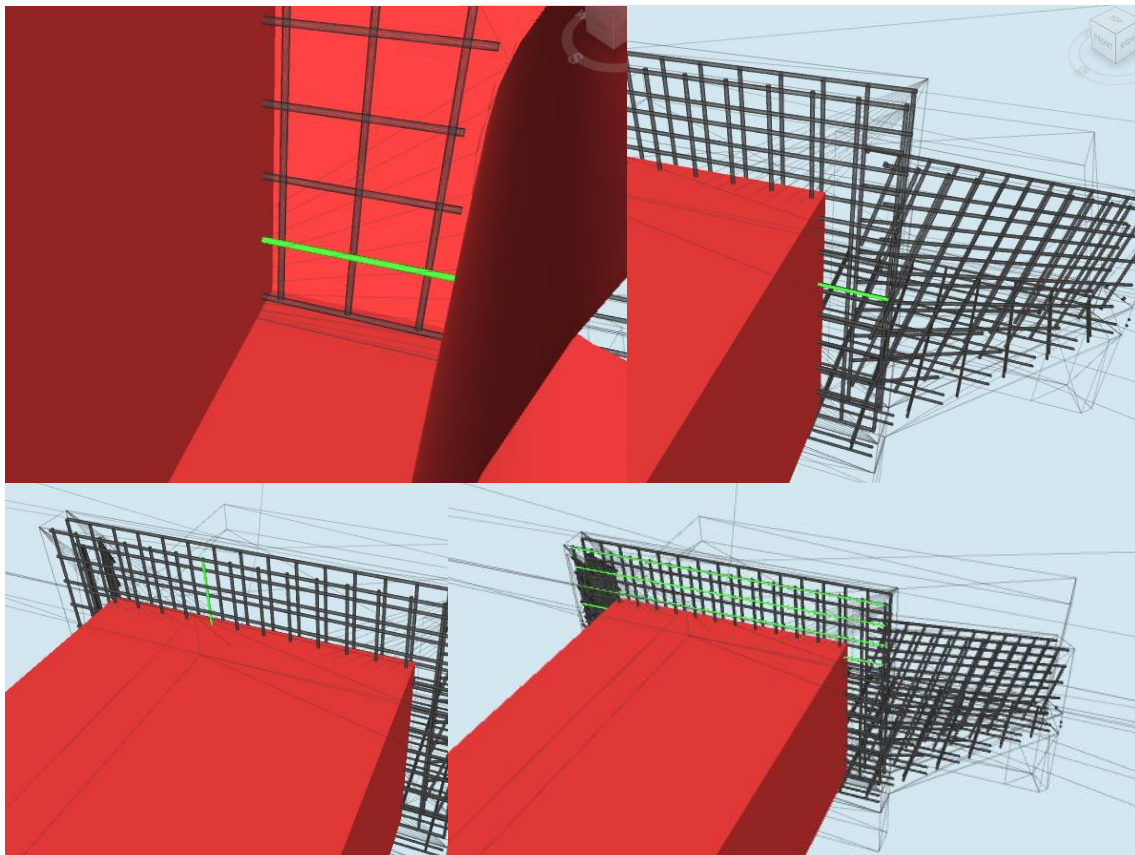
Interferencia de alcantarilla mal alineada con la carretera



Interpretación: La figura muestra que la alcantarilla se encuentra desalineada y a un nivel superior respecto a la carretera, generando una incompatibilidad tanto geométrica como funcional. Esta condición podría afectar el correcto flujo del agua y generar problemas de drenaje. Se recomienda ajustar la alineación y la cota de la alcantarilla de acuerdo con el perfil longitudinal de la vía.

Figura 129

Interferencia del armado del acero en muro de alcantarillas

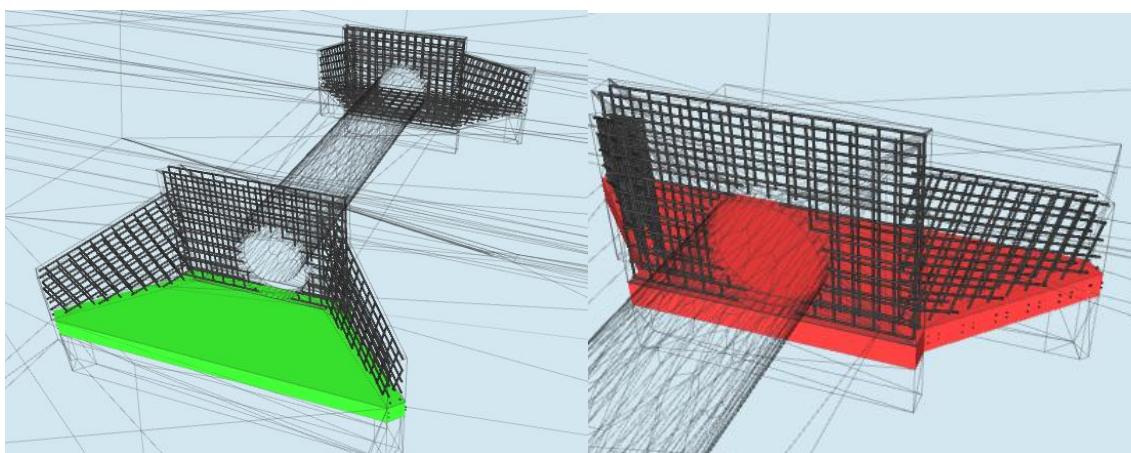


Interpretación: La figura evidencia una interferencia en el armado del acero del muro de la alcantarilla, donde se observa que algunas barras de refuerzo se encuentran mal posicionadas, generando cruces indebidos, falta de alineamiento y, en ciertos casos, sobresaliendo fuera del volumen del elemento estructural. Las zonas resaltadas muestran que el acero invade espacios no previstos, lo que indica una deficiente coordinación en el diseño del refuerzo. Esta condición podría ocasionar dificultades durante el encofrado y

vaciado del concreto, además de incumplir con los recubrimientos mínimos exigidos, afectando la durabilidad y el comportamiento estructural del muro. Como medida correctiva, se recomienda reorganizar el armado, asegurando una adecuada distribución, respetando los espaciamientos y recubrimientos normativos, y garantizando su correcta integración dentro del elemento estructural.

Figura 130

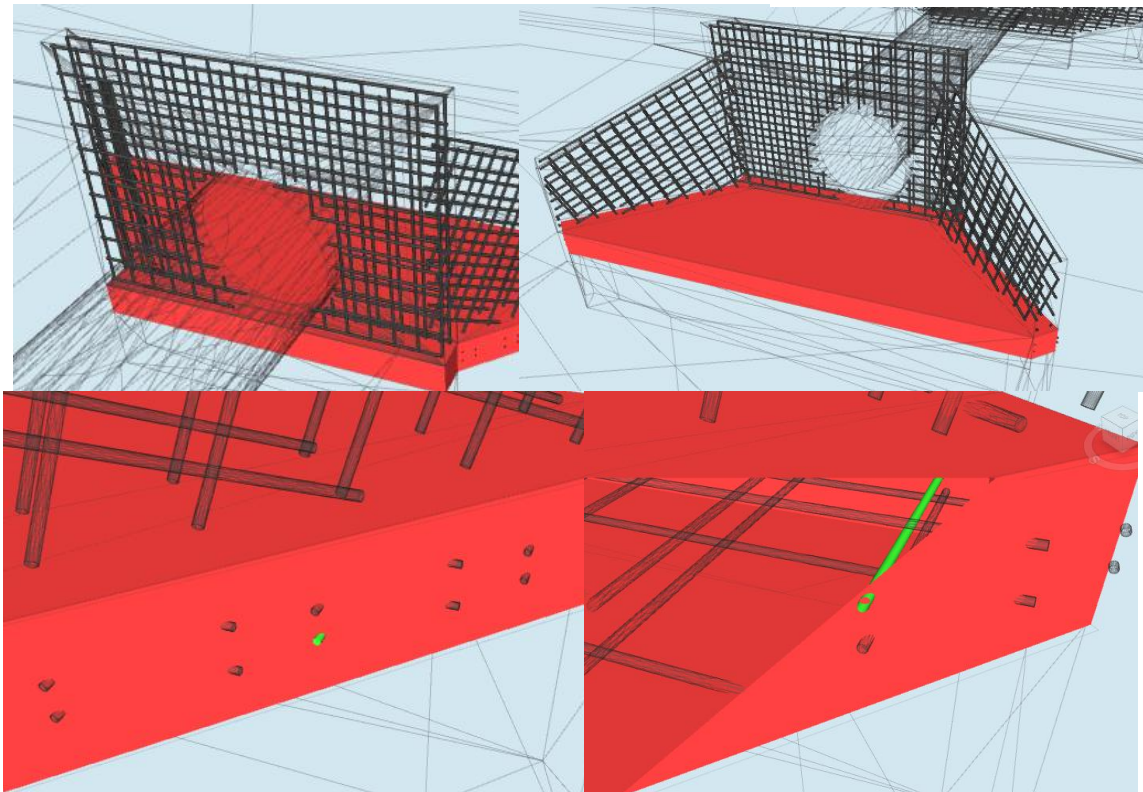
Interferencia de losa elevada en el muro de las alcantarillas



Interpretación: La figura evidencia una interferencia entre la losa y el muro de la alcantarilla, donde la losa se encuentra a un nivel superior y superpuesta respecto al elemento vertical, generando una falta de continuidad estructural y una incompatibilidad geométrica en la conexión. Las zonas resaltadas en color verde y rojo muestran claramente el desfase entre ambos componentes, lo que indica una incorrecta definición de cotas y niveles en el modelado. Esta condición podría afectar la adecuada transmisión de cargas, comprometer la estabilidad del conjunto y generar dificultades durante la ejecución, especialmente en el encofrado y vaciado del concreto. Como medida correctiva, se recomienda ajustar las elevaciones y alinear correctamente la losa con el muro, garantizando una conexión estructural continua y coherente con los criterios de diseño.

Figura 131

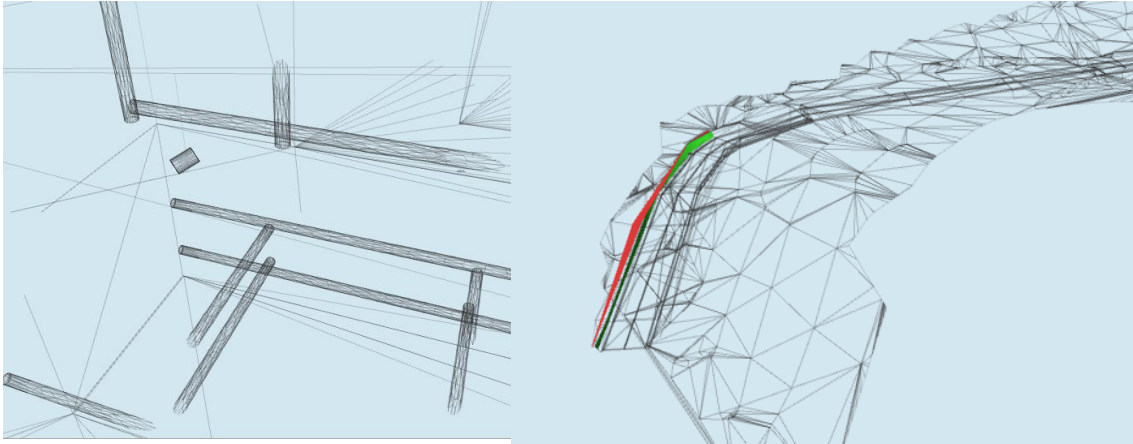
Interferencia del armado del acero en losa de alcantarillas



Interpretación: La figura evidencia una interferencia en el armado del acero de la losa de la alcantarilla, donde se observa una disposición inadecuada de las barras de refuerzo, generando superposición y falta de alineamiento entre los elementos. Las zonas resaltadas muestran que algunos aceros se encuentran invadiendo el espacio de otros o sobresaliendo fuera del volumen de la losa, lo que indica errores en el modelado del refuerzo. Esta situación podría dificultar la correcta colocación del acero en obra, afectar los recubrimientos mínimos y comprometer el comportamiento estructural del elemento. Como medida correctiva, se recomienda reorganizar el diseño del armado, respetando espaciamientos, recubrimientos y distribución adecuada del refuerzo, garantizando su correcta integración dentro de la losa.

Figura 132

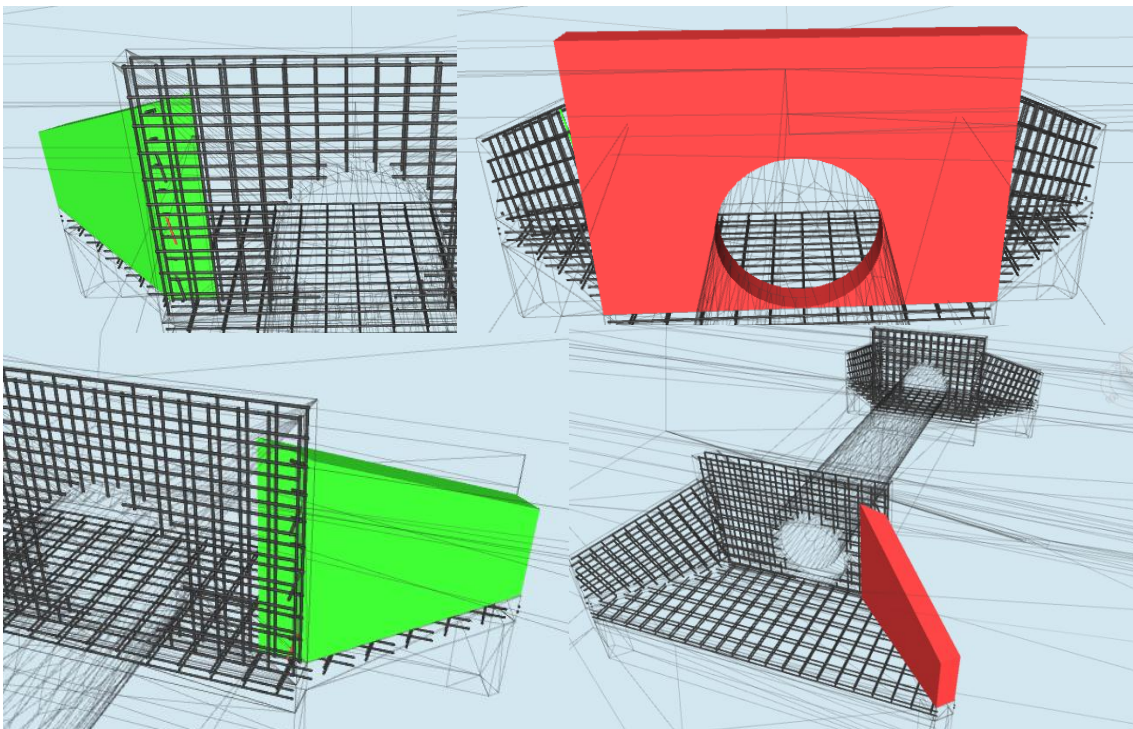
Interferencia en el dibujo de las estructuras



Interpretación: La figura muestra inconsistencias en el modelado de las estructuras, evidenciando elementos mal definidos o superpuestos que generan conflictos dentro del modelo. Este tipo de errores suele originarse por una deficiente elaboración del modelo digital. Se recomienda realizar una depuración del modelado, asegurando la correcta representación de cada componente.

Figura 133

Interferencia del armado de acero entre conexión de muros y alas de alcantarillas



Interpretación: La figura evidencia una deficiente conexión entre los muros laterales y las alas de la alcantarilla, lo que genera interferencias en el armado del acero. Esta situación puede comprometer la continuidad estructural del elemento. Como solución, se debe rediseñar el detalle constructivo, asegurando una correcta articulación entre los componentes y una adecuada disposición del refuerzo.

Interpretación general: Los resultados evidencian que la metodología BIM permitió integrar la programación con el modelo 3D y detectar anticipadamente 644 interferencias, principalmente del tipo Hard Clash, asociadas a fallas de coordinación entre diseño vial, estructural y drenaje. Estas incompatibilidades, relacionadas con niveles, alineamientos y armado, pudieron corregirse en etapa de diseño, demostrando que el uso de Navisworks optimiza la planificación, mejora la calidad del proyecto y reduce riesgos de retrabajos, sobrecostos y retrasos en obra.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

OE1: Reducir los costos de diseño y construcción de la carretera Muñoño-Caballopampa-Patahuaz – Cutervo mediante la aplicación de la metodología BIM.

Análisis integral de los costos totales del proyecto: metodología tradicional vs. BIM

El análisis comparativo de los costos totales del proyecto evidencia que la aplicación de la metodología BIM no necesariamente implica una reducción directa del presupuesto global, sino que permite alcanzar una mayor precisión en la cuantificación de metrados y en la determinación de costos reales. En este sentido, la metodología BIM actúa como una herramienta de ajuste técnico que corrige las imprecisiones inherentes al enfoque tradicional, el cual tiende a simplificar la geometría de los elementos constructivos.

En términos globales, el costo directo del proyecto bajo la metodología tradicional asciende a S/ 5,816,906.33, mientras que con la aplicación de BIM se obtiene un valor de S/ 6,041,081.53, generando una variación de S/ 224,175.20 equivalente al 3.85%. Este incremento responde a la mayor precisión del modelamiento tridimensional, el cual permite representar de manera más fiel las condiciones reales del terreno y de las estructuras proyectadas.

Evaluación del presupuesto general y ahorro consolidado

La variación del presupuesto se refleja también en los costos indirectos, los cuales se encuentran directamente asociados al costo directo del proyecto. En ese sentido, los gastos generales se incrementan de S/ 526,868.60 a S/ 497,095.95, mientras que la utilidad varía de S/ 285,028.41 a S/ 268,921.83, manteniendo la proporcionalidad respecto al nuevo costo base.

En consecuencia, el presupuesto total del proyecto, incluyendo el IGV del 18%, pasa de S/ 7,821,987.91 en la metodología tradicional a S/ 7,379,977.65 con BIM. Aunque en términos absolutos el resultado muestra una diferencia global, esta no debe interpretarse

como una reducción económica, sino como una reestructuración más precisa del presupuesto, alineada a las condiciones reales de ejecución.

Incidencia de la precisión por elementos estructurales

El análisis desagregado por partidas evidencia que las diferencias económicas se concentran principalmente en elementos de geometría compleja. En las alcantarillas, la aplicación de BIM permitió identificar un incremento del 25.87% en el acero y del 5.68% en el concreto, lo que evidencia una subestimación del método tradicional. De manera similar, en los badenes se registró un incremento del 6.20% en el volumen de concreto, reflejado directamente en el costo de ejecución.

En el caso del puente de 18 metros, los resultados muestran variaciones significativas en elementos específicos como las vigas diafragma, donde el incremento alcanza el 66.67%, así como en los estribos, con una variación del 8.22% en volumen de concreto. Asimismo, en el pontón de 8 metros se evidenció una reducción del 14.64% en el acero total, generando un ajuste en el costo de S/ 3,227.25, lo cual confirma que BIM no solo incrementa, sino que también corrige sobreestimaciones en determinados elementos.

Incluso en componentes secundarios como veredas y losas, se observan variaciones menores pero consistentes, lo que refuerza la idea de que la metodología tradicional tiende a generalizar dimensiones, mientras que BIM permite una cuantificación más detallada y exacta.

Ante ello, los resultados permiten afirmar que la metodología BIM no debe interpretarse únicamente como un mecanismo de reducción de costos, sino como un sistema de optimización de la precisión presupuestal. El incremento global de S/ 224,175.20 (3.85%) evidencia una corrección de subestimaciones presentes en el método tradicional, lo que permite obtener un presupuesto más confiable, transparente y acorde a la realidad constructiva del proyecto vial.

OE2: Optimizar el tiempo de ejecución del proyecto vial utilizando herramientas BIM para la planificación y coordinación de actividades.

La aplicación de la metodología BIM en la planificación del proyecto vial permitió optimizar el proceso constructivo mediante la integración del modelo tridimensional con la programación de obra, lo que facilitó una mejor coordinación entre actividades, así como una secuencia constructiva más ordenada y eficiente.

Como resultado de esta integración, el plazo total de ejecución del proyecto se redujo de 180 días bajo la metodología tradicional a 165 días mediante BIM, lo que representa una disminución de 15 días equivalente al 8.33%. Esta reducción se explica principalmente por la mejora en la planificación de actividades críticas y la reducción de interferencias entre partidas constructivas.

Las mayores reducciones se presentan en la apertura, afirmado y drenaje, con un 17.24%, así como en la construcción del puente de 18 metros con un 14.29%. En el caso del pontón de 8 metros, la reducción es menor, alcanzando el 6.25%, mientras que las actividades relacionadas con seguridad, salud y monitoreo ambiental presentan reducciones constantes debido a su carácter estandarizado.

Ante ello, estos resultados evidencian que la metodología BIM mejora la eficiencia del cronograma al permitir una planificación más coordinada, reduciendo tiempos improductivos y optimizando la secuencia de ejecución de obra.

OE3: Mejorar la precisión en la estimación de plazos de construcción mediante la integración de modelos BIM en la planificación del proyecto vial.

La integración del modelo BIM en la planificación del proyecto vial permitió mejorar significativamente la precisión en la estimación de plazos de construcción, al vincular directamente los metrados obtenidos del modelamiento tridimensional con los rendimientos unitarios de cada partida.

En este contexto, el cronograma elaborado bajo la metodología BIM determinó un plazo total de 165 días calendario, en comparación con los 180 días establecidos mediante la metodología tradicional. Esta diferencia evidencia una mayor consistencia en la planificación, al basarse en cantidades reales derivadas del modelo digital y no en aproximaciones manuales.

Asimismo, el uso de herramientas como Civil 3D, InfraWorks y Navisworks permitió mejorar la definición de metrados, la secuenciación de actividades y la detección de interferencias constructivas, contribuyendo a una programación más precisa y coherente con la realidad del proyecto.

Ante ello, la metodología BIM permite reducir la incertidumbre en la estimación de plazos, fortaleciendo la confiabilidad de la planificación y mejorando la toma de decisiones durante la etapa de programación de obra.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. La aplicación de BIM permitió ajustar los costos del proyecto de manera más realista, pasando de S/ 5,816,906.33 a S/ 6,041,081.53, con una diferencia de S/ 224,175.20 (3.85%). Este cambio se debe a que el modelamiento permitió corregir metrados que estaban subestimados en el método tradicional, como en alcantarillas (hasta 25.87% en acero), badenes (6.20%), puente de 18 m (8.22% en estribos y 66.67% en vigas diafragma) y pontón de 8 m (-14.64% en acero), además de una ligera variación en movimiento de tierras de -1.23%, logrando un presupuesto más cercano a la realidad del proyecto.
2. La metodología BIM permitió una reducción efectiva del plazo de ejecución del proyecto, pasando de 180 a 165 días calendario, lo que representa una disminución de 15 días en 8.33%, debido a la optimización de la secuencia constructiva y la mejora en la planificación de actividades. Asimismo, la simulación 4D en Navisworks facilitó la visualización del proceso constructivo y la identificación anticipada de interferencias, lo que contribuyó a evitar retrasos asociados a conflictos en obra y mejorar la continuidad de las actividades.
3. La integración del modelo BIM permitió obtener una estimación más confiable del cronograma, al vincular de manera directa los metrados reales con los rendimientos de ejecución de cada partida, estableciendo un plazo consistente de 165 días frente a los 180 días del método tradicional. Además, el análisis de interferencias mediante Navisworks evidenció un total de 644 conflictos, lo que permitió identificar incompatibilidades geométricas antes de la ejecución, reduciendo la incertidumbre y mejorando la coordinación técnica del proyecto.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. Se recomienda integrar el uso de herramientas de análisis geoespacial e hidrológico como InfraWorks desde las etapas tempranas de planificación para definir la ubicación exacta de las obras de drenaje y estructuras mayores. Esta práctica es fundamental para asegurar que las alcantarillas y puentes se emplacen de acuerdo con las líneas de flujo reales de las cuencas, reduciendo así los riesgos de fallas estructurales por erosión y los costos futuros por mantenimiento correctivo. La trazabilidad que ofrece el entorno BIM debe ser utilizada como un mecanismo de transparencia presupuestaria, permitiendo que las entidades identifiquen incluso posibles subestimaciones en el diseño antes de la fase de ejecución, evitando la gestión de presupuestos adicionales de obra.
2. Se recomienda implementar el uso de modelos BIM 4D para vincular directamente la geometría tridimensional con el cronograma de obra, lo que permite una planificación dinámica que optimiza los tiempos de ejecución y detecta interferencias temporales antes del inicio de las actividades en campo.
3. Se recomienda estandarizar la extracción automatizada de metrados desde el modelo digital para garantizar que el cronograma real y la logística de materiales se basen en volúmenes exactos, evitando los retrasos por falta de suministros o errores en cálculos manuales.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, F. (2016). *Aplicacion Modelo BIM - Francisco Acuña - FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE CIVIL DISERTACIÓN PREVIO - Studocu*.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-intercultural-fabiola-salazar-leguia-de-bagua/analisis-estructural/aplicacion-modelo-bim-francisco-acuna/63172796>
- Antunes, A. L., José Barateiro, Vânia Marecos, Jelena Petrović, & Cardoso, E. (2024). Ontology-based BIM-AMS integration in European Highways. *Intelligent Systems with Applications*, 22, 200366–200366. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2024.200366>
- Bentley Systems. (2015). *Entendiendo el concepto BIM, en el caso de Bentley Systems – Geofumadas – GIS – CAD – BIM resources*. <https://geofumadas.com/entendiendo-el-concepto-bim-en-el-caso-de-bentley-systems/>
- Cadena Ser. (2025). *Acciona será la encargada de construir el vial del nuevo hospital de Teruel por 8,7 millones de euros*. <https://cadenaser.com/aragon/2025/02/01/acciona-sera-la-encargada-de-construir-el-vial-del-nuevo-hospital-de-teruel-por-87-millones-de-euros-ser-teruel/>
- Castañeda, H., Herrera, R. Sánchez, K., Porras, H. (2020) “Cost overrun causative factors in road infrastructure projects: a frequency and importance analysis,” *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 16, p. 5506, Aug. 2020, doi: 10.3390/app10165506.
- Chen, L., Shi, P., Tang, Q., Liu, W., & Wu, Q. (2020). Development and application of a specification-compliant highway tunnel facility management system based on BIM. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 97, 103262–103262. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2019.103262>

- Choque, A. N. V. (2021). *Procedimientos de expedientes técnicos y ejecución de obras públicas: Provincia de Moyobamba, Región de San Martín, Año 2020*. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/99057>
- DG. (2018). *DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES*. 285. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Díaz Linarez, J. A. (2019). Gestión de proyectos utilizando las herramientas BIM en la fase de diseño de proyectos de infraestructura vial. *Repositorio - UNSM*. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3785>
- Díaz Morales, R. E. (2024). *Optimización del cronograma de obra del expediente técnico del proyecto: Policlínico Apu-Salud en el distrito de Lambayeque, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque*. Repositorio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Dos Santos, D., Ferreira, M. y Ferreira, M. (2023). Compatibility of design through BIM methodology. *Revista Ingeniería de Construcción*, 38(1), 80-89. <http://dx.doi.org/10.7764/ric.00053.21>
- es.BIM. (2023). *BIM o Metodología BIM (Qué es) Más Que Tecnología*. <https://www.espaciobim.com/bim>
- González, J. P., Martínez, L. F., & Rodríguez, M. A. (2021). *Modelo de gestión del tiempo y de los costos del proyecto de infraestructura vial*. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstreams/5891d598-3fc7-4ccf-ae34-4c75c3f610c1/download>
- Figuerola Bacovich, C. A. T. (2021). *Planificación, diseño y control del desarrollo de un proyecto vial urbano: integración bim 4D/5D*. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/35646>

- Florez Balaguera, E. A. (2023). *UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) para el diseño de la variante Mirador en Barranquilla*.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/198640/Florez%20-%20Aplicacion%20de%20la%20metodologia%20Building%20Information%20Modeling%20BIM%20para%20el%20diseno%20de%20la%20vari....pdf?sequence=1>
- Hernández Sampieri, R., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Con la colaboración de*.
- Kim, Y., Lee, D., & Park, D. (2021). A Case Study on BIM Object-Based Earned Value and Process Management in Highway Construction. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 26(2), 522–538. <https://doi.org/10.1007/s12205-021-1348->
- Landa, A. (2025). Implementación de la metodología BIM en el proyecto de mejoramiento de la carretera Cajamarca - Chetilla en la provincia y departamento de Cajamarca [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/7649>
- Limpe, H., & Angie, F. (2022). *Estudio comparativo entre las metodologías convencional y BiM 4D en la optimización del tiempo programado para la ejecución de una obra de infraestructura vial en etapa de diseño, Arequipa 2021*. Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12154>
- Llanos, S., Ñaupá, S. y Marca, A. (2022). Análisis de rentabilidad en la etapa de diseño entre un modelo bidimensional CAD y un modelo BIM para el proyecto de Intercambio Vial, Km 25+115.85 de la Autopista Juliaca – Puno. *TecnoHumanismo*, 2(1),15-32.

- Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Guía Nacional BIM Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM Versión 2023 Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones*.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=en-GB&Itemid=101958&view=article&catid=100&id=6122&lang=en-GB
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (s.f.). *Pautas y recomendaciones para la elaboración de Expedientes Técnicos*. <https://www.mef.gob.pe>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *¿Qué es el Plan BIM en el Perú? | Blog | Inge3D*. <https://inge3d.com/que-es-el-plan-bim-en-el-peru/>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (s.f.). *Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial*. <https://www.proviasdes.gob.pe>
- Molin, E., Cantarelli, C., Van Wee, B., Flyvbjerg, B. (2012) “Different cost performance: Different determinants? The case of cost overruns in Dutch transport infrastructure projects.” *Transp. Policy*, vol. 22, pp. 88–95, doi: 10.1016/j.tranpol.2012.04.002.
- Moreno, A., Villa, L. (2020) “Análisis de variantes causantes de retrasos de obras viales en la región Caribe,” Universidad de la Costa, Barranquilla.
- Muñoz, S. y Llamo, J. (2022). Revisión sistemática de la implementación BIM basada en modelos de diseño para la construcción de obras viales. *Cuaderno Activa*, 14, 119-133.
- Ñaupas, H., Palacios, J., & Romero, D. (2018). *Bogotá-México, DF 5a.Edición Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis*.
- OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS 9). Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la

innovación. CEPAL [en línea]. 2023 [consultado el 15 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es>

Provias Nacional. (2024). *Provias Nacional ingresa a la segunda fase de implementación de la metodología BIM - Noticias - Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional - Plataforma del Estado Peruano*.
<https://www.gob.pe/institucion/pvn/noticias/962644-provias-nacional-ingresa-a-la-segunda-fase-de-implementacion-de-la-metodologia-bim>

Regalado Huanambal, O., & Burga Muñoz, G. (2024). *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA*.
<https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/535?show=full>

Rodriguez, J. (2021). *Aplicación de la metodología VDC/BIM para el rediseño y construcción en proyecto de infraestructura vial* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca.

Rojas Romero, E. J., & Peláez Jiménez, J. A. (2022). *Análisis de las desviaciones en tiempo y costo en proyectos de construcción de vías secundarias en Colombia, en los últimos diez años*. Pontificia Universidad Javeriana.
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/59127>

Rojas López, M. D., Henao Grajales, M., & Valencia Corrales, M. E. (2020). Gestión de proyectos utilizando las herramientas BIM en la fase de diseño de proyectos de infraestructura vial. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(30), 115–128.
<https://doi.org/10.22395/RIUM.V16N30A6>

Saccatoma Berrocal, J. (2021). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL APLICACIÓN DE LA*

<https://repositorio.unsch.edu.pe/items/bdb7cade-10c8-4d8a-8261-1f91f016c419>

Sedano, J. (2023). *Efecto de la aplicación del sistema de modelamiento de la información para la construcción de carreteras - Bim aplicado al proyecto de la carretera imperial – Pampas* [Tesis de pregrado]. Universidad Continental.
<https://hdl.handle.net/20.500.12394/13411>

Wikipedia. (2020). *Diseño geométrico de carreteras* - Wikipedia, la enciclopedia libre.
https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_geom%C3%A9trico_de_carreteras

Wikipedia. (2023). *Construcción* - Wikipedia, la enciclopedia libre.
<https://es.wikipedia.org/wiki/Construcci%C3%B3n>

ZIGURAT. (2023, December 14). *BIM en proyectos estrategias para optimizar diseños y costes*. <https://www.e-zigurat.com/es/blog/bim-en-la-planificacion-de-proyectos/>