

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BUILDING INFORMATION
MODELING (BIM), EN LOS PROCESOS DE DISEÑO
GEOMÉTRICO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
PROYECTO VIAL - HUÁNUCO - 2021.**

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

**PRESENTADO POR:
JULIAN BERROCAL SACCATOMA**

**ASESOR:
Msc. Ing. ROLANDO CISNEROS AYALA**

Ayacucho - Perú

2022



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 014-2022-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal N° 022-2022-FIMGC-D**, siendo los veinticuatro días del mes de enero del 2022, a horas 9.10 a.m.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el Presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, jurado el **MSc. Ing. Abner CURI VEGA**, Jurado – Asesor el **MSc. Ing. Rolando CISNEROS AYALA** y Secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada “**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM), EN LOS PROCESOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROYECTO VIAL - HUÁNUCO – 2021**”, sustentado por el Señor **JULIAN BERROCAL SACCATOMA**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Civil**

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **15 (quince)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por
Dr. Ing. Efraín Elías Porras
Flores
Fecha: 2022.01.31 07:42:51
-05'00'

Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES
Presidente

MSc. Ing. Abner CURI VEGA
Jurado

MSc. Ing. Rolando CISNEROS AYALA
Jurado Asesor

Firmado
digitalmente por
LEZAMA CUELLAR
CHRISTIAN

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Secretario del Proceso

c.c.:
Bach. JULIAN BERROCAL SACCATOMA
Jurados (3)
Archivo



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH y Resolución Decanal N° 158-2021-FIMGC-UNSCH-D, deja constancia que Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : BERROCAL SACCATOMA, Julian
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM), EN LOS PROCESOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROYECTO VIAL - HUÁNUCO – 2021.
Evaluación de la Originalidad : 9 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 1743934454

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 18 de enero del 2022

Firmado
digitalmente por
LEZAMA CUELLAR
CHRISTIAN

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
de la FIMGC

Numero de constancia: **010-2022-FIMGC.**

Con depósito para Sustentación y Tramite de Titulo

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM), EN LOS PROCESOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROYECTO VIAL - HUÁNUCO - 2021

por Julian Berrocal Saccatoma

Fecha de entrega: 18-ene-2022 11:03p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1743934454

Nombre del archivo: Tesis_JULIAN_BERROCAL_SACCATOMA_EPIC.pdf (5.89M)

Total de palabras: 25568

Total de caracteres: 145690

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM), EN LOS PROCESOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROYECTO VIAL - HUÁNUCO - 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
2	idus.us.es Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	1%
4	Jack C.P. Cheng, Qiqi Lu, Yichuan Deng. "Analytical review and evaluation of civil information modeling", Automation in Construction, 2016 Publicación	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	mafiadoc.com Fuente de Internet	<1%

8	1library.co Fuente de Internet	<1 %
9	cybertesis.uach.cl Fuente de Internet	<1 %
10	purl.org Fuente de Internet	<1 %
11	transparencia.mtc.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Resumen

La investigación muestra la aplicación de la metodología BIM en el proyecto: “Mejoramiento Camino Vecinal de Villasol – Pillao, del distrito de Chinchao - Huánuco” ejecutado por Consorcio Contratistas Viales. Para realizar los modelos virtuales se traza el Plan de Ejecución BIM (PEB), el cual consiste en la adecuada gestión de documentación y utilización de softwares de acuerdo al objetivo de documentación que se requiere y quiere. Resultados obtenidos muestran que el saber aplicar cuando, como y para que uso, el software adecuado facilita encontrar incompatibilidades e interferencias tempranas, y gracias al flujo de información y visualización entre los softwares se puede lograr un trazo adecuado, ubicación y construcción de estructuras puntuales coherentes en el trazo de la carretera, Cronograma de ejecución actualizado, metrado y costo sujetos a lo que realmente se va a ejecutar, poniendo a evidencia así los errores, incompatibilidades y omisiones del expediente técnico. Concluyendo que la construcción de los modelos BIM bajo la adecuada metodología facilitan los procesos de 4D y 5D de la metodología aplicada en proyectos viales.

Palabras clave: BIM, Diseño Geométrico y Construcción..

Abstract

The research shows the application of the BIM methodology in the project: Improvement of the Villasol - Pillao Neighborhood Road, in the district of Chinchao - Huánuco.^{executed} by Consorcio Contractors Viales. To make the virtual models, the BIM Execution Plan (PEB) is drawn up, which consists of the adequate management of documentation and use of software according to the documentation objective that is required and wanted. Results obtained show that knowing how to apply when, how and for what use, the appropriate software makes it easier to find incompatibilities and early interferences, and thanks to the flow of information and visualization between the software, it is possible to achieve an adequate outline, location and construction of coherent point structures. in the road layout, updated execution schedule, metering and cost subject to what is actually going to be executed, thus highlighting the errors, incompatibilities and omissions of the technical file. Concluding that the construction of BIM models under the appropriate methodology facilitate the 4D and 5D processes of the methodology applied in road projects.

Keywords: BIM, Diseño Geométrico and construction..

INTRODUCCIÓN

Los proyectos de infraestructuras de carreteras son parte primordial para el progreso de cualquier país, favoreciendo así el desarrollo socioeconómico de la población y de esta manera elevar el nivel de vida de la población, lo cual queda realizar mejoras en sus procesos de diseño y construcción, para así tener un proyecto vial seguro con el adecuado diseño geométrico.

El diseño tradicional en los proyectos viales a menudo presenta, errores, omisiones e incompatibilidades, lo cual se refleja en la fase de construcción del proyecto, produciendo paralizaciones, adicionales de obra, ampliaciones de plazo. Lo cual hace que no se cumpla las metas del proyecto dentro de lo que se previene, siendo perjudicial tanto para el estado y el constructor.

El trabajo de investigación que se presenta, aplica la metodología BIM bajo la gestión de documentación y aplicación de los softwares a un proyecto vial ejecutado en el departamento de Huánuco, trabajando así el modelado virtual de los diferentes componentes de la infraestructura vial, permitiendo así identificar en sus inicios incompatibilidades, interferencias e incongruencias de datos con respecto al expediente técnico, con lo cual optimiza el tiempo de gestión de cambios a realizar durante la construcción y tener la cuantificación real de metrados y costos que reflejan el tiempo de ejecución real, además los modelos creados pueden integrarse en un espacio único para su visualización y manejo de información actualizada para su seguimiento en cuanto a costos y tiempo de ejecución, logrando un adecuado cumplimiento de metas del proyecto.

La investigación tiene como finalidad primordial proporcionar un procedimiento para los profesionales sobre cómo y cuándo manejar el uso adecuado de los softwares BIM para realizar los modelos y hacer ver que problemas de modelado nos enfrentamos en la fase de diseño, confundiéndose sobre qué hacer y cómo proceder a falta de indicaciones concretas en el estado actual de la técnica y una contribución para nosotros y otros grupos de investigación que leerán este trabajo de investigación, con motivo de dar un paso más de la investigación encaminada a identificar metodologías simplificadas para el desarrollo.

A continuación, se detalla la estructura que seguirá el desarrollo de la presente investigación:

- **Capítulo 1 – Planteamiento del Problema:** Presenta la descripción del problema, delimitación del problema (se está definiendo en que lugar y año se

desarrollo la investigación), formulación del problema, justificación e importancia, limitaciones de la investigación y objetivos.

- **Capítulo 2 – Marco teórico:** Se da a conocer los antecedentes de las investigaciones internacionales y nacionales concernientes a la aplicación de la metodología BIM en los diferentes sectores de la construcción, se desarrolla las bases teóricas (se formulan teorías, con soluciones de propuestas comprobadas, bases teóricas de las variables del estudio) y marco conceptual (fundamentación teórica de las variables consideradas en los objetivos, conceptos concernientes a la investigación).
- **Capítulo 3 – Método de la investigación:** Desarrolla el enfoque de la investigación, los alcances y análisis de datos, el tipo y diseño de la investigación, población y muestra, hipótesis, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos, técnicas estadísticas para el procesamiento de datos para tener un posterior análisis estadístico el desarrollo del trabajo de la tesis, en la aplicación de la metodología BIM en un proyecto vial bajo el adecuado procedimiento de aplicación de softwares, obtención de los modelos y sus respectivos análisis y documentación.
- **Capítulo 4 – Resultados:** En el presente capítulo se realiza análisis de los resultados de aplicación de la metodología y ver de qué manera mejoro del comportamiento en el proceso de diseño y construcción, contrastación de la hipótesis, los resultados del modelo BIM son validados y sometidos a prueba(test).
- **Conclusiones y recomendaciones:** Conclusiones y recomendaciones: se presenta las conclusiones de la investigación, en relación a los objetivos establecidos.
- **Referencias bibliográficas:** Se presenta información de los materiales consultados, citados y referenciados durante el desarrollo de la borrador de tesis.
- **Anexos:** Contiene los resultados gráficos de los modelos realizados de la presente investigación y algunos planos de modelo.

*Dedico esta Tesis a mis padres Florian y
Margarita, quienes me dieron vida, amor,
educación, apoyo y consejos en todo momento de
mi vida. A mis hermanos Nefi y Reyder, por su
apoyo y aliento en cada logro obtenido.*

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por haberme albergado en sus aulas y brindado instrucciones para mi vida profesional.

Al Msc. Ing. Rolando Cisneros Ayala, por su acompañamiento y seguimiento, a si mismo expresarle la admiración que le tengo.

Al Consorcio Contratista Viales y todo su plantel profesional, por permitirme ser parte de su plantel Técnico y permitirme la facilidad a la documentación para la elaboración de mi investigación.

A mi compañero Ramos Lopez David por su apoyo en las diversas dificultades en el uso del editor de textos que sin su ayuda probablemente hubiera prolongado mi aprendizaje sobre el uso del editor.

Finalmente a todos mis profesores, amigos y compañeros por su colaboración y motivación constante.

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Ayacucho, 3 de mayo de 2022

JULIAN BERROCAL SACCATOMA

ÍNDICE GENERAL

Resumen	i
Introducción	ii
Agradecimientos	v
Índice de Figuras	x
Índice de Tablas	xiii
Glosario	xiv
Acrónimos	xvi
Símbolos	xvii
I Planteamiento del Problema	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Delimitación del problema	3
1.2.1 Espacial	3
1.2.2 Temporal	3
1.2.3 Temática y unidad de análisis	3
1.3 Formulación del problema	3
1.3.1 Problema general	3
1.3.2 Problemas secundarios	3
1.4 Justificación e Importancia de la investigación	4
1.4.1 Justificación	4
1.4.2 Importancia	4
1.5 Limitaciones de la investigación.	5
1.6 Objetivos	5
1.6.1 Objetivo general	5
1.6.2 Objetivos específicos	5
II Marco Teórico	6
2.1 Antecedentes	6
2.1.1 Investigaciones internacionales	6

2.1.2	Investigaciones nacionales	7
2.2	Bases teóricas	8
2.2.1	BIM	8
2.2.1.1	Breve Historia sobre término BIM	8
2.2.1.2	Definición	8
2.2.2	El CIM como modelo de trabajo	8
2.2.2.1	Infraestructuras de transporte	9
2.2.3	Las ventajas del CIM	11
2.2.3.1	Beneficio económico	11
2.2.3.2	Gestión de riesgos y controles de seguridad	12
2.2.3.3	Análisis del ciclo de vida de BIM para infraestructuras de transporte	12
2.2.3.4	La Planificación	13
2.2.4	Herramientas BIM	15
2.2.4.1	Software BIM para diseño en edificación	15
2.2.4.2	Software BIM para simulación y diseño de obra civil 3D	15
2.2.4.3	Software BIM para simulación 4D	16
2.2.4.4	Software BIM para simulación 5D	16
2.2.4.5	Visores de modelos	17
2.2.4.6	Herramientas para validación de normativa	17
2.2.4.7	Herramientas de gestión del Entorno Común de Datos (ECD)	17
2.3	Marco conceptual	18
2.3.1	Diseño Geométrico	18
2.3.2	Proyecto BIM	18
2.3.2.1	Plan de ejecución BIM	18
2.3.2.2	Modelo digital	18
2.3.2.3	Interoperabilidad	18
2.3.3	Aplicación del 4D y 5D en la Diseño Geométrico de la Carretera	19
2.3.4	Aplicación del 4D y 5D en la ejecución	19
2.3.5	Aplicación del 4D y 5D en el control y seguimiento	19
III	Método de la investigación	20
3.1	Enfoque	20
3.2	Alcance	20
3.3	Diseño de investigación	20
3.4	Población y muestra	21

3.4.1	Población	21
3.4.2	Muestra	22
3.5	Hipótesis	22
3.5.1	Hipótesis general	22
3.5.2	Hipótesis específicas	22
3.6	Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional	22
3.6.1	Variables	22
3.6.1.1	Variable independiente	22
3.6.1.2	Variables dependiente	22
3.6.2	Operacionalización de variables	23
3.7	Técnicas e instrumentos	24
3.7.1	Técnicas de análisis documental	24
3.7.2	Técnicas de observación	24
3.7.3	Intrumentos	24
3.8	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	24
3.9	Desarrollo del trabajo de tesis.	25
3.9.1	Datos del proyecto	25
3.9.2	Descripción del Proyecto	25
3.9.3	Modelado del proyecto virtual	25
3.9.3.1	Plan de Trabajo BIM	25
3.9.4	Trazo y diseño geométrico con metodología BIM	26
3.9.4.1	Aplicación de InfraWorks y AutoCAD Civil 3D.	26
3.9.4.2	Modelado del Corredor en Civil 3D	33
3.9.4.3	Aplicando Revit.	37
3.9.4.4	Aplicando Navisworks	42
IV	Resultados	49
4.1	Contrastación de hipótesis	49
4.1.1	Hipótesis planteada	49
4.1.1.1	Verificación de la hipótesis	49
4.1.2	Hipótesis específico 1	52
4.1.3	Hipótesis específico 2	53
4.1.4	Hipótesis específico 3	54
4.2	Análisis e interpretación	56
V	Conclusiones	58
5.1	Conclusiones.	58

5.2	Recomendaciones.	59
5.3	Trabajos futuros.	59
Referencias Bibliográficas		61
A	Anexos	63
A.1	Parámetros del diseño geométrico de carreteras DG-2018	63
A.1.1	Clasificación	63
A.1.2	Vehículos de diseño	64
A.1.3	Velocidad de diseño	64
A.1.4	Velocidad de marcha	65
A.1.5	Distancia de visibilidad	66
A.1.5.1	Distancia de visibilidad de parada	66
A.1.6	Diseño geométrico en planta	67
A.1.6.1	Alineamiento horizontal:	67
A.1.6.2	Tramo tangente:	67
A.1.6.3	Curvas circulares:	68
A.1.7	Diseño geométrico en perfil	72
A.1.7.1	Pendiente	72
A.1.7.2	Curvas verticales	72
A.1.8	Diseño geométrico de secciones transversales	74
A.1.8.1	Calzada	74
A.1.8.2	Bermas	75
A.1.8.3	Bombeo	75
A.1.8.4	Peralte	76
A.1.8.5	Derecho de vía	76
A.2	Fotografías e Imágenes	77
A.3	Planos:	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Usos del BIM en el mundo	1
Figura 2.1	Cinco LOD en el proyecto de un puente.	14
Figura 2.2	Interfaz de la herramienta Infracworks.	16
Figura 2.3	Interfaz del visor BIM Synchro.	17
Figura 3.1	Diseño de investigación.	21
Figura 3.2	La propuesta metodológica de aplicación de softwares.	26
Figura 3.3	Configuración geográfica en InfraWorks.	27
Figura 3.4	Visualización del trazo del expediente técnico en 3D.	27
Figura 3.5	Visualización del trazo con imágenes del ortofoto.	28
Figura 3.6	Ubicación de la estructura SUPER COR en planta.	29
Figura 3.7	Vista en Perfil estructura SUPER COR en planta.	29
Figura 3.8	Propuesta del adicional deductivo.	30
Figura 3.9	Vista en planta de la incompatibilidad de trazo con la ubicación del badén.	30
Figura 3.10	Interferencia de Vivienda.	31
Figura 3.11	Incompatibilidad de geometría de alcantarillas.	31
Figura 3.12	Incompatibilidad de geometría de Muro de Concreto Ciclópeo.	32
Figura 3.13	Ajuste y cambio de trazo dentro del software de InfraWorks.	32
Figura 3.14	Análisis de visibilidad.	33
Figura 3.15	Visualización del trazo final.	33
Figura 3.16	Modelado del proyecto dentro de Civil 3D.	34
Figura 3.17	Subassembly Composer de una Cuneta Triangular.	35
Figura 3.18	Modelado de muros de contención con Subassembly Composer: (a) flujo de trabajo; (b) resultado.	35
Figura 3.19	Extracción de la línea característica del corredor.	36

Figura 3.20	Vista de objetos modelados con Subassembly Composer dentro de Civil 3D.	36
Figura 3.21	Modelo paramétrico de Alcantarilla tipo Marco.	38
Figura 3.22	Georreferenciación de la obra puntual.	38
Figura 3.23	Proceso de georreferenciación entre CAD y Revit	39
Figura 3.24	Ubicación de la estructura en las coordenadas y elevación adecuada.	39
Figura 3.25	Proceso de exportación para Civil 3D.	40
Figura 3.26	Visualización de estructura puntual en el software Civil 3D a través del uso de coordenadas compartidas.	40
Figura 3.27	Plano de metrados en obras puntuales.	41
Figura 3.28	Vista del proyecto dentro de Navisworks.	42
Figura 3.29	Georreferenciación dentro de Revit.	43
Figura 3.30	Punto base del proyecto.	44
Figura 3.31	Punto de reconocimiento.	44
Figura 3.32	Visualización de las obras transversales en la ubicación adecuada.	44
Figura 3.33	Creación de columna de datos en Ms Project.	45
Figura 3.34	Vinculación del diagrama Gantt a Navisworks.	45
Figura 3.35	Vinculación de campo de las columnas del TimeLiner y Ms Project.	46
Figura 3.36	Datos del Ms Project cargado en el TimeLiner.	46
Figura 3.37	Enlazado de tareas y simulación Constructiva.	47
Figura 3.38	Simulación del Proceso Constructivo.	47
Figura 3.39	Comparación entre avance programado y real.	48
Figura 4.1	Vista realista del Proyecto 3D.	52
Figura 4.2	Modelado final del Proyecto y simulación de trafico.	52
Figura 4.3	Simulación del proceso Constructivo.	53
Figura 4.4	Ubicación y modelado de la estructura puntual en Revit.	54
Figura 4.5	Cuantificación de materiales de la estructura dentro de Revit.	55
Figura 4.6	Flujo de trabajo para la generación de objetos y entidades BIM para el seguimiento de obra y sus relaciones con los modelos de proyecto de diseño.	55

Figura A.1	Simbología de la curva circular.	68
Figura A.2	Configuración compleja de alineamientos de entrada y salida de una curva de vuelta.	70
Figura A.3	Distribución del sobreebanco en los sectores de transición y circular. . .	71
Figura A.4	Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas.	73
Figura A.5	Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva. . .	74
Figura A.6	Levantamiento fotogramétrico con dron.	77
Figura A.7	Vista panorámica del modelado virtual en Infracore.	77
Figura A.8	Vista realista del modelado virtual en Infracore.	78
Figura A.9	Identificación temprana y replanteo de interferencia.	78
Figura A.10	Identificación de la incompatibilidad.	79
Figura A.11	Verificación de la zona de incompatibilidad.	79
Figura A.12	Modelos realizados en el software Revit.	80
Figura A.13	Modelado de Estructuras en obras de arte.	81
Figura A.14	Control Topográfico en estructuras puntuales.	81
Figura A.15	Visualización de modelos dentro del software Civil 3D.	82
Figura A.16	Recolección de datos para el seguimiento de movimiento de tierras. . .	82
Figura A.17	Verificación de la construcción de obras de arte.	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Clasificación infraestructuras civiles	10
Tabla 2.2	Relación entre los usos de la CIM y las distintas fases del proyecto. . .	10
Tabla 2.3	Relación entre el uso del CIM y LOD	14
Tabla 3.1	Operacionalización de variables identificadas.	23
Tabla 4.1	Metrado Expediente y aplicado el BIM.	50
Tabla 4.2	Estadísticas de grupo.	51
Tabla 4.3	Prueba de muestras independientes.	51
Tabla 4.4	Análisis a través de barras de error.	51
Tabla A.1	Clasificación según su función.	63
Tabla A.2	Clasificación según su orografía.	63
Tabla A.3	Datos básicos de los vehículos de diseño.	64
Tabla A.4	Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.	65
Tabla A.5	Velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño. . .	65
Tabla A.6	Distancia de visibilidad de parada (metros).	67
Tabla A.7	Longitudes de tramos en tangente.	67
Tabla A.8	Fricción transversal máxima en curvas.	69
Tabla A.9	Longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición de peralte en función a la velocidad de diseño y valor del peralte.	70
Tabla A.10	Pendientes máximas (%).	72
Tabla A.11	Anchos mínimos de calzada en tangente.	75
Tabla A.12	Ancho de bermas.	75
Tabla A.13	Valores del bombeo de la calzada.	76
Tabla A.14	Anchos mínimos de derecho de vía.	76

GLOSARIO

4D: Es una de las dimensiones del BIM (referencia al tiempo) y un uso del BIM en el cual el modelo geométrico es combinado con una planificación de la obra para crear una simulación del proceso constructivo. Muy importante para el cumplimiento de los objetivos del cliente.

5D: Es una de las dimensiones del BIM (referencia al costo) y un uso del BIM en el cual el modelo geométrico se combina con datos de costes de los distintos elementos para generar el presupuesto del proyecto.

As-built: Es una de las dimensiones del BIM (referencia al costo) y un uso del BIM en el cual el modelo geométrico se combina con datos de costes de los distintos elementos para generar el presupuesto del proyecto.

BCF. BIM Collaboration Format: Es un estándar para la comunicación de incidencias y el envío de las mismas entre distintos softwares que emplea el equipo de proyecto, especialmente entre modelos IFC y modelos procedentes de soluciones comerciales.

BIM. Building Information Modelling: Una metodología de trabajo colaborativa en la que se emplean modelos digitales para dar soporte a todas las fases del ciclo de vida de los activos: diseño, construcción, operación y mantenimiento.

BIM Execution Plan. Plan de Ejecución BIM (PEB): Se refiere al documento que se desarrolla por los ofertantes inicialmente, y por el equipo de proyecto una vez ya adjudicado el proyecto para definir su forma de trabajo colaborativa y cómo se va a cumplir con los objetivos indicados por el cliente.

CAD. Computer Aided Design: El uso de herramientas digitales para propósitos de diseño y dibujo. Usualmente hace referencia a trabajos en dos dimensiones, pero en la realidad las aplicaciones también pueden incluir el dibujo de elementos tridimensionales.

CDE. Common Data Environment. Entorno Común de Datos: Es un espacio compartido de proyecto para almacenar e intercambiar toda la información del proyecto siguiendo los criterios definidos en el EIR y en el BEP. Debe ser capaz de gestionar el Modelos de Información del Proyecto y el Modelo de Información del Activo definido en estos documentos.

EIR. Exchange Information Requeriments. Requisitos de Intercambio de Información:

Es una especificación de la información que debe ser intercambiada y entregada en el desarrollo del proyecto para cada una de las fases del mismo: estudios previos, anteproyecto, proyecto básico, proyecto de ejecución, pruebas de funcionamiento y recepción de su documentación.

IFC: Son las siglas de Industry Foundation Classes, un estándar común para el intercambio de datos en la industria de la construcción que permite compartir información independientemente de la aplicación de software que se esté utilizando sin la pérdida o la distorsión de datos o informaciones.

ISO: Es un organismo internacional independiente y no gubernamental de normalización compuesto por representantes de varias organizaciones nacionales de normalización. Fue fundada en el año 1947 y promueve estándares internacionales voluntarios, basados en el consenso y relevantes para el mercado que apoyan la innovación y brindan soluciones a los desafíos globales.

LOD. Level of Development (LoD): Describe el nivel de representación de un elemento modelado. Es un concepto americano.

LOD. Level of Detail (LOD): Describe el nivel de representación gráfica de un elemento modelado en base al nivel de servicio requerido. Es un concepto británico. Forma parte del LoD Definición (Nivel de detalle, nivel de información).

LOG. Level of Geometry: El nivel de detalle geométrico de un elemento modelado.

LOI. Level of Information: Describe el nivel de contenido no geométrico de un elemento (metadatos). Forma parte del LoD Definición (Nivel de detalle, nivel de información).

OpenBIM: Son los procedimientos colaborativos de intercambio de información utilizando estándares neutrales y abiertos. Ejemplo de estándares OpenBIM: IFC y el BCF.

PIM. Project Information Model. Modelo de Información del Proyecto: Es el conjunto de información gráfica, no gráfica y documentos necesarios para cada una de las fases del proyecto a nivel de diseño y construcción.

PIR. Project Information Requeriments. Requisitos de Información de Proyecto:

Describe los requerimientos de información del propietario durante las fases de diseño y construcción.

ACRÓNIMOS

<i>AASHTO</i>	—	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
<i>ARTBA</i>	—	<i>American Road y Transportation Builders Association</i>
<i>AGC</i>	—	Contratistas Generales Asociados de América
<i>AIA</i>	—	<i>American Institute of Architects</i>
<i>BIM</i>	—	<i>Building Information Modeling</i>
<i>BrIM</i>	—	<i>Bridge Information Modeling</i>
<i>BCF</i>	—	<i>BIM Collaboration Format</i>
<i>CGR</i>	—	Contraloría General de República
<i>CIM</i>	—	<i>Civil Information Modeling</i>
<i>CDE</i>	—	<i>Common Data Environment</i>
<i>DG</i>	—	Diseño Geométrico
<i>DGPMI</i>	—	Dirección General de Programación Multianual de Inversiones
<i>FHWA</i>	—	<i>Federal Highway Administration</i>
<i>IFC</i>	—	<i>Industry Foundation Classes</i>
<i>LOD</i>	—	<i>Level of Development</i>
<i>LOI</i>	—	<i>Level of Information</i>
<i>PEB</i>	—	<i>Plan de Ejecución BIM</i>
<i>NTP</i>	—	Norma Técnica Peruana
<i>TMC</i>	—	Tubería Metálica Corrugada

SÍMBOLOS

<i>S/.</i>	—	Soles
%	—	Porcentaje
<i>kg</i>	—	kilogramos
<i>m</i>	—	metro
<i>m</i> ²	—	metro cuadrado
<i>m</i> ³	—	metro cubico
<i>km</i>	—	kilometro

“El futuro tiene muchos nombres. Para los débiles es lo inalcanzable. Para los temerosos, lo desconocido. Para los valientes es la oportunidad”

— Víctor Hugo

Planteamiento del Problema

1.1 Descripción del problema

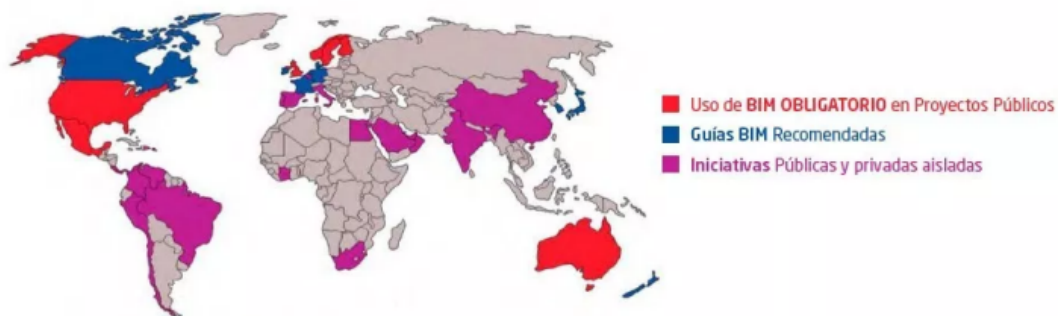
Debido al crecimiento demográfico y los problemas de tráfico surge la necesidad de apertura de nuevas vías de comunicación y mejorar las vías existentes, para el desarrollo económico, social y cultural de los pueblos del estado peruano, ya que los avances tecnológicos actualmente están revolucionando el enfoque tradicional de los proyectos de carreteras, evidenciando múltiples deficiencias, por lo que es necesario realizar mejoras generales en la forma en que se implementan los proyectos de ingeniería.

En nuestro entorno actual existen flujos de trabajo abiertos o descontrolados, es decir, suelen excluir las fases críticas de los proyectos de ingeniería, ya que no se les permite monitorear sus métodos de gestión durante todo el proceso del proyecto; así exhibiendo principalmente los siguientes problemas: cambios incontrolados, trabajo repetitivo, interferencia en la secuencia espacial y temporal, inconsistencias entre el diseño y los dibujos, cambios repentinos en el diseño, separación de las áreas involucradas, etc.

Descripción de la realidad problemática mundial

Actualmente se puede contextualizar la aplicación de la metodología BIM en el mundo, de acuerdo al grado de aplicación del BIM que el país esté realizando.

Figura 1.1: Usos del BIM en el mundo



Fuente: Dossier de la Comisión BIM, del Ministerio de Fomento - Estudio McGraw Hill

Fuente: Dossier de la Comisión BIM del Ministerio de Fomento - Estudio McGraw Hill

La madurez de la aplicación de la metodología BIM alcanzada en cada país es el resultado de su propia concepción del método, creando instituciones encargadas de redactar y actualizar diferentes normativas, adaptándose a las necesidades y características culturales de cada país. Los países más involucrados en la aplicación de este método son Finlandia, Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca y Singapur.

“En la actualidad, los proyectos de infraestructuras de carreteras todavía se basan mayoritariamente en métodos 2D anticuados para el diseño, la comprobación y la transferencia de información, dejando en muchos casos la generación de escenarios tridimensionales exclusivamente a fines de visualización del diseño y divulgación. Esto provoca ineficiencias a las instituciones y empresas que lideran la construcción y gestión de estas infraestructuras. Debido a esto se está intentando mejorar el diseño y gestión de infraestructuras de carreteras con la introducción de técnicas BIM y formatos estandarizados, que originalmente se diseñaron para la arquitectura. Este proceso ya se está llevando a cabo en muchos países”. (Moya Sala et al. 2017)

Descripción de la realidad problemática nacional - regional

“En el caso peruano, de acuerdo con lo informado por la Contraloría General de la República (CGR) y Órganos de Control Institucional, las entidades del Gobierno Nacional y Regional, al 31 de julio de 2018, tenían 867 obras paralizadas por un monto contratado de S/ 16,870´855,767.00 (en moneda de soles peruanos). Asimismo, entre las causas de la paralización, se señala que el 39% corresponden a deficiencias técnicas/incumplimientos contractuales, lo cual es recurrente en dichos niveles de gobierno”.(SUMA, 2020)

El estudio sobre Efectividad de la inversión Pública a nivel regional y local durante el periodo 2009 al 2014 de la Contraloría General de la República dice, “Una de las dificultades en la gestión de las inversiones en el Perú, es la poca rigurosidad en la formulación de proyectos, lo cual, según la casuística, está relacionada a deficiencias en los estudios básicos (topográficos, de suelos, etc.), anteproyecto arquitectónico, y propuesta de estructuras en la fase de Formulación y Evaluación. En la fase de Ejecución, la problemática radica en que los tiempos de aprobación de expedientes técnicos se alargan demasiado debido a la incompatibilidad entre las especialidades. Las modificaciones requieren tiempo y recursos del estado. Al no contar con un único modelo que integra y verifica la adecuada interacción entre todas las especialidades, muchas veces durante la ejecución de obra se presentan interferencias, las cuales representan gastos extra, retrasos y problemas de calidad en las inversiones. La falta de metodologías de trabajo colaborativo, sustentada en el modelamiento digital de la información, aplicable a las

fases del Ciclo de Inversión de proyectos que contienen componentes de infraestructura, no permite a las entidades de los tres niveles de gobierno detectar interferencias, generando retrasos y sobrecostos en obra. Por lo tanto, la adopción de esta metodología traería consigo un cúmulo de beneficios, aportando calidad, transparencia y trazabilidad al proyecto, con lo cual puede revertirse los resultados negativos”. (SUMA, 2020)

1.2 Delimitación del problema

1.2.1 Espacial

La presente investigación se realiza en la provincia de Huánuco - Región Huánuco, y se aplicara sobre el proyecto en ejecución “Mejoramiento del Camino Vecinal de Villasol – Maraypampa – Huanucalla – Pillao, Distrito de Chinchao, Provincia y Departamento de Huánuco”.

1.2.2 Temporal

El proyecto de investigación se realiza durante el año 2021.

1.2.3 Temática y unidad de análisis

Temática: Modelamiento virtual de diseño y construcción.

Unidad de Análisis: visualización y flujo de información en diseño y construcción.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿De qué manera mejora la aplicación de la metodología BIM a travez de la visualización y flujo de información en el diseño geométrico y construcción de la carretera de Villasol a Pillao – Huánuco 2021?.

1.3.2 Problemas secundarios

1. ¿la aplicación de la metodología BIM podrá optimizar el diseño mediante la detección temprana de interferencias, incompatibilidades e integración de información en un espacio único?.
2. ¿Qué efectos tiene en el cronograma y presupuesto la aplicación de la metodología BIM, en la ejecución carretera de Villasol a Pillao – Huánuco 2021?.

3. ¿Qué beneficios brinda el uso de la metodología BIM en la ejecución de obras de arte y seguimiento de movimiento de tierras de la carretera de Villasol a Pillao – Huánuco 2021?.

1.4 Justificación e Importancia de la investigación

1.4.1 Justificación

Este trabajo desarrolla la aplicación de la metodología BIM aplicado a un proyecto vial en el campo de diseño y construcción, ya que es necesario el modelamiento virtual de los proyectos viales antes de su ejecución, esto permite eliminar muchos problemas comunes de las practicas tradicionales de diseño y construcción como son las incompatibilidades, omisiones e interferencias; a través del uso de los modelos BIM, las empresas dedicadas al sector de la construcción vial utilizarán la tecnología 3D para visualizar y documentar, de acuerdo al nivel de detalle e información trabajado y estos datos durante la construcción y seguimientos del proyecto se pueden actualizar en tiempo real, fácil y dinámica, lo que mejorará la gestión de todo el proyecto, y en definitiva traerá beneficios económicos a las empresas y países comprometidos con el mundo de la construcción.

1.4.2 Importancia

El presente trabajo es muy importante para las empresas Constructoras, Consultorias e Entidades Publicas del país que se dedican al mundo de construcción, a fin de que ellos puedan implementar en un futuro el enfoque de la metodología BIM donde los proyectos viales que se desarrollan en un entorno de trabajo colaborativo y global, en tiempo real todos los interesados pueden conocer su nivel de desarrollo e integrar aportes según sea necesario, evitando duplicidades e ineficiencias, optimizando recursos, minimizando riesgos y asegurando siempre los mejores resultados a lo largo del ciclo de vida del proyecto y así dejar al final del proyecto una información BIM valiosa para su mantenimiento, monitoreo y/o futuros cambios o intervenciones nuevas que se pudiera hacer en el proyecto.

Es importante para los ingenieros inmersos en el aprendizaje de la tecnología BIM porque estos programas, al pedir más detalles y capacitaciones continuas, permiten a los ingenieros inmersos en proyectos viales a tomar decisiones importantes, mejorando así su capacidad de solución, lo cual en este campo es necesario. Además, mejora la relación con el cliente porque podemos mostrarle el avance de su trabajo en 3D sin ninguna duda añadiendo un alto grado de revisión.

1.5 Limitaciones de la investigación.

En cuanto a las limitaciones de la tecnología BIM, es una herramienta poco conocida en el país, empresas constructoras y universidades no la han incluido en los cursos de pregrado, por lo que los graduados no comprenden el tema, además resulta costoso la formación en conocimientos BIM y el software y hardware necesarios para desarrollar la tecnología.

Una de las limitaciones es también que los principales programas BIM no están adaptados a la normativa peruana, por lo que no es posible supervisar el proyecto de manera sencilla. Además para utilizar el modelo BIM generado, requiere de ordenadores potentes, el desconocimiento y falta apoyo de los gerentes y la gerencia de la empresa, que se niegan a cambiar el hábito de los empleados de trabajar con herramientas tradicionales con las que están familiarizados y dominan.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Determinar de que manera la aplicación de la metodología BIM mejora mediante la visualización y flujo de información, para el diseño geométrico y construcción de la carretera de Villasol a Pillao – Huánuco 2021.

1.6.2 Objetivos específicos

1. Optimización de la aplicación del BIM en el diseño mediante la detección temprana de interferencias, incompatibilidades e integración de información en un espacio único.
2. Determinar el efecto que tiene en el cronograma y presupuesto la aplicación de la metodología BIM, en la ejecución carretera de Villasol a Pillao – Huánuco 2021.
3. Analizar los beneficios brinda el uso de la metodología BIM en la ejecución de obras de arte y seguimiento de movimiento de tierras de la carretera de Villasol a Pillao – Huánuco 2021.

“El aspecto más triste de la vida actual es que la ciencia gana en conocimiento más rápidamente que la sociedad en sabiduría.”

— Isaac Asimov

Capítulo



Marco Teórico

2.1 Antecedentes

2.1.1 Investigaciones internacionales

El BIM que se aplicó en la construcción en China. Tiene tres características: abundante información, dibujo automático y cooperación multilateral. Este documento analiza el estado de la aplicación BIM, las distintas etapas del proyecto de transporte y sus características. Luego, el documento propone una base que concluye la etapa de decisión, la etapa de construcción y la etapa de operación de los estándares de datos del proyecto de transporte. También desarrolla una gran plataforma BIM que cubre proyectos y todas las etapas.(Zhang, Zhao & Li, 2013).

El propósito de este documento fue desarrollar y aplicar un método BIM para infraestructuras viarias. Se llevó a cabo la creación de los modelos BIM 3D utilizando diferente software de programación visual y herramientas BIM, diseñando el espacio y paramétrico. Representación de la calzada. De esta forma se ha podido descubrir las ventajas de utilizar Modelado de procedimientos para diseñar infraestructura vial a través de software que se utilizan habitualmente en la campo mecánico y arquitectónico. Finalmente, la interoperabilidad del software para extraer y Se evaluó el intercambio de información entre estas herramientas BIM.(Biancardo, Capano et al. 2020).

Este documento explora la implementación de BIM en un proyecto de diseño de infraestructura. Una herramienta basada en Autodesk® BIM, Civil 3D, se propone como un potencial Plataforma de herramientas BIM, y se centra en el modelado de elementos viales específicos no editables desde la biblioteca estándar, como barandillas y muros de contención, además de proponer diferentes soluciones utilizando Revit y Subassembly Composer y análisis de la interoperabilidad entre herramientas basadas en BIM da a conocer un procedimiento para los profesionales de cómo manejar estos problemas de modelado que se enfrentan repetidamente en la fase de diseño, confundiendo sobre qué hacer a falta de indicaciones concretas en el estado actual de la técnica. la investigación

encamina a identificar metodologías simplificadas para el desarrollo de IFC ad-hoc para componentes de ensamblaje que podrían agilizar la cantidad de trabajo, así como la interoperabilidad entre los diferentes códigos de cálculo y casas de software.(Biancardo, Viscione et al. 2020).

2.1.2 Investigaciones nacionales

(Espinoza & Pacheco, 2014). Y su tesis para optar al grado de magister en ingeniería civil, “Mejoramiento de la constructabilidad mediante el uso de herramientas BIM”. En la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Tiene como objetivo del proyecto de investigación es la de poder detectar los beneficios de aplicar la constructabilidad y la tecnología BIM en las etapas de pre-construcción de un proyecto teniendo como resultados que en la primera revisión dada se encontró que la 16 aplicación de la constructabilidad se encontró por debajo de los 20 % en promedio general, luego con el uso de las herramientas BIM se logró el incremento del porcentaje de la constructabilidad hasta un 83.8 %.

“La aplicación del modelo BIM en la tesis ha desarrollado en la planta de tratamiento de la zona de Pashpa de un proyecto de mejoramiento de agua potable con software REVIT en LOD 400 para construcción en la que se ve una mejora en la conceptualización, visualización y control del proyecto, luego compara con la metodología convencional de gestión de proyectos que fue desarrollada en su expediente técnico obteniendo que el tiempo de realización del modelo BIM es 33.3 % mayor al desarrollo con un modelo convencional que igualmente que otros proyectos BIM establecen una mayor inversión de tiempo en fase de modelado y diseño frente al CAD evitando así errores antes de su construcción donde se refleja el ahorro de tiempo en ejecución, además de identificar que los metrados originados del modelo BIM son más exactos con un grado de detalle elevado para identificación de cada elemento medrado, lo cual genera un menor costo del proyecto en un 8.78 % del costo inicial”.(Moreno Pineda, 2019)

“El objetivo de la presente investigación es dar a conocer esta nueva metodología, a través de herramientas, de modelado tridimensional, como alternativa de solución, en un proyecto de carreteras ya existente, recogiendo como data, el estudio en perfil del mejoramiento de la carretera Luricocha- Pacchancca, en el Departamento de Ayacucho. La investigación da a conocer las herramientas disponibles de un programa BIM (IPSOL ISTRAM), que van desde las características propias del software, hasta su futura modelación de manera tridimensional y hace el diseño geométrico de acuerdo al expediente en mención bajo los lineamientos del DG-2018, para luego resaltar la

gran capacidad interoperacional de las herramientas BIM, para corroborar los datos, la detección de errores que generaron mayores metrados y así finalizando en las correcciones anticipadas del diseño”.(Chavarria Arévalo, 2018)

2.2 Bases teóricas

2.2.1 BIM

2.2.1.1 Breve Historia sobre término BIM

La idea de Building Information Modeling (BIM) tomó forma en las primeras formas aproximadas desde 1970: en 1974 en un informe interno del Georgia Institute y, además, en un artículo de (AIA Journal), prof. Charles M. Eastman propuso un excelente modelo de sistema tridimensional para el diseño de edificios (Eastman et al. 1974(Eastman et al., 1975(Eastman et al., 2011 sucesivamente denominado BIM”.(Scianna, Gaglio & La Guardia, 2020).

“El arquitecto Phil Bernstein, fue el primero que usó el término actual de BIM (modelado de información BIM). Jerry Laiserin, analista industrial, ayudó a popularizar y estandarizarlo como un nombre para la representación digital de los procesos de construcción con el objetivo de intercambiar e interoperacionalizar información en formato digital”.(Ulloa Román & Salinas Saavedra, 2013)

2.2.1.2 Definición

“¿BIM? BIM o Building Information Modeling es una metodología de trabajo colaborativa para la concepción y gestión de proyectos de edificación y obra civil. BIM centraliza toda la información de un proyecto (geométrica o 3D, tiempos o 4D, costes o 5D, ambiental o 6D, y mantenimiento o 7D) en un modelo digital desarrollado por todos sus agentes”. (es.BIM)

2.2.2 El CIM como modelo de trabajo

En las bibliografías más recientes notamos cómo el uso del Building Information Modeling en infraestructuras civiles, se renombra con el acrónimo CIM: Civil Information Modeling. La Administración Federal de Carreteras (FHWA), junto con la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transportes del Estado (AASHTO), la Asociación Americana de Carreteras y Transportes (ARTBA) y los Contratistas Generales Asociados de América (AGC) lo han definido como Gestión Civil Integrado (CIM). En este caso, por lo tanto, específicamente hablamos de CIM cuando consideramos la infraestructura de transporte civil. Desde que BIM ha comenzado a ganar más espacio dentro de las

infraestructuras y la industria civil, los ingenieros civiles han reformado y mejorado el concepto, haciéndolo más específico para la industria civil, de ahí el nombre CIM (Construcción / Información civil modelado). En esencia, el concepto de BIM y CIM son lo mismo, pero el nombre varía de un sector a otro, no lo hace exclusivo para el sector del transporte sino para toda la ingeniería civil. CIM permite a los arquitectos y diseñadores trabajar juntos creando un proyecto interactivo que promueve la colaboración en tiempo real. A partir de este momento han surgido diversos sinónimos aplicados a la ingeniería civil. Nace el Bridge Information Modeling (BrIM), una extensión de BIM centrada en los puentes. (Costin, 2016)

2.2.2.1 Infraestructuras de transporte

(Rauccio, 2019) Menciona que es apropiado en esta circunstancia es entender qué tipo de infraestructuras civiles tratamos en este trabajo para tener una visión más clara y específica de la investigación con respecto al estado del arte en el tema mencionado anteriormente. No existe una categorización universal para la infraestructura civil. Varias organizaciones en diferentes países tienen diferentes métodos de clasificación y terminologías para infraestructuras civiles y con referencia a las categorizaciones utilizadas por McGraw-Hill, Bentley, Halpin y otros, todos los tipos principales de infraestructuras civiles se clasifican en 13 tipos en cinco dominios, como se muestra en Tabla 1 y se enumeran a continuación:

- Infraestructura de transporte, incluidos (1) puentes, (2) carreteras, (3) ferrocarriles, (4) túneles, (5) aeropuertos y (6) puertos y puertos.
- Infraestructuras energéticas: (7) producción de energía, incluidas centrales termoeléctricas, eólicas, hidroeléctricas y nucleares, subestaciones, redes eléctricas, etc., (8) petróleo y gas, referidos a terminales de almacenamiento y distribución, pozos, refinerías, etc. y (9) minas, incluyendo carbón, mineral de hierro, minas de cobre, etc.
- (10) Infraestructura de servicios públicos: incluidos los sistemas de suministro de electricidad, gas natural, agua y alcantarillado y tuberías.
- (11) Infraestructura de instalaciones recreativas: parques, estadios, etc.
- Infraestructuras para la gestión del agua: (12) instalaciones de agua y saneamiento, enlaces y (13) presas, canales y diques.

Tabla 2.1: Clasificación infraestructuras civiles

Categories of civil infrastructure			Domains
I	1)	Bridges	Transportation infraestructura
II	2)	Roads	
III	3)	Railways	
IV	4)	Tunnels	
V	5)	Airports	
	6)	Ports and harbors	Energy infraestructura
	7)	Power generation	
VI	8)	Oil and gas	
	9)	Mine	Utility infraestructura
VII	10)	Utility	
VIII	11)	Recreational facilities	Recreational facility infraestructura
IX	12)	Water and wastewater facilities	Water management infraestructura
	13)	Dams, canals and levees	

Fuente: Cheng, Lu y Deng (2016)

Refiriéndose a la descripción general de casos industriales y documentos académicos, la Tabla 2.2 resume los 15 usos del CIM que se estudian y aplican con mayor frecuencia en diversos proyectos y artículos académicos. Como se muestra en la Tabla, estos 15 usos CIM se pueden asociar con varias etapas de entrega de la estructura, que son (1) fase de diseño conceptual, (2) fase de diseño y documentación detallada, (3) fase de construcción y (4) Operación y mantenimiento (O & M). Por lo tanto, evaluamos cuáles son las prácticas de adopción actuales del CIM con respecto a las infraestructuras de transporte.

Tabla 2.2: Relación entre los usos de la CIM y las distintas fases del proyecto.

Relationship between CIM uses and facility delivery phases.					
No.	CIM uses	Facility delivery phases			
		Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
		Conceptual design	Detailed design and documentation	Construction	O&M
A	Visualization	✓	✓	✓	✓
B	Lifecycle information management	✓	✓	✓	✓
C	Design review	✓	✓		
D	Computational fluid dynamics	✓	✓		
E	Structural analysis		✓		
F	Sunlight analysis		✓		
G	Traffic flow simulation		✓		
H	Environmental simulation and analysis		✓	✓	
I	Clash detection		✓	✓	
J	Schedule modeling (4D)		✓	✓	
K	Cost estimation (5D)		✓	✓	
L	Quantity takeoff		✓	✓	✓
M	Constructability analysis			✓	
N	Crane operation simulation			✓	
O	Virtual facility inspection				✓

Fuente: Cheng, Lu y Deng (2016)

2.2.3 Las ventajas del CIM

(Rauccio, 2019) Como el BIM nació en el campo de la construcción, fue creado y desarrollado exclusivamente para proyectos de construcción y, como resultado, si queremos aplicar este mismo concepto en infraestructuras, nos enfrentamos a inconsistencias de principios que necesariamente deben resolverse para que la CIM pueda funcionar. Uno de los principales factores de diferenciación entre un edificio (vertical) y una estructura de transporte (horizontal) es el sistema de coordenadas utilizado en el diseño, planificación y construcción de esa estructura. La construcción vertical usa el sistema de coordenadas cartesiano como una sola referencia, mientras que la construcción horizontal usa varias estaciones y curvas de alineación como referencia. Esta diferencia fue un obstáculo importante para la adopción directa y la aplicación del software BIM tradicional para el transporte, lo que resultó en un desglose diferente de los proyectos en comparación con el alcance del edificio. El mayor uso de GIS es una de las varias soluciones y alternativas debido al extenso tamaño de la red, un proceso de administración de recursos más maduro, un mayor enfoque en los datos no gráficos y su conexión significativa en un modelo de proyecto. En relación con BIM, esto proporciona una marcada diferencia en la estructura de los datos, en la conectividad, en la variedad del equipo de colaboración, y en la dimensión del proyecto que es mucho más expansiva que los proyectos de construcción tradicionales. Incluso si la modalidad operativa de BIM y CIM difiere por las razones mencionadas anteriormente, los beneficios unen ambas metodologías, lo que crea una excelente base de apoyo que nos permite estudiar en profundidad los posibles métodos de adopción en favor de las innumerables ventajas que se puede sacar de este método.

2.2.3.1 Beneficio económico

(Rauccio, 2019) El valor económico de esta metodología se puede ver desarrollado por todo el ciclo de vida del manufacturo construido y solo después de su adopción podemos hacer el cálculo de retorno de su inversión. Muy a menudo pero, la fase de modelado en BIM puede suponer costos muy altos, por lo que parece que perdemos todos los beneficios. La investigación en este campo muestra cómo, a pesar del alto costo en la fase de modelado, vale la pena pagar este costo porque conlleva ingresos sustanciales durante la construcción del proyecto. Como se ilustra en el artículo “BIM Service Helps Prevent Budget Overruns” en la cual muestra observaciones de 32 proyectos que utilizan BIM: Hasta un 10% de ahorro en el valor del contrato a través de la detección de interferencias. Precisión en la estimación de costes en un 3%. Eliminación de hasta un 40% de los cambios incontrolados. Hasta un 7% de reducción en el tiempo del proyecto.

Hasta un 80 % de reducción en el tiempo necesario para generar un costo estimado. Desde el diseño hasta la finalización de la construcción, el BIM nos brinda la posibilidad de obtener estimaciones de costos precisas, de manera simple y rápida y, gracias al nivel de planificación que nos permiten implementar las herramientas BIM, podemos prevenir otros conflictos de esta manera. Un ahorro final no solo en términos de tiempo sino también en términos económicos.

2.2.3.2 Gestión de riesgos y controles de seguridad

Como todos sabemos, BIM nos permite llevar a cabo una planificación completa del proyecto en cuestión, considerando también el componente temporal (planificación 4D). proyecto de este tipo, donde los problemas de tiempo se controlan mediante una planificación cercana, es posible administrar los riesgos y mejorar la seguridad del proyecto. De esta manera, otra ventaja que podemos obtener es reducir los costos relacionados que asociamos debido a la falta de seguridad. BIM ayuda a los profesionales a reducir la evidencia y los errores durante la construcción, aumentando la productividad y reduciendo los riesgos asociados con el tiempo y los costos. Los riesgos también se pueden visualizar, simular y cuantificar a través de la funcionalidad BIM (Shim, Yun & Song, 2011).

Aquí comenzamos a ver incluso los ahorros económicos mencionados anteriormente. A través del BIM es posible controlar la seguridad de las infraestructuras, en primer lugar, los puentes, manteniendo así un alto nivel de seguridad para la prevención de desastres. El diseño y la evaluación de las estructuras viales, incluido el alumbrado público con BIM, puede aumentar significativamente la seguridad de las carreteras y túneles. La posición de las grúas móviles podría evaluarse y optimizarse para mejorar la seguridad del sitio y del proceso de trabajo. BIM se puede utilizar para la planificación de mantenimiento regular.

2.2.3.3 Análisis del ciclo de vida de BIM para infraestructuras de transporte

BIM proporciona a sus usuarios una amplia gama de software capaces, entre otras cosas, de controlar y gestionar todo el ciclo de vida de los edificios e infraestructuras, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y el mantenimiento. Todos los datos relacionados con la infraestructura o el edificio en cuestión se recopilan en una base de datos, lo que nos permite controlar su ciclo de vida. BIM puede ayudar a evaluar la sostenibilidad y el consumo de energía a lo largo del ciclo de vida de las infraestructuras de transporte. Este análisis podría proporcionar datos importantes

sobre el consumo de electricidad de los sistemas de alumbrado público y la cantidad de combustible consumido para los equipos de mantenimiento. Por lo tanto, es una posibilidad hacer que nuestras infraestructuras sean más eco-sostenibles, dando un nuevo uso a los materiales o a la infraestructura misma una vez que su ciclo de vida útil deje de existir.([Rauccio, 2019](#))






2.2.3.4 La Planificación

A través del BIM es posible realizar y evaluar diferentes escenarios para la planificación estratégica del proyecto, proporcionando información visual cualitativa y cuantitativa que ayuda a elegir el mejor escenario para minimizar el tiempo y el costo del proyecto. BIM puede ayudar a optimizar la ubicación de las estructuras para optimizar la accesibilidad y operatividad durante la fase de construcción. Con la aplicación de la planificación del tiempo (4D) y los costos (5D) en grandes proyectos de infraestructura, se pueden producir enormes beneficios e incluso se pueden optimizar los costos.([Rauccio, 2019](#))

El nivel de desarrollo (LOD) y el nivel de información (LOI) son los criterios más importantes en la fase de diseño que pueden influir significativamente en la entrega del proyecto y su calidad y que son un síntoma de una planificación más o menos cuidadosa del proyecto en sí. LOD define el nivel de precisión esperado en la representación de diferentes elementos de un modelo 3D. El LOD podría describirse simplemente como un estándar de comunicación y una declaración de requisitos entre propietarios y diseñadores, pero en ambos casos los modelos pueden organizarse en diferentes LOD según los usos BIM o CIM y las fases del proyecto. A medida que el proyecto crece, los objetos de construcción se representan con geometría más detallada e información semántica para apoyar un análisis más preciso y varias simulaciones. En los edificios, el LOD suele centrarse en las especificaciones interiores, pero en los proyectos de infraestructura se centra en las especificaciones externas, incluidos los detalles geométricos y la información semántica ([Cheng, Lu y Deng \(2016\)](#) & [Borrmann et al. \(2015\)](#)), que ayuda a comprender mejor las dependencias entre los elementos geométricos. Algunos planes de implementación BIM definen los conceptos de LoD para estandarizar la tecnología, por ejemplo, la Guía del Plan de Trabajo 2013 de RIBA, publicada por el Royal Institute of British Architects (RIBA), define cinco niveles de desarrollo: de 100 a 500. Sin embargo, esta sigue siendo una definición BIM y no es totalmente aplicable a la infraestructura. El documento estudiado “Analytical review and evaluation of civil information modeling” ([Cheng, Lu & Deng, 2016](#)) nos da una definición genérica de lo que debería ser una definición de LOD para modelos de infraestructura civil que no para cada tipo de

infraestructura; por el contrario, resume los requisitos básicos que debe cumplir cada. En general, cada definición de LOD depende de las funciones utilizadas por el modelo y su idoneidad para una determinada clase de usos CIM. Sobre la base de varios casos, el texto anterior propone cinco LOD en los que es posible desarrollar un modelo CIM y los requisitos mínimos de utilización de CIM de cada LOD. Los cinco LOD se describen en la Imagen 2.1 y los usos CIM admitidos por cada LOD se enumeran en la Tabla 2.3. En resumen, de LOD100 a LOD300 son generalmente para diseño arquitectónico, mientras que el diseño estructural y el MEP se realizan en base a LoD400.

Figura 2.1: Cinco LOD en el proyecto de un puente.

LoD100	<ul style="list-style-type: none"> • 3D block model • Analysis and simulation based on shape and location 		Architectural Design
LoD200	<ul style="list-style-type: none"> • Generic elements • Approximate analysis and estimation of quantities 		
LoD300	<ul style="list-style-type: none"> • Detailed and refined assemblies • More accurate analysis and estimation 		
LoD400	<ul style="list-style-type: none"> • Construction-level detailed components • Inner structure and sub-components • Precise analysis and simulations 		Structural & MEP Design
LoD500	<ul style="list-style-type: none"> • As-constructed model with photorealistic effects • Semantic information for FM, e.g. inspection history • Sensing data 		

Fuente: Cheng, Lu y Deng (2016)

Tabla 2.3: Relación entre el uso del CIM y LOD

No.	CIM uses	Levels of development (LoD)				
		LoD100	LoD200	LoD300	LoD400	LoD500
A	Vizualization	✓	✓	✓	✓	✓
B	Lifecycle information management	✓	✓	✓	✓	✓
C	Design review	✓	✓	✓	✓	✓
D	Computational fluid dynamics	✓	✓	✓	✓	✓
E	Structural analysis			✓	✓	✓
F	Sunlight analysis	✓	✓	✓	✓	✓
G	Traffic flow simulation	✓	✓	✓	✓	✓
H	Environmental simulation and analysis		✓	✓	✓	✓
I	Clash detection		✓	✓	✓	✓
J	Schedule modeling (4D)		✓	✓	✓	✓
K	Cost estimation (5D)		✓	✓	✓	✓
L	Quantity takeoff		✓	✓	✓	✓
M	Constructability analysis		✓	✓	✓	✓
N	Crane operation simulation	✓	✓	✓	✓	✓
O	Virtual facility inspection					✓

Fuente: Cheng, Lu y Deng (2016)

2.2.4 Herramientas BIM

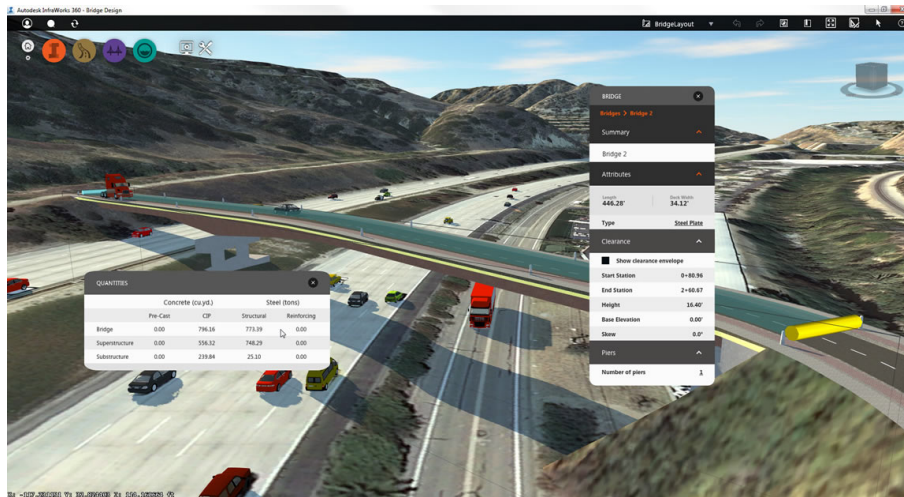
“En el año 1987, cuando la empresa húngara desarrolladora del software Graphisoft consigue implementar el concepto BIM en uno de sus primeros programas ArchiCAD. Este es el primer software capaz de crear dibujos tanto en 2D como en 3D, esto supondría una revolución en el sector ya que cambiaría la manera en cómo se realizaba la fase de diseño y planificación de un proyecto de infraestructuras. A partir de 1990, otras empresas desarrolladoras de software como Autodesk o Bentley entre otras empresas empiezan a mejorar sus herramientas CAD, en concreto la empresa Autodesk comenzó a utilizar el concepto BIM en 2002 cuando compró la compañía Revit Technology Corporation. La mejora de estas herramientas se basa en la geometría explícita para vincular el concepto BIM como modelado de construcción paramétrico dándole una mayor importancia a las herramientas de diseño que a las herramientas de dibujo. Actualmente BIM, es un concepto adoptado por muchos fabricantes de software y su desarrollo no tiene límite en la actualidad, sin embargo, estas herramientas BIM siempre deberán estar alineadas a una metodología que permita desarrollar un trabajo de ingeniería coordinado, consistente y colaborativo”.(Vera Galindo, 2018)

2.2.4.1 Software BIM para diseño en edificación

“En la actualidad este tipo de herramientas son las más desarrolladas, existiendo en el mercado una gran cantidad de softwares para resolver la proyección. Entre los más destacados cabe mencionar Revit, AutoCAD Architecture o Showcase de la familia Autocad, Allplan, Archicad. En un segundo plano podrían situarse los softwares Microstation, AECOSim Building Designer o ProStructures de Bentley. De hecho, para resolver distintas facetas de la obra civil (piezas especiales, obras de paso, obras de drenaje transversal, etc.) se recurre a objetos paramétricos desarrollados por estas herramientas, pero no están orientadas a la ingeniería civil, sino la ingeniería industrial”.(Vera Galindo, 2018)

2.2.4.2 Software BIM para simulación y diseño de obra civil 3D

(Vera Galindo, 2018) “Las herramientas BIM presentes en el mercado para el diseño de obra civil están en constante desarrollo, ofreciendo actualizaciones para mejorar y ser más competentes. Entre otras, se pueden mencionar: Para diseño de obra lineal: Civil 3D, Istram Ispol, Power Civil, MDT, Clip. Para diseño conceptual: Infracore”.

Figura 2.2: Interfaz de la herramienta Infracworks.

Fuente: Autodesk

2.2.4.3 Software BIM para simulación 4D

(Vera Galindo, 2018) “Los diferentes softwares disponibles en el mercado para abarcar la dimensión 4D de BIM, es decir, la planificación de obra, son: Navisworks herramienta de la compañía Autodesk, iTwo herramienta de la compañía RIB Spain, Synchro PRO herramienta de la compañía Synchro Ltd, Navigator herramienta de la compañía Bentley, Vico Office herramienta de la compañía Trimble, etc. Para que estos programas sean útiles han de vincular modelos 3D, independientemente de su procedencia, modelados según una estructura constructiva que se asemeje a su ejecución real. Una de las características principales y comunes a estos cinco programas está relacionada con la planificación de la obra, ya que permite realizar secuencias constructivas, asociando las tareas con los recursos del modelo. Aquí es dónde nace la necesidad de modelar la obra de una forma real a como se ha de construir y no acorde a las posibilidades que ofrezca la herramienta BIM. Las simulaciones con una herramienta BIM 4D están principalmente orientadas a justificar, mejorar y ampliar la documentación del proceso constructivo de una obra, además de detectar interferencias o deficiencias técnicas de la planificación, así como relativas a seguridad y salud antes de comenzar la ejecución de la obra”.

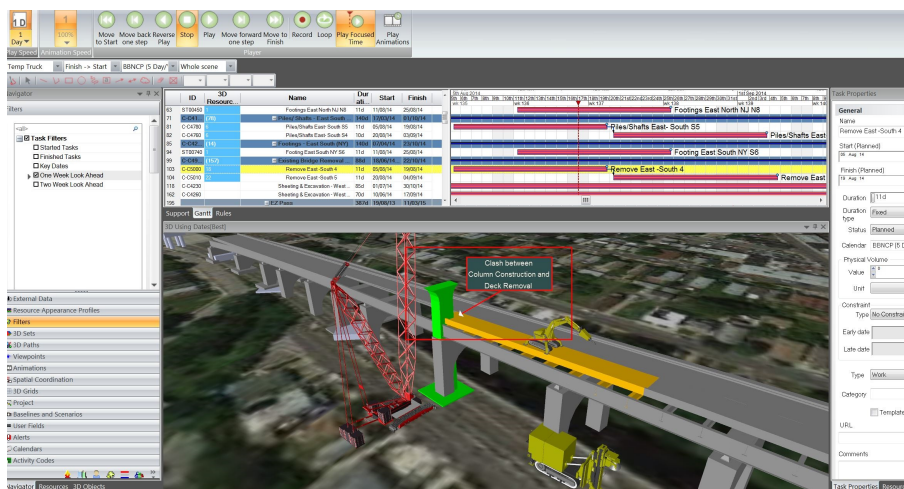
2.2.4.4 Software BIM para simulación 5D

(Vera Galindo, 2018) “En el ámbito del control de costos o presupuestos, se destacan dos softwares que actualmente se están utilizando: Presto con el módulo de Cost-It perteneciente a la compañía RIB Spain, TCQ2000 de la empresa ITeC, Vico Office de la compañía Trimble y distribuido por la empresa Construsoft, Cype Arquímedes, pertenece a la empresa Cype Ingenieros, etc”.

2.2.4.5 Visores de modelos

(Vera Galindo, 2018) “Actualmente una parte importante de la metodología BIM es la visualización de los modelos mientras se está llevando a cabo la ejecución de la obra, es decir, poder ver el avance de la obra in situ de manera digital. En el mercado existen numerosos visores de modelos 3D, entre los que destacamos la aplicación SITE de Synchro, Tekla o Solibri. En la Figura 2.3 se puede observar la interfaz del visor Synchro”.

Figura 2.3: Interfaz del visor BIM Synchro.



Fuente: www.crowdreviews.com

2.2.4.6 Herramientas para validación de normativa

Este es el software utilizado para confirmar el cumplimiento del modelo con las regulaciones BIM. El Proyecto Route-BIM [30], un proyecto para diseñar y desarrollar tecnologías BIM para validar y gestionar proyectos de construcción de carreteras y operar y gestionar proyectos de construcción de carreteras, está actualmente en marcha.

2.2.4.7 Herramientas de gestión del Entorno Común de Datos (ECD)

Para gestionar el ECD, existen varios programas, en particular el BIM A360 de Autodesk y Project Wise de Bentley. Además de ello se pueden encontrar en el mercado los softwares de Think Project y Trimble Connect.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Diseño Geométrico

“El Manual de Carreteras Diseño Geométrico, es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño de la infraestructura vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Contiene la información necesaria para diferentes procedimientos, en la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio, en concordancia con las demás normativas vigente sobre la gestión de la infraestructura vial”.(DG, 2018)

2.3.2 Proyecto BIM

2.3.2.1 Plan de ejecución BIM

“El objetivo del Plan de Ejecución BIM es proveer de un marco de funcionamiento que permite a los distintos agentes del proyecto desarrollar los procesos BIM, así como las mejores prácticas de una manera eficiente. Este plan determina los roles y responsabilidades de cada agente, el alcance de la información que tiene que ser compartida, los procesos de trabajo necesarios, así como el software y hardware necesario, entre otros, a la fase concreta del ciclo de vida para la cual se redacta el Plan de Ejecución BIM”.(ESPACIOBIM, 2020)

2.3.2.2 Modelo digital

El modelo digital creado con el modelo BIM ayuda a conectar informaciones diferentes fuera de los programas de gráficos simples. Vincular esta información, facilita mucha trazabilidad y una explicación precisa. Su información se recopila en enlaces externos. Esta información incluye distintos aspectos de la geometría de objetos modelados sobre datos físicos e información de sus distintas características. Para solicitar un modelo BIM para su uso en un proyecto, es importante definir el nivel de información que esta deba tener. El modelar más detalles innecesarios lleva pérdida de tiempo y dinero de los técnicos de diseño, además supone un coste computacional para el manejo de esta información pesado e inmanejable.

2.3.2.3 Interoperabilidad

BIM es un método de trabajo colaborativo en el que se debe asegurar el flujo de información para que diferentes profesionales involucrados puedan tomar decisiones, ante ello es vital asegurar una gestión adecuada e eficaz de la información, en la que los términos, designaciones y estructura información sean conocidos por todos los profesionales invo-

lucrados. Este proceso de intercambio de la información se denomina interoperabilidad y, para que sea eficaz, el formato utilizado debe ser modular, asegurando que no se pierda información o datos corruptos durante la transferencia desde este programa a otros programas o desde una computadora cuyos atributos son de un usuario a otro.

2.3.3 Aplicación del 4D y 5D en la Diseño Geométrico de la Carretera

Siguiendo los procesos del proyecto BIM y utilizando las herramientas BIM adecuadas, bajo los lineamientos de las normativas vigentes en cuanto al sistema vial de Perú se garantiza una buena elaboración del plan de trabajo. La identificación adecuada de las actividades a realizar haciendo uso del CDE tras el modelado 3D del proyecto, para posteriormente ser analizadas en la simulación 4D con una estimación adecuada de tiempo, conlleva a elaborar un adecuado plan a detalle de la programación a seguir en la ejecución. Dentro de la recopilación de datos, la determinación de costos 5D, siendo un componente para su determinación los metrados, ayudan a tener el panorama adecuado del costo del proyecto. Para garantizar una adecuada elaboración del plan y su posterior cumplimiento durante las siguientes etapas del proyecto, las actividades involucradas deben de contar con el adecuado tiempo de ejecución y el costo que llevará realizarla.

2.3.4 Aplicación del 4D y 5D en la ejecución

Las herramientas y técnicas que se sugiere para la etapa de ejecución es la del manejo del sistema de información de esta forma llevar la dirección de proyectos, es en esta que se hace uso de softwares para el adecuado seguimiento durante la ejecución desde la implementación del CDE en la elaboración de los modelos 3D, para su respectiva gestión de programación 4D en tiempo, y lograr una estimación del tiempo 4D y costo 5D.

2.3.5 Aplicación del 4D y 5D en el control y seguimiento

Dentro del control y seguimiento, el análisis de datos ofrecida por el diseño virtual, durante los procesos de 4D y 5D, se logra mediante la interacción de los responsables del proyecto, lograr resultados como desempeño de trabajo, la actualización del plan de trabajo, así como la actualización de los documentos del proyecto.

"La inteligencia consiste no solo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica."

— Aristóteles

Capítulo



Método de la investigación

3.1 Enfoque

La presente investigación pertenece al enfoque CUANTITATIVO; Sampieri, Collado y Lucio (2014) “Este tipo de enfoque es secuencial y probatoria. Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”.

3.2 Alcance

Según Sampieri, Collado y Lucio (2014), “el alcance del estudio depende la estrategia de investigación. Así, el diseño, los procedimientos y otros componentes del proceso serán distintos en estudios con alcance exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. Pero en la práctica, cualquier investigación puede incluir elementos de más de uno de estos cuatro alcances”.(p.90)

La investigación de alcance Correlacional según Sampieri, Collado y Lucio (2014), “Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables”.(p.93)

Sampieri, Collado y Lucio (2014), la investigación correlacional tiene, en alguna medida, un valor explicativo, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa.(p.94)

Por estas consideraciones el nivel de la investigación tiene un alcance, Correlacional y Explicativa.

3.3 Diseño de investigación

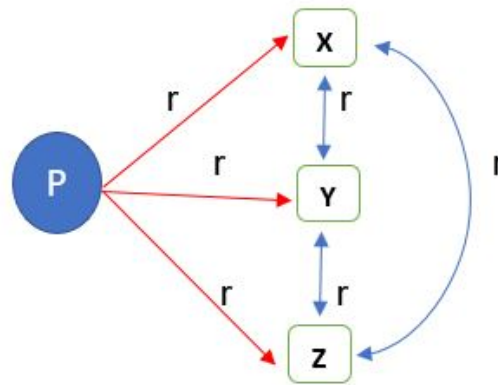
El diseño de de la presente investigación empleado es no experimental.

En un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos. (Sampieri, Collado & Lucio, 2014, p. 152)

La investigación es de tipo transversal, según Sampieri, Collado y Lucio (2014), “Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único (Liu, 2008 y Tucker, 2004). Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado”. (p.154)

En nuestro estudio el diseño de investigación fue la siguiente:

Figura 3.1: Diseño de investigación.



Fuente: Elaboración Propia

Donde:

P : Población.

X : Variable 1 = Tecnología BIM.

Y : Variable 2 = Diseño geométrico.

Z : Variable 3 = Construcción.

r : Relación.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población que se utiliza para la demostración de este proyecto de investigación esta conformada por el tramo vial del proyecto “Mejoramiento del Camino Vecinal Villasol – Maraypampa – Huanucalla, Distrito de Chinchao, Provincia y Departamento de Huanuco” que son los 23.26 Km de carretera que estipula el expediente técnico.

3.4.2 Muestra

La muestra esta comprendida en el tramo de 10 km de la mencionada vía, comprendida entre el Km 10+000 al Km 20+000, cuya unidad de análisis es 1 km de la muestra seleccionada, en la que se utilizara la aplicación del diseño y construcción mediante programas de la metodología BIM.

3.5 Hipótesis

3.5.1 Hipótesis general

La aplicación de la metodología BIM mejora mediante la visualización y flujo de información en el diseño geométrico y construcción de la carretera de Villasol a Pillao – Huánuco 2021.

3.5.2 Hipótesis específicas

1. La aplicación del BIM optimiza el diseño mediante la detección temprana de interferencias, incompatibilidades e integración de información en un espacio único.
2. La aplicación de la Metodología BIM determina el tiempo real de ejecución y minimiza los costos, en la ejecución carretera de Villasol a Pillao – Huánuco 2021.
3. El uso de la metodología BIM resulta beneficioso en la ejecución de obras de arte y seguimiento de movimiento de tierras de la carretera de Villasol a Pillao – Huánuco 2021.

3.6 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

3.6.1 Variables

3.6.1.1 Variable independiente

Es la variable que el investigador mide, manipula o selecciona para determinar su relación con el fenómeno o fenómenos observados. (Buendía, Colas & Hernández, 2001)

En la presente investigación la variable dependiente es la aplicación de la metodología BIM.

3.6.1.2 Variables dependiente

La variable dependiente es el factor que el investigador observa o mide para determinar el efecto de la variable independiente o variable causa. (Buendía, Colas & Hernández,

2001)

En la presente investigación la variable independiente será el diseño y construcción.

3.6.2 Operacionalización de variables

Tabla 3.1: Operacionalización de variables identificadas.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores
Metodología BIM	Strafaci (2008, p. 1) Nos dice: "BIM permite que los ingenieros predigan el desempeño de los proyectos antes de que se construyan; responde más rápido a los cambios de diseño; optimiza los diseños con análisis, simulación y visualización, y proporciona una documentación sobre la construcción de más alta calidad".	El objetivo primordial es lograr un desarrollo más eficiente de los proyectos constructivos de carreteras durante toda su vida útil mediante la aplicación de Softwares de modelado tridimensional, dándole sostenibilidad al proyecto mediante una buena gestión operacional en cada una de las fases del diseño.	Softwares de modelado/diseño tridimensional	<ul style="list-style-type: none"> • Documentación grafica • Información geométrica • Visualización del proyecto • Reducción del tiempo
			Disponibilidad de información actualizada	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia • Precisión • Control Documental
			Coordinación multidisciplinaria	<ul style="list-style-type: none"> • Control de Actividades • Prevención • Relación de especialidades
Diseño Geométrico	Wikipedia (2020) El diseño geométrico de carreteras es la técnica de ingeniería civil que consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno. Los condicionantes para situar una carretera sobre la superficie son muchos, entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales y urbanísticos	El diseño geométrico se hará aplicando la norma del MTC (DG-2018) y el expediente técnico, haciendo uso de las de herramientas del BIM generar mejores resultados posibles, todo esto dependerá de una buena gestión de costos, tiempo y lograr contrarrestar las incompatibilidades y interferencias en nuestro diseño vial.	Planeamiento y gestión de estrategias	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación • Identificación de incompatibilidades • Identificación de interferencias • Reducción de errores
			Adaptabilidad tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de corrección • Costo de incompatibilidad • Interoperabilidad de herramientas
Construcción	Wikipedia (2021) En los campos de la arquitectura e ingeniería, la construcción es el arte o técnica de fabricar edificios e infraestructuras. En un sentido más amplio, se denomina construcción a todo aquello que exige, antes de hacerse, disponer de un proyecto y una planificación determinada.	En la fase de la construcción se hará el control y seguimiento de la obra vial, utilizando en la herramienta BIM que fue modelado y hacer los cambios que pudieran surgir durante la fase de la construcción.	Gestión del costo Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño del plan de ejecución. • Simulación de las fases del proyecto • Avance de obra
			Monitoreo del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Interferencias • Incompatibilidad • Seguimiento • Comunicación • utilidad

Fuente: Elaboración Propia

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas de análisis documental

Utilizando como instrumentos fichas de registro de datos y de resumen; se recurre a artículos, ensayos, revistas, documentos oficiales como fuente para recolectar datos sobre la variable de interés y la información contenida del expediente técnico del proyecto.

3.7.2 Técnicas de observación

la técnica de la observación nos ayudara a la recopilación de información de primera mano en el campo, pues nos da una perspectiva holística que ayuda a comprender el contexto en el que se va a operar la investigación, recorrido que se hace desde el km 10+000 al km 20+000 del proyecto estudiado.

3.7.3 Instrumentos

Los instrumentos cuantitativos a emplear en la ejecución de nuestro proyecto de investigación son los siguientes:

- Análisis de datos: Microsoft office Excel 2019.
- Programas de dibujo: AutoCad 2020.
- Herramientas BIM: Autocad Civil 3D, Infracad 360, Navisworks y Revit.
- Edición de textos: WinEdt 10.3 y JabRef 4.3.1.
- Equipo: Ordenador portátil con sistema operativo Windows 10, Drone Phantom 4 Pro, Estación Total y Nivel de Ingeniero.

3.8 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

Por medio de análisis de contenido descriptivo haciendo el uso de las herramientas BIM, haciendo reflexión de los resultados obtenidos en función de: Problema de Investigación, objetivos, hipótesis del estudio y el marco teórico del estudio.

1. Recolección de datos.
2. Procesamiento de información.
3. Presentación y publicación de los resultados.

3.9 Desarrollo del trabajo de tesis.

3.9.1 Datos del proyecto

El proyecto denominado: “MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL VILLASOL MARAYPAMPA - HUANUCALLA - PILLAO , DISTRITO DE CHINCHAO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO”, de código SNIP No 242663, tiene como finalidad ejecutar los trabajos de mejoramiento de 23.26 km del camino vecinal entre las localidades de Villasol y San Pablo de Pillao; por lo que, el CONSORCIO CONTRATISTAS VIALES en mérito al contrato N° 087-2020-MTC /21 suscrito con PROVIAS DESCENTRALIZADO el 13 de marzo de 2020, ejecuta dicho proyecto en un plazo de 12 meses.

3.9.2 Descripción del Proyecto

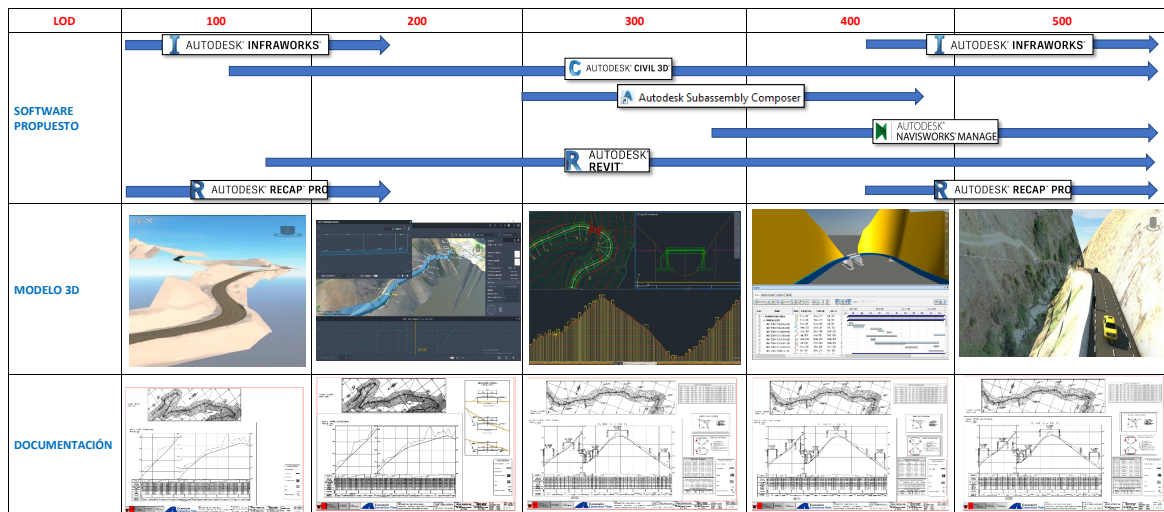
El proyecto contempla 23.26 km de mejoramiento de camino vecinal dentro del cual contempla los siguientes obras de arte, construcción del Puente Tipo Losa simplemente apoyado en dos estribos en el km 02 + 527 sobre el río ACOMAYO, construcción de muros de sostenimiento de concreto ciclópeo y armado en zonas de relleno, en las progresivas con el fin de completar el ancho de la plataforma y evitar así excesivos cortes de explanaciones, cunetas revestidas de concreto triangular y rectangular, 5 Badenes, 142 Alcantarillas tipo marco, 26 alcantarillas tipo TMC y un puente Tipo SUPER COR en la progresiva KM 11+060.

3.9.3 Modelado del proyecto virtual

Para empezar con el modelado virtual del proyecto se cuenta con la documentación del expediente técnico y los planos en formato DWG. Para lo cual es necesario definir un Plan de ejecución BIM que para este proyecto de investigación consistirá en la propuesta metodológica de la aplicación de los softwares para la adecuada gestión de documentación que se quiera lograr.

3.9.3.1 Plan de Trabajo BIM

El plan de Trabajo BIM para este proyecto de investigación aplicado a un proyecto vial incluye la gestión de documentos y modelos a través del uso de los diferentes softwares para su construcción de acuerdo al nivel de detalle que se quiere trabajar en el proyecto, todo ello se realiza a un proyecto en fase de ejecución por lo cual será bajo la documentación estipulada del expediente técnico del proyecto. Para lo cual se hará la aplicación adecuada de los softwares.

Figura 3.2: La propuesta metodológica de aplicación de softwares.

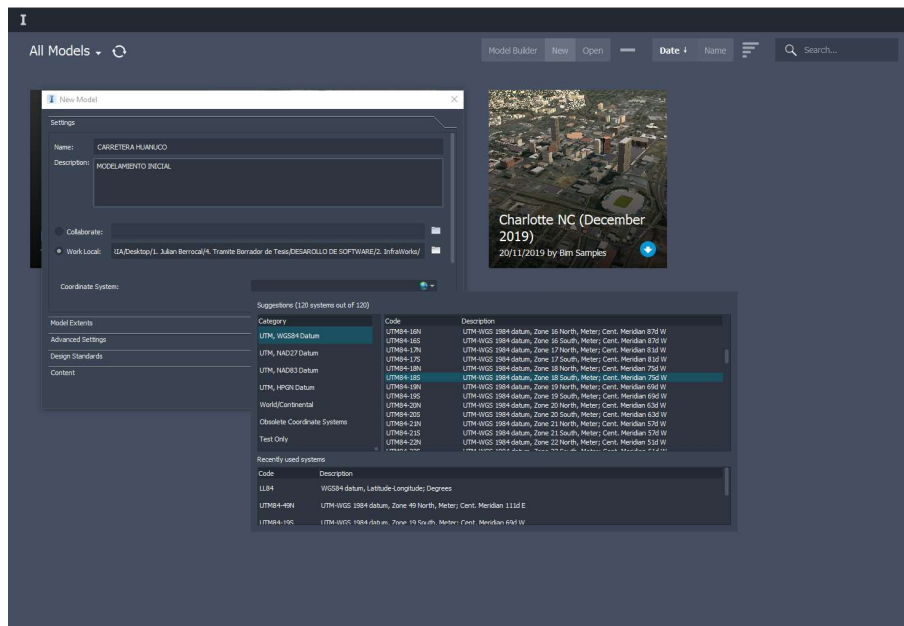
Fuente: Elaboración Propia

3.9.4 Trazo y diseño geométrico con metodología BIM

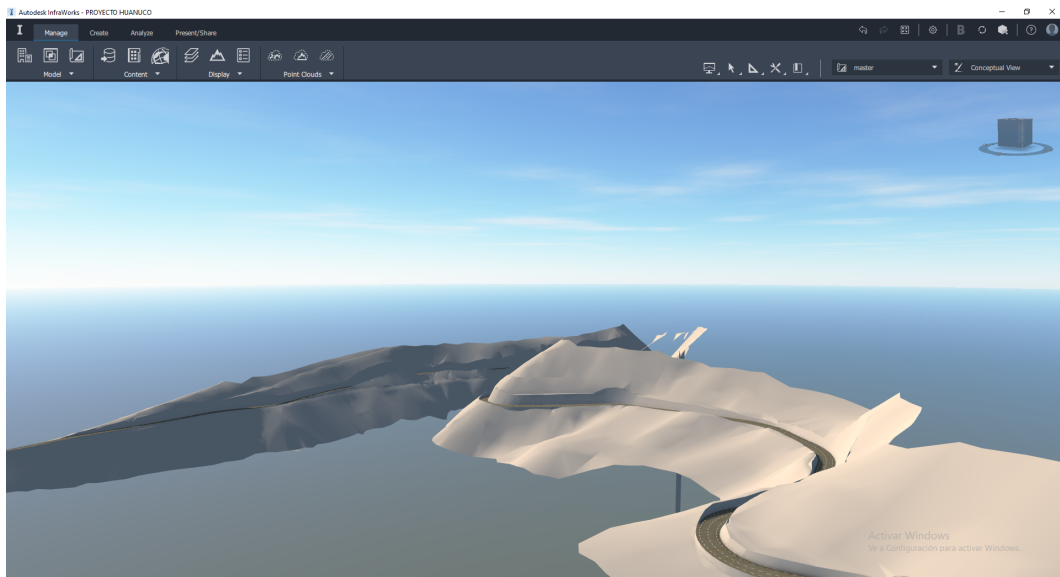
Los parámetros y criterios de diseño de la carretera en estudio son detallados en el expediente técnico, en ese sentido en el presente proyecto aplicado ya en la fase de ejecución será realizar el replanteo de los planos del trazo de diseño geométrico y las estructuras puntuales que existen sobre la información contenida del expediente técnico para su aprobación y ejecución. Este trabajo consistirá la secuencia de la gestión de documentación, de acuerdo a la propuesta metodológica de aplicación de los softwares. Para el modelamiento del trazo vial del proyecto es necesario contar con nube de puntos, la cual se realizó el replanteo corresponde a un terreno ondulada - accidentada, mediante un levantamiento topográfico con estación total y Fotogrametría (Drones).

3.9.4.1 Aplicación de InfraWorks y AutoCAD Civil 3D.

InfraWorks y AutoCAD Civil 3D son entornos BIM, softwares de la casa de Autodesk más utilizado para planificar y diseñar proyectos de infraestructura lineal. Estas herramientas proporcionan opciones de flujo de trabajo BIM para el trabajo colaborativo, procesos automatizados y la interoperabilidad con otras plataformas. De acuerdo a la propuesta metodológica de aplicación de softwares en la presente investigación se empezará con el diseño conceptual a través del software InfraWorks y se ira enlazando con el Civil 3D y poder analizar su interoperabilidad y ver cómo es que nos ayuda esta forma de trabajo colaborativo.

Figura 3.3: Configuración geográfica en InfraWorks.**Fuente:** Elaboración Propia

Se carga la superficie topográfica con el alineamiento horizontal y vertical procesados en el software Autodesk Civil 3D, de acuerdo al trazo del expediente técnico.

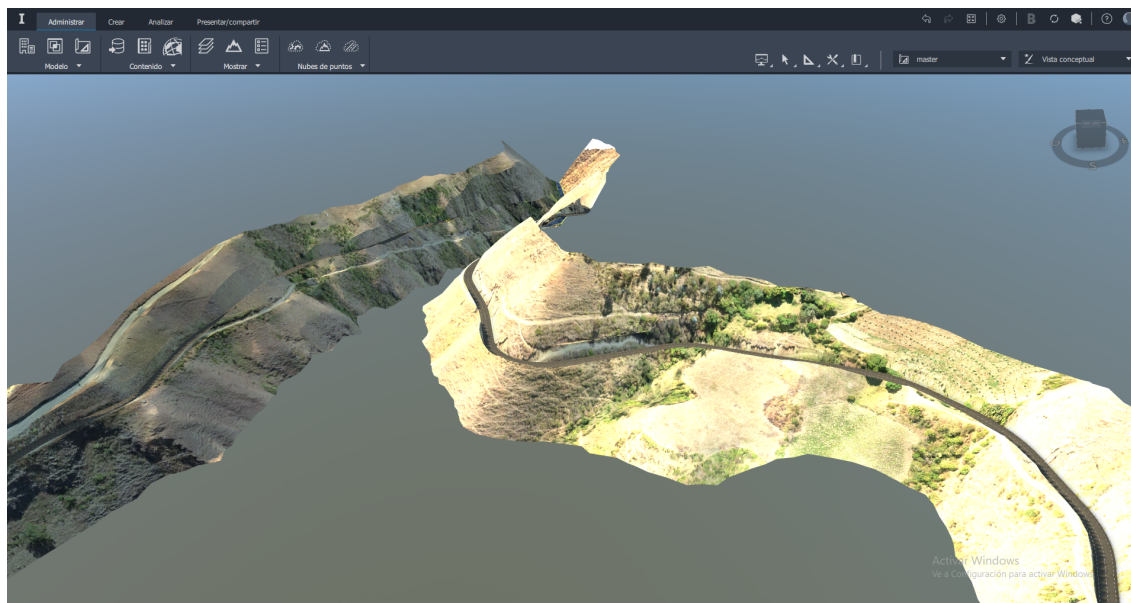
Figura 3.4: Visualización del trazo del expediente técnico en 3D.**Fuente:** Elaboración Propia

Los archivos procesados de las imágenes fotogramétricas a través del software AGI-SOFT METASHAPE, para utilizar el archivo como superficie topográfica es necesario procesarla a través del software Autodesk Recap el cual puede exportar archivos en

formato (.rpc) y así trabajar los datos en los softwares Civil 3D o InfraWorks desde la opción de Point Cloud.

En la presente investigación se tiene el levantamiento topográfico con estación total, basta con tener el Ortofoto que es un formato (.tif), lo cual se carga dentro del software InfraWorks como un archivo ráster, así las imágenes se superponen sobre la superficie dando el aspecto real al modelado virtual del trazo.

Figura 3.5: Visualización del trazo con imágenes del ortofoto.

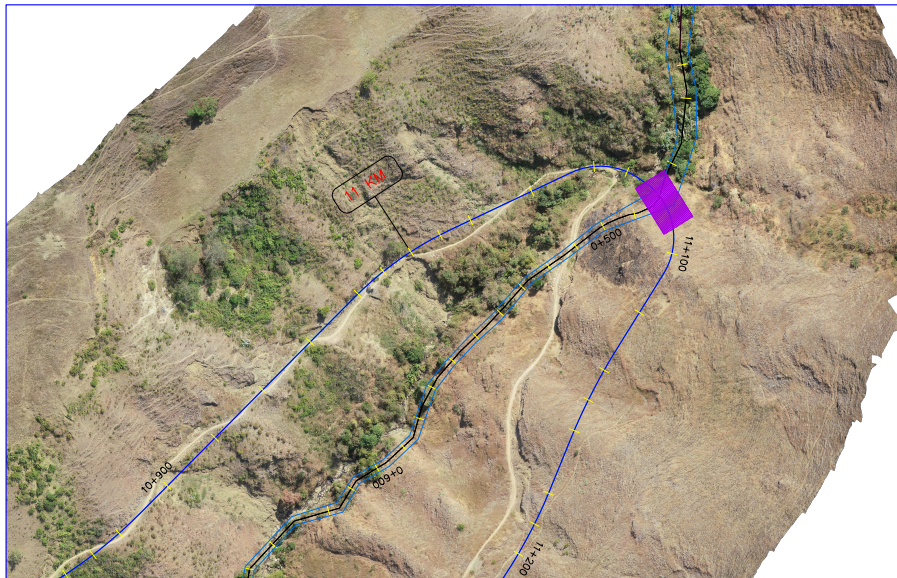


Fuente: Elaboración Propia

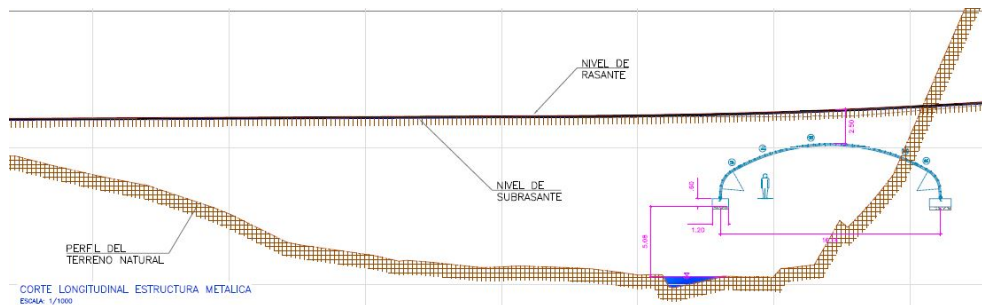
Detección de incompatibilidades e interferencias.

Durante el proceso de la ejecución del proyecto, para el cumplimiento de las metas, metas del proyecto es muy importante hacer un estudio minucioso del expediente para así entregar los planos de replanteo para su aprobación y ejecución, dentro de este proceso se encontraron las siguientes incompatibilidades e interferencias.

1. En el progresivo km 11+086 del expediente técnico se tiene la proyección de un puente tipo de SUPER COR, pero durante el trazo de replanteo esta queda ubicada a un costado de la margen del rio TUN TUN y 5m por encima del nivel del terreno tal como se muestra en la figura.

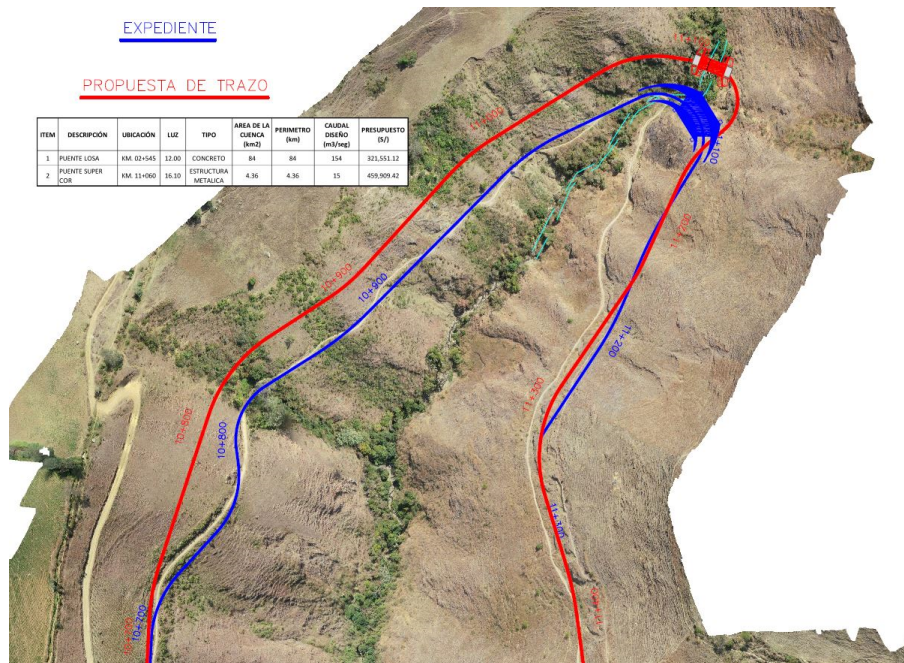
Figura 3.6: Ubicación de la estructura SUPER COR en planta.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.7: Vista en Perfil estructura SUPER COR en planta.

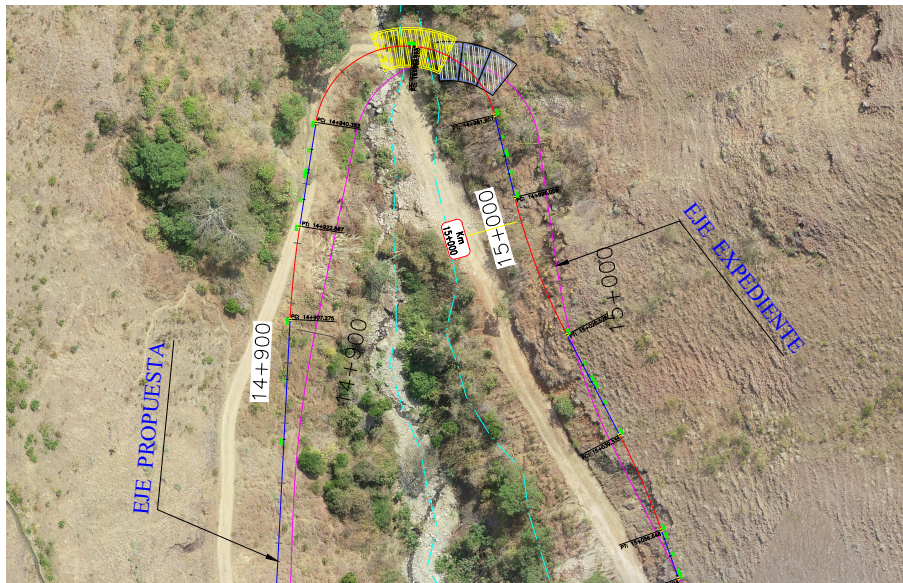
Fuente: Elaboración Propia

Esta incompatibilidad de ubicación de estructura y a falta de especificaciones y detalles para el relleno armado, además que según el diseño estructural para rellenos de mas 3 m esta estructura no cumple. Fue necesario hacer un ajuste de trazo entre las progresivos km 10+700 – km 11+300 y con la propuesta de cambio de estructura SUPER COR por Puente Viga Losa de 12 m de longitud ubicado en la progresiva 11+120, lo cual fue motivo de un adicional deductivo.

Figura 3.8: Propuesta del adicional deductivo.

Fuente: Elaboración Propia

- Incompatibilidad de la ubicación del badén progresiva km 14+963.86, esta queda a un margen del río y para la adecuada reubicación de la estructura fue necesario el ajuste de trazo.

Figura 3.9: Vista en planta de la incompatibilidad de trazo con la ubicación del badén.

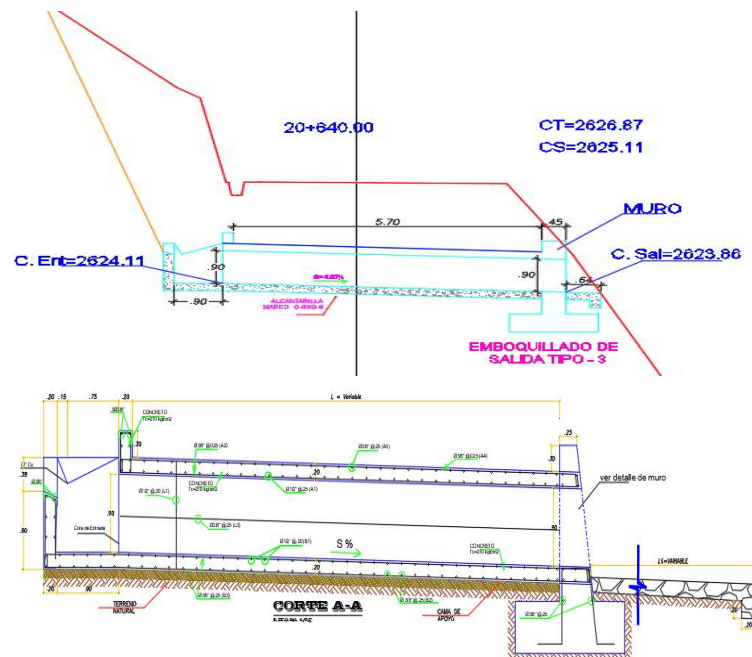
Fuente: Elaboración Propia

- Interferencia de viviendas en el trazo propuesto del expediente técnico. Teniendo en total 6 predios con afectaciones similares.

Figura 3.10: Interferencia de Vivienda.

Fuente: Elaboración Propia

4. Incompatibilidad entre planos estructurales y plano de secciones transversales de ubicación de alcantarillas. Esta incompatibilidad se ve reflejado a nivel de metrados, ocasionando en algunas alcantarillas mayores metrados y en otras menores metrados en algunos casos figuran metrados que no corresponden a las dimensiones de la alcantarilla planteado para su construcción.

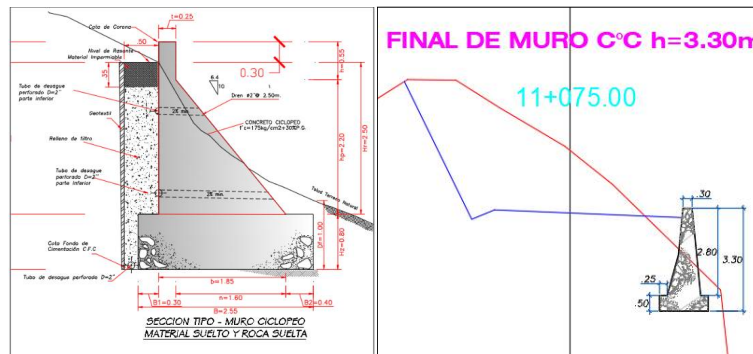
Figura 3.11: Incompatibilidad de geometría de alcantarillas.

Fuente: Elaboración Propia

5. Incompatibilidad entre planos estructurales y plano de secciones transversales de la proyección de Muros de Concreto Ciclópeo. Así como en las alcantarillas esta incompatibilidad hace que se generen metrados irreales, a nivel sistema

constructivo el expediente técnico solo muestra el inicio y fin del muro en las secciones transversales.

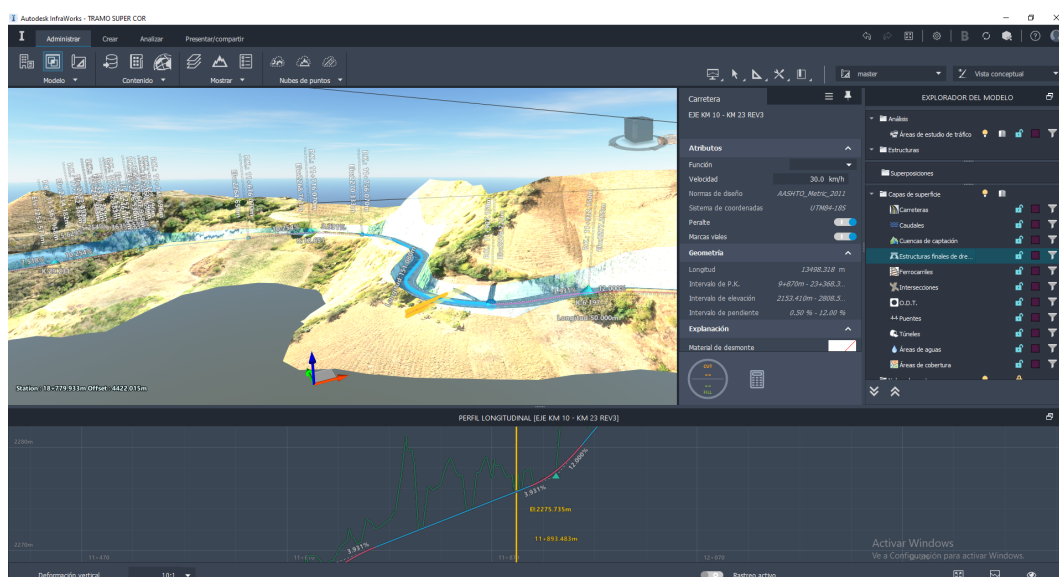
Figura 3.12: Incompatibilidad de geometría de Muro de Concreto Ciclópeo.



Fuente: Elaboración Propia

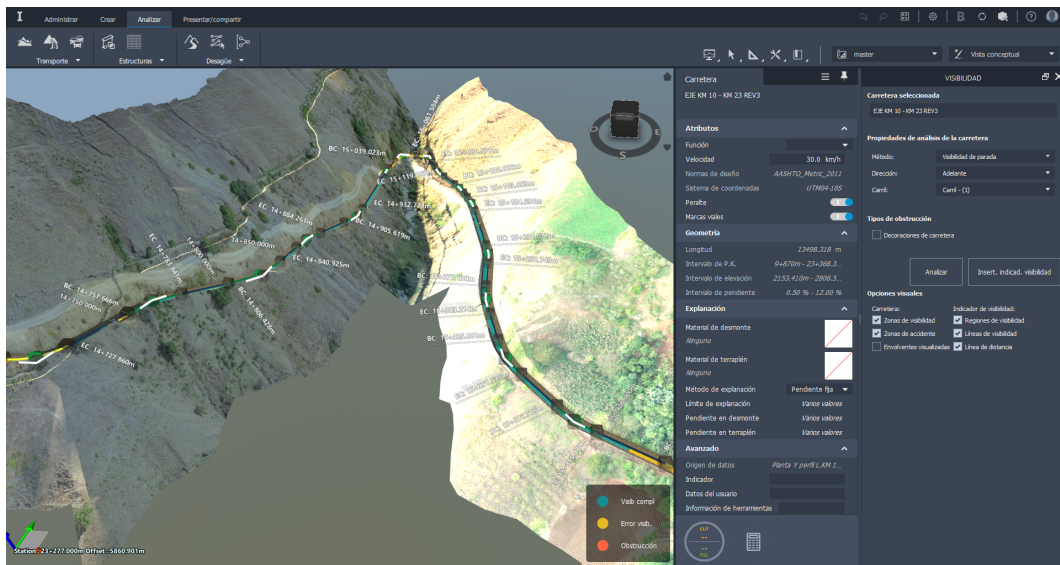
De las incompatibilidades e interferencias se producen a lo largo del trazo del expediente, se pudieron evitar, trabajando con la metodología que se propone en la presente investigación, ya que el diseño conceptual del software Infracworks a través del uso de las imágenes fotogramétricas (ortofotos) vinculados como imágenes raster, dan al diseñador una perspectiva más adecuada del terreno natural y así finalizar el diseño geométrico con los parámetros adecuados y su respectiva documentación en el software de Civil 3D. una vez identificado los cambios y ajustes de trazo previamente se corrige dentro de Infracworks ya que mucho mas fácil, además se puede almacenar diferentes propuestas de cambio y así analizar y comparar la mejor opción.

Figura 3.13: Ajuste y cambio de trazo dentro del software de InfraWorks.



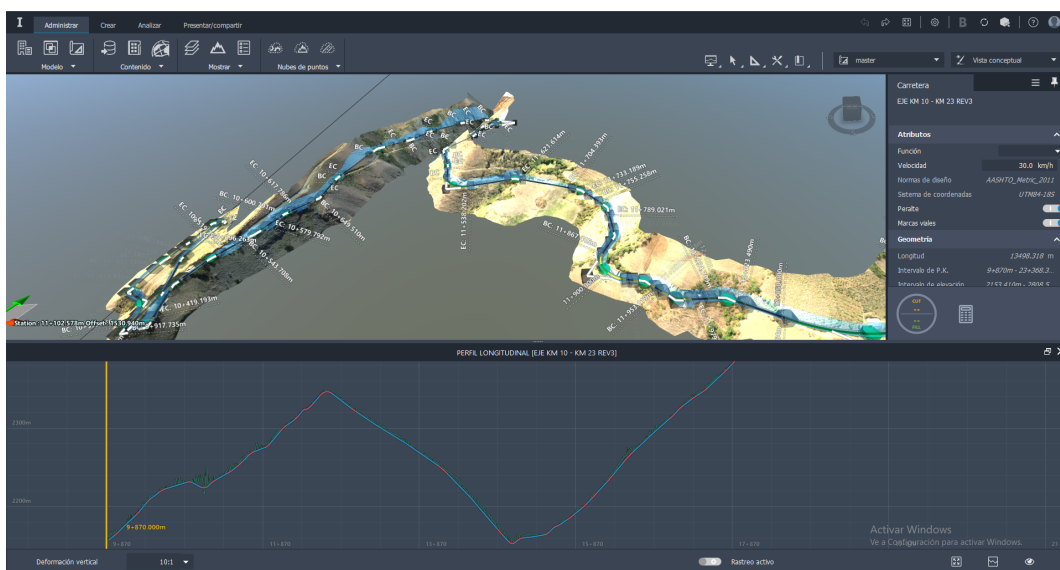
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.14: Análisis de visibilidad.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.15: Visualización del trazo final.



Fuente: Elaboración Propia

Después del análisis del diseño preliminar a través del software de InfraWorks se exporta en formato (.dwg) al software Autodesk civil 3D.

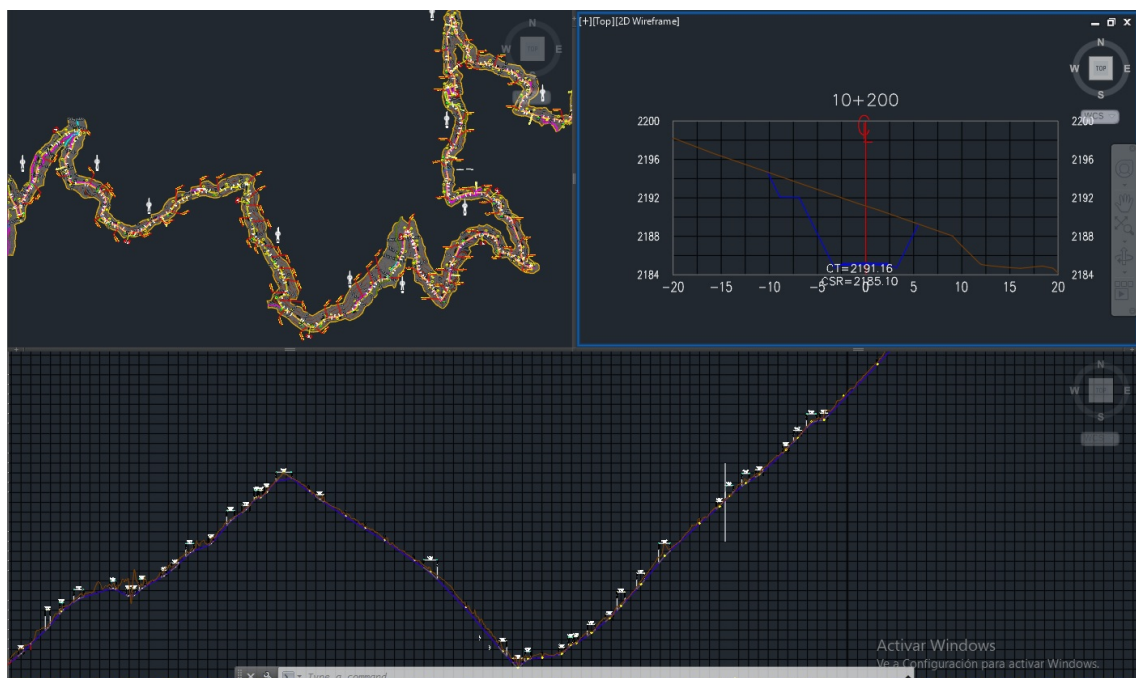
3.9.4.2 Modelado del Corredor en Civil 3D

En el software AutoCAD Civil 3D se hacen los trabajos de cálculo y diseño del proyecto, principalmente relacionada con el movimiento de tierras, topografía y documentación. La alineación horizontal-vertical definidas dentro del software InfraWorks, donde se

identificó el mejor trazado de la carretera; a continuación dentro del software Civil 3D se realiza el diseño final según las características funcionales de la vía indicadas en la Norma de Diseño Vial Vigente y las Limitaciones de los límites (DG-2018) y lo estipulado en el expediente técnico.

Los ensamblajes del tipo de sección transversales que especifica el expediente técnico se diseñaron con los subensamblaje que trae el software Civil 3D por defecto, las cuales se diseñaron de acuerdo al talud de corte y relleno en base al tipo de suelo identificado y de acuerdo a la característica que se quiera lograr dentro de cierto tramo del proyecto.

Figura 3.16: Modelado del proyecto dentro de Civil 3D.



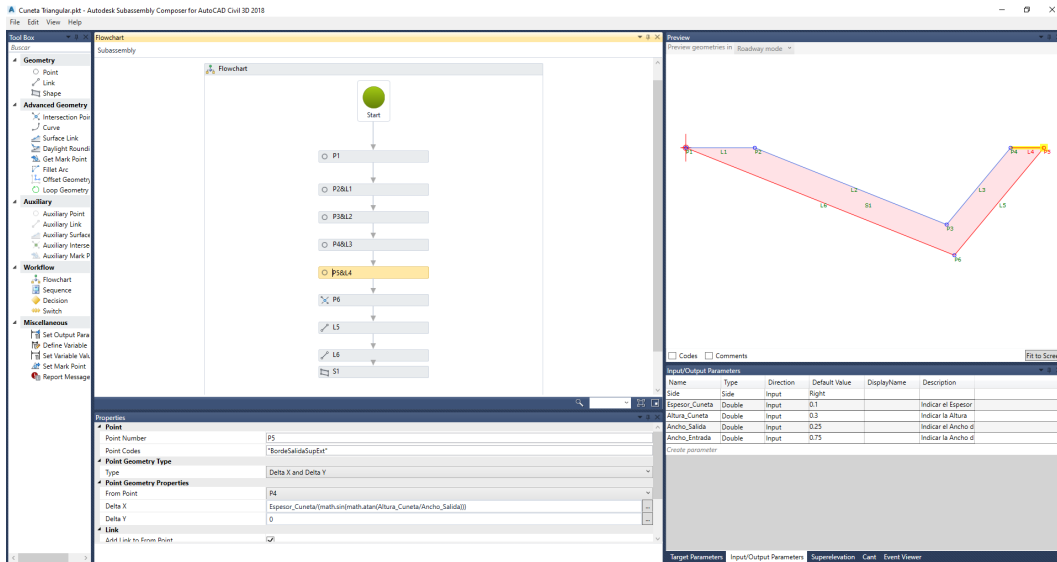
Fuente: Elaboración Propia

Dentro del proyecto se contempla la construcción de obras de arte lineales como son las cunetas triangulares de concreto y muros de contención y dentro de las obras de arte puntuales como las alcantarillas, badenes y puentes.

Una opción fue modelar correctamente un muro de contención y cunetas con el software Revit, utilizando la familia genérica de "masa métrica", que sigue la alineación de la carretera horizontal-vertical definiendo las secciones y posicionándolas a lo largo del camino y creando una extrusión sólida. Esta operación devuelve un resultado correcto como modelo del sólido, reproduciendo ambos en términos de geometría y la posibilidad de insertar el contenido de la información, pero no hay posibilidad de ser capaz de conectar paramétricamente el objeto al enlace vinculado de la sección de la carretera. Por tanto, una variación de las características geométricas del trazado de la vía supone la

modificación del elemento tramo a tramo, por tanto, la no versatilidad y adaptabilidad, para tener un modelado dinámico y parametrizado, de estructuras lineales como son los muros de sostenimiento y las cunetas se modelaron directamente en Civil 3D, con la aplicación de la Herramienta BIM Autodesk Subassembly Composer.

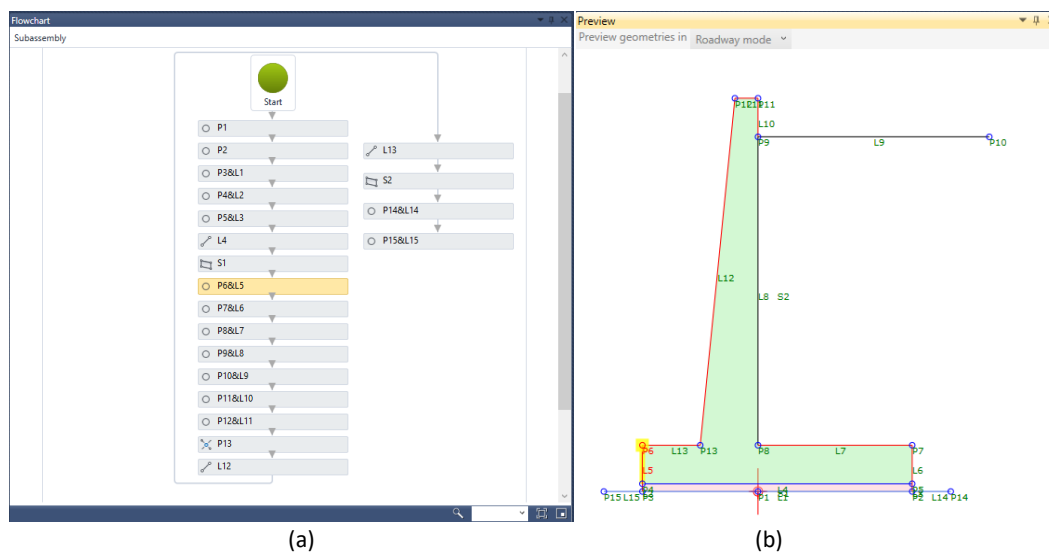
Figura 3.17: Subassembly Composer de una Cuneta Triangular.



Fuente: Elaboración Propia

Dentro del subensamblaje de muros de contención, el diagrama de flujo principal en donde la sección del muro cambia a medida que la distancia entre la superficie de fundación y la superficie del corredor varia.

Figura 3.18: Modelado de muros de contención con Subassembly Composer: (a) flujo de trabajo; (b) resultado.



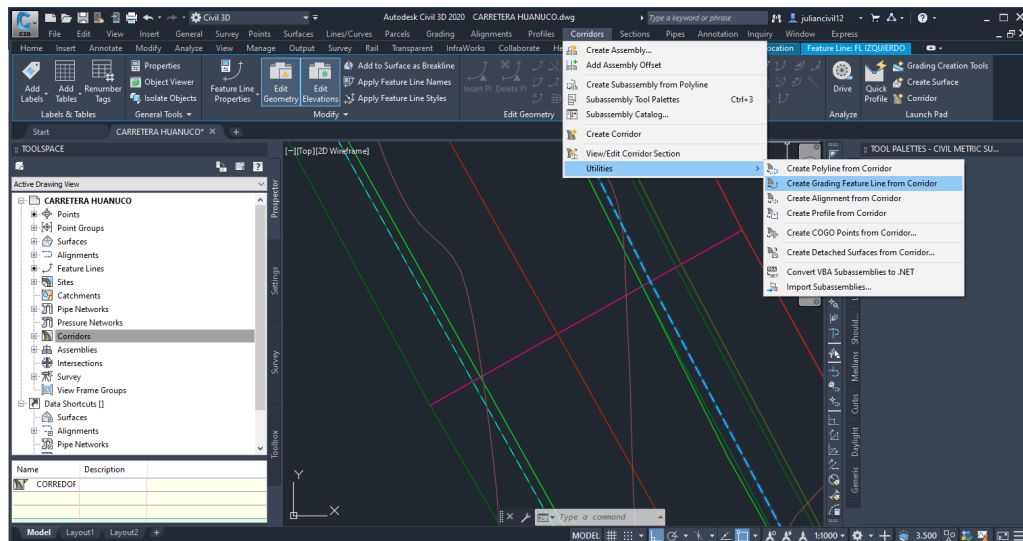
(a)

(b)

Fuente: Elaboración Propia

Para integrar los subsamblajes creados en el Autodesk Subassembly Composer, dentro de la sección de diseño, basta con extraer dentro del corredor el eje donde va acoplar el subsamblaje, a través de la línea característica “feature Line”.

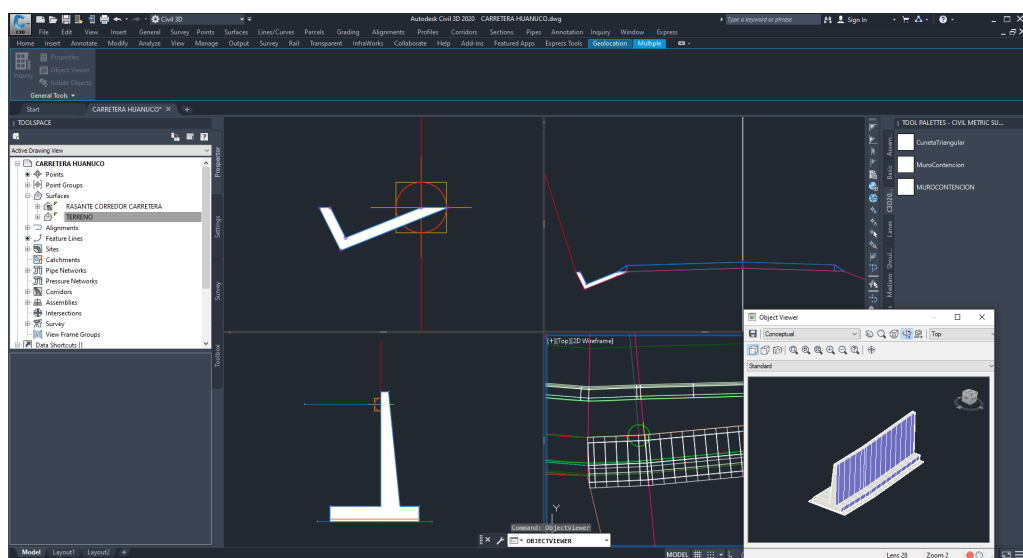
Figura 3.19: Extracción de la línea característica del corredor.



Fuente: Elaboración Propia

Una vez que se completó la creación de Feature Line, el objeto se cargó en el archivo Civil 3D, insertado en el tipo de ensamblaje y cargó el modelo 3D. Como se muestra en la Figura, el muro de contención y cuneta modelado, sigue el desarrollo de la alineación de la carretera, el caso del muro adaptando su forma en función de la altura.

Figura 3.20: Vista de objetos modelados con Subassembly Composer dentro de Civil 3D.



Fuente: Elaboración Propia

El modelar las obras de arte lineal como son las cunetas triangulares y muros de contención a través del subassembly composer resulta de gran utilidad para la cuantificación de metrados y para los procesos de construcción virtual que se realizo con el software Navisworks.

Sin embargo, sigue siendo difícil utilizar el objeto para insertar el refuerzo en Revit a medida que se lee solo como un enlace. Por lo tanto, para agregar este contenido de información, el usuario solo necesita conectar datos técnicos hojas al objeto que muestra la lista de armaduras en Civil, o remodelar el objeto en Revit siempre y cuando se tenga el trazo definido en la que esta no sufrirá ningún cambio.

Diseñado las estructuras lineales, se empezará a modelar las estructuras puntuales como son: las alcantarillas, puente y badenes dentro del software Revit, ya que estas solo se posicionan en una determinada ubicación de la vía, las mismas que serán exportados a Civil 3D como solidos para su ubicación y cuantificación de metrados de excavación y relleno.

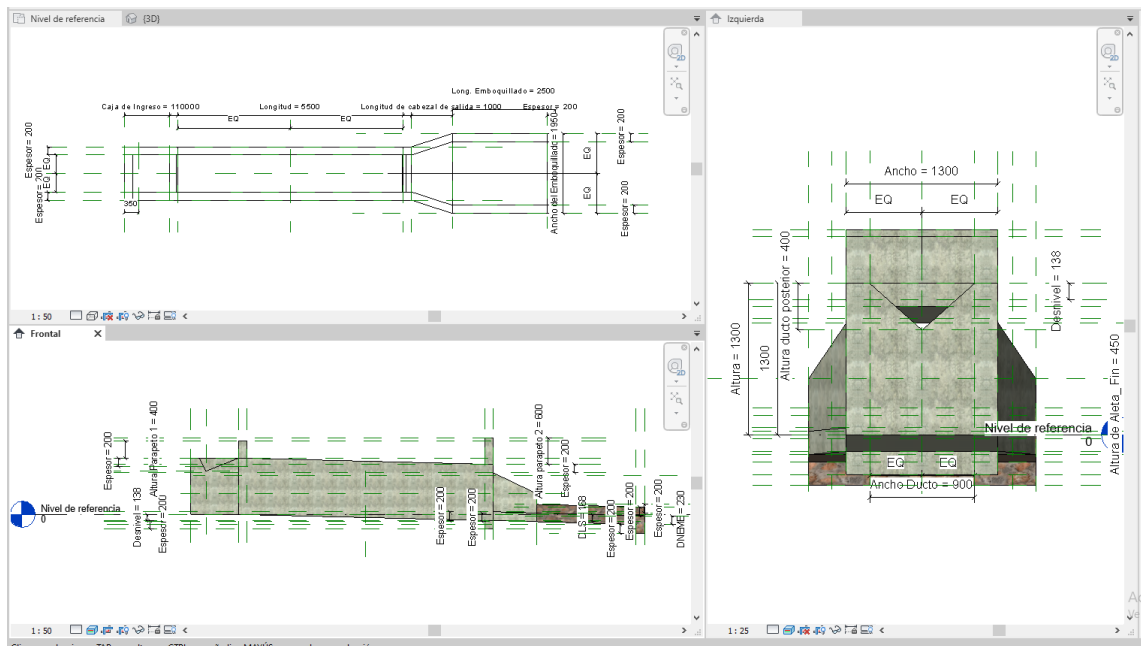
3.9.4.3 Aplicando Revit.

El Software Revit como tal es creado y desarrollado para las construcciones verticales, en el proyecto de investigación se pretende la aplicación en una construcción horizontal donde se va usar varias estaciones y curvas de alineación como referencia, cosa que no sucede en una construcción vertical que usa sistema de coordenadas cartesiano como una sola referencia.

En el presente trabajo de investigación se hace el modelado de las estructuras de obras de arte. Para lo cual como criterio más importante se debe tener en cuenta en qué nivel de detalle se desea trabajar lo que en BIM se define como LOD y que nivel de información va tener el modelo que se le conoce como LOI, este criterio influirá significativamente en los procesos y alcances que el diseñador quiera lograr durante los procesos de 3D, 4D Y 5D que se quiera lograr en las fases de diseño y construcción.

Dentro del software Revit se pueden trabajar las estructuras puntuales que se construirán a lo largo del proyecto, para estructuras que se repiten a lo largo, lo más recomendable es trabajar con modelos paramétricos, donde se establecen los parámetros que necesita definir las propiedades de la familia que permitirá definir un parámetro en función de determinadas variables.

Figura 3.21: Modelo paramétrico de Alcantarilla tipo Marco.

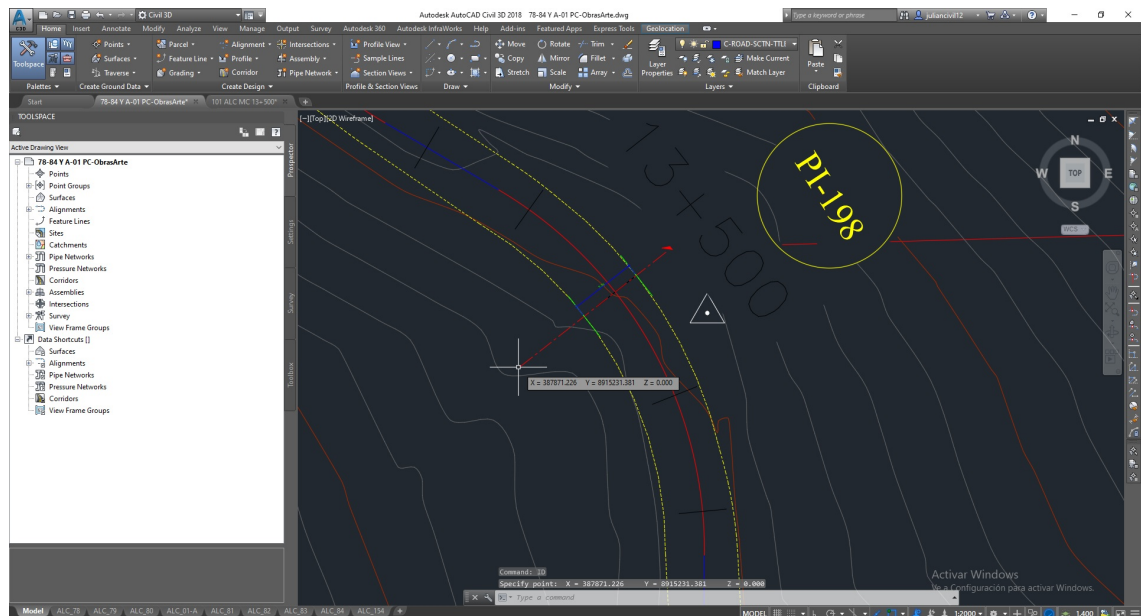


Fuente: Elaboración Propia

Proceso de trabajo REVIT Y CIVIL 3D.

1. Analizar el archivo de base CAD a importar en Revit, como son los ejes y coordenadas (X, Y, Z).

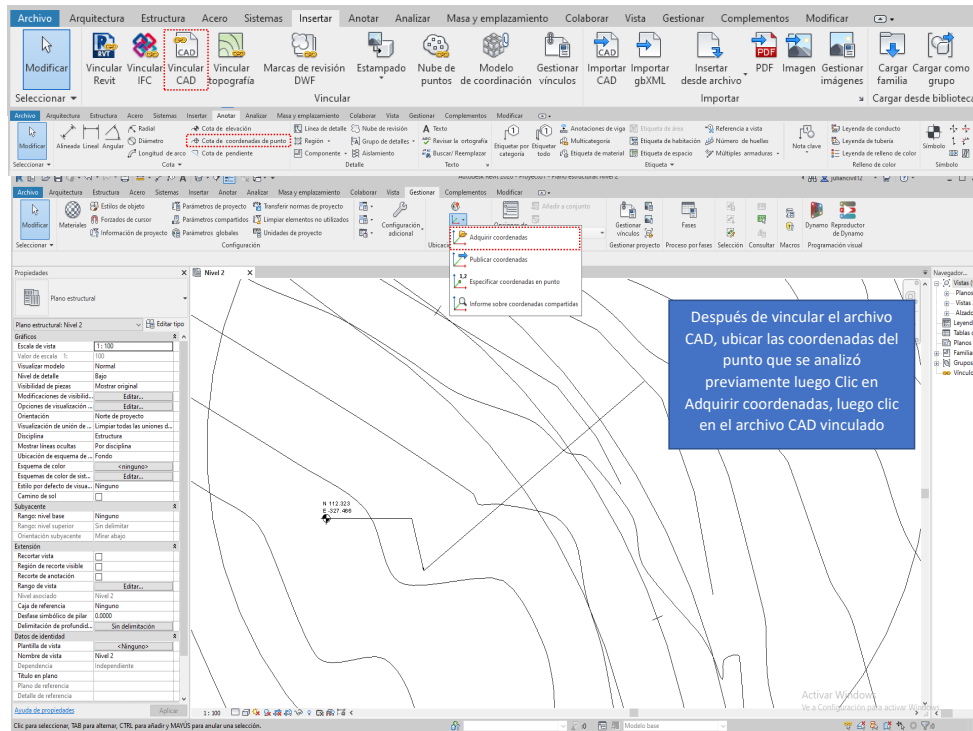
Figura 3.22: Georreferenciación de la obra puntual.



Fuente: Elaboración Propia

2. Captura de coordenadas geográficas en Revit.

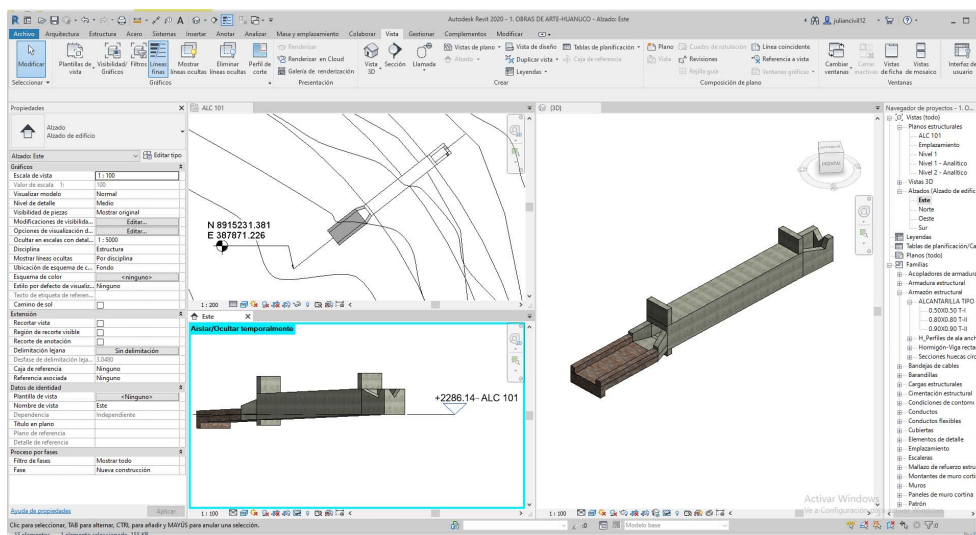
Figura 3.23: Proceso de georreferenciación entre CAD y Revit



Fuente: Elaboración Propia

3. Inserción de estructuras de obras de arte.

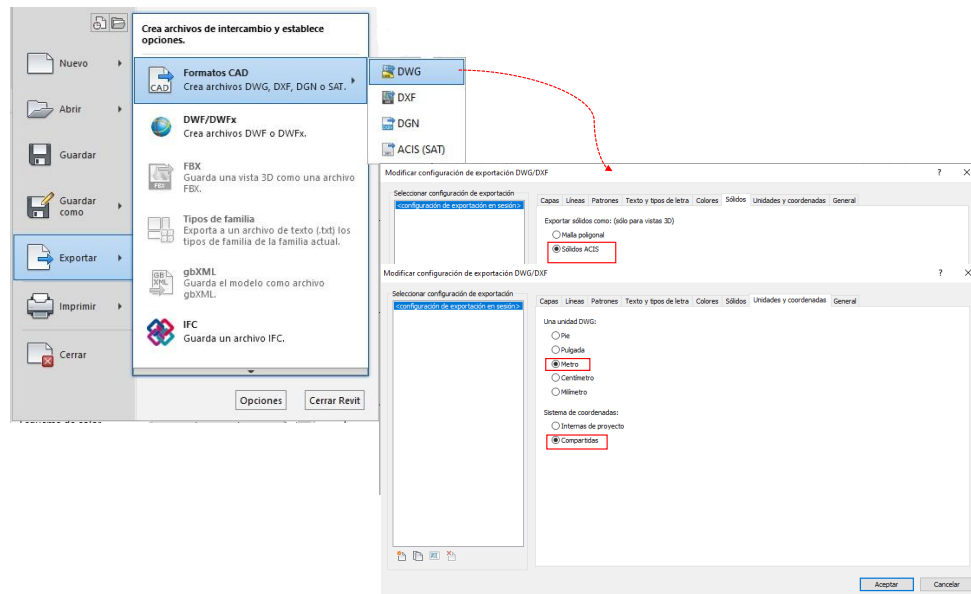
Figura 3.24: Ubicación de la estructura en las coordenadas y elevación adecuada.



Fuente: Elaboración Propia

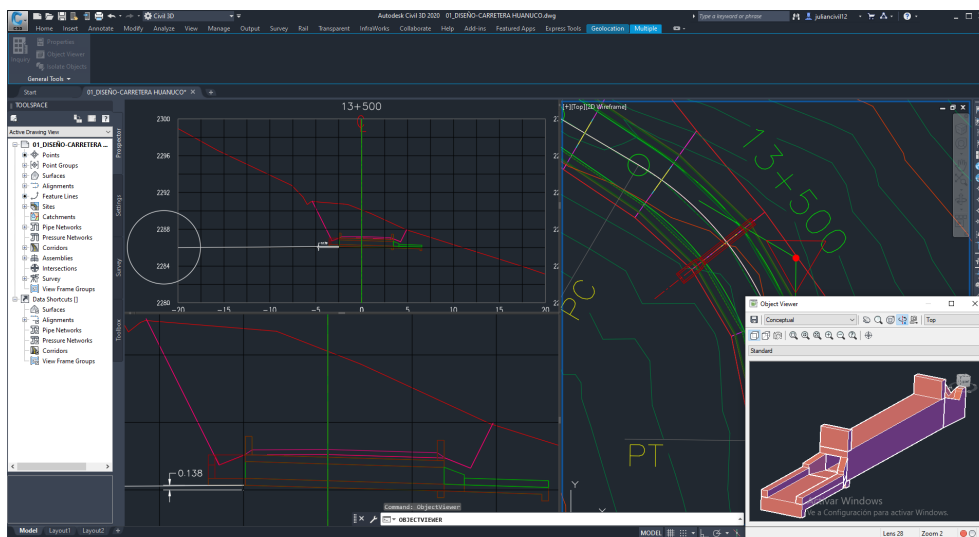
4. Exportación a Civil 3D, verificando las unidades, extrayendo los objetos como solidos con coordenadas compartidas.

Figura 3.25: Proceso de exportación para Civil 3D.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.26: Visualización de estructura puntual en el software Civil 3D a través del uso de coordenadas compartidas.



Fuente: Elaboración Propia

Beneficios de modelar las estructuras de obras de arte en Revit.

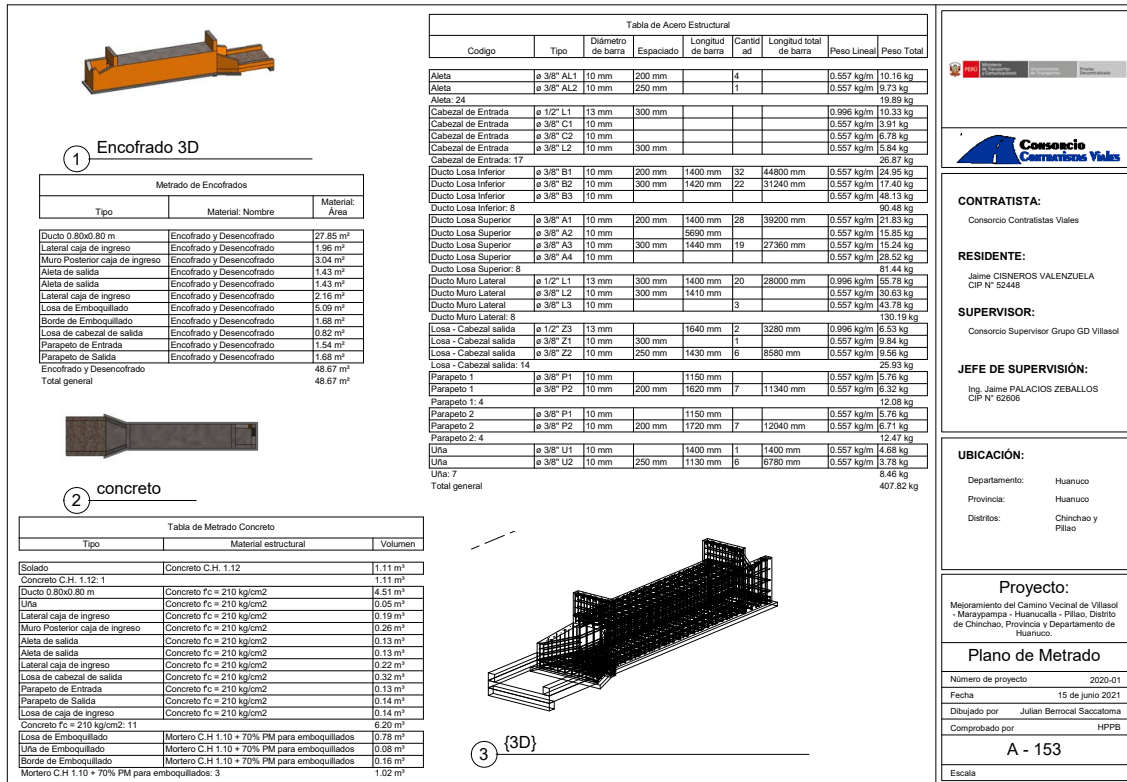
- Las estructuras están bien Georreferenciados (X, Y, Z).
- Modelado con diferentes niveles de desarrollo.
- Generación de cómputos.

- Generación de Documentos.
- Exportación como solidos 3D.
- Modelo 3D para análisis.

De las estructuras puntuales se puede tener y obtener en el software Revit.

- Planos técnicos
- Detalle de armadura
- Control de obra
- Volúmenes de materiales.

Figura 3.27: Plano de metrados en obras puntuales.



Fuente: Elaboración Propia

Este proceso de trabajo permite durante la construcción tener la documentación e información actualizado de lo que realmente se esta ejecutando en cuanto a las obras de arte, previniendo así incompatibilidades y metrados que no corresponden logrando así tener costos reales las mismas que son cuantificadas para el proceso de valorización de avance de obra.

3.9.4.4 Aplicando Navisworks

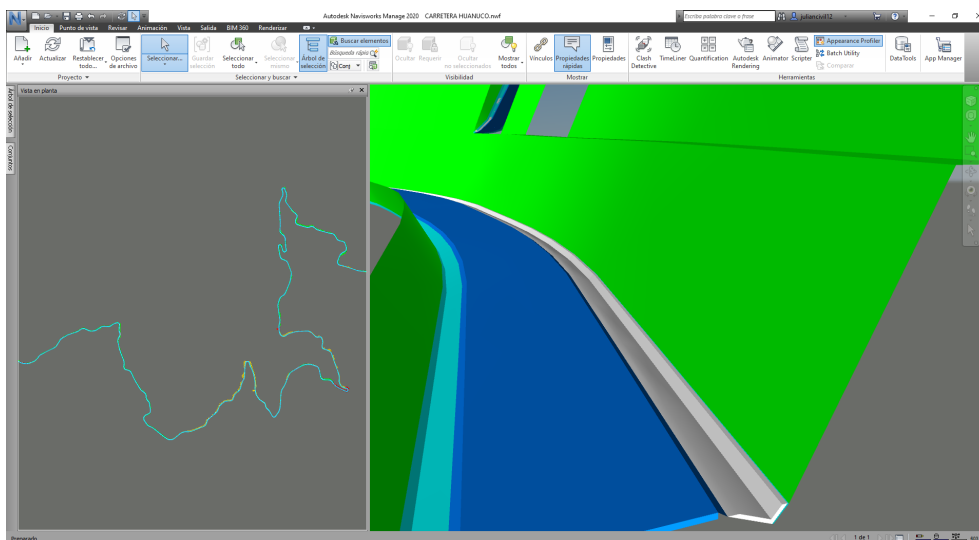
En esta etapa de la investigación será la integración global de los modelos realizados, para los seguimientos de gestión y la simulación del tiempo (planificación) de la obra en un entorno 4D, entre otros.

Dentro del software Navisworks se pueden obtener los siguientes formatos de archivo (.nwc), (.nwf) y (.nwd). la primera es un archivo que contiene la versión cache de los modelos abiertos dentro de Navisworks y las modificaciones de este formato se guardan bajo el formato (.nwf) que depende del archivo de origen para poder ser visualizado, estos dos archivos pueden combinarse en un archivo único que sería el (.nwd) archivo que almacena todos los datos. Navisworks tiene tres versiones: Freedom (software gratuito para visualización y compartir), Simulate y Manage (acceder al modelo, ver las propiedades, datos, vistas, etc.), la diferencia de estas últimas versiones es que el simulate no contiene el detector de conflictos. La presente investigación se hará uso de la versión de Navisworks Manage.

La integración se hará de la siguiente manera:

Paso 1: Se extrae el corredor y las obras de arte lineales como sólidos, las cuales están delimitadas mediante regiones de acuerdo al tipo de suelo predominante, desde el software Autodesk Civil 3D.

Figura 3.28: Vista del proyecto dentro de Navisworks.



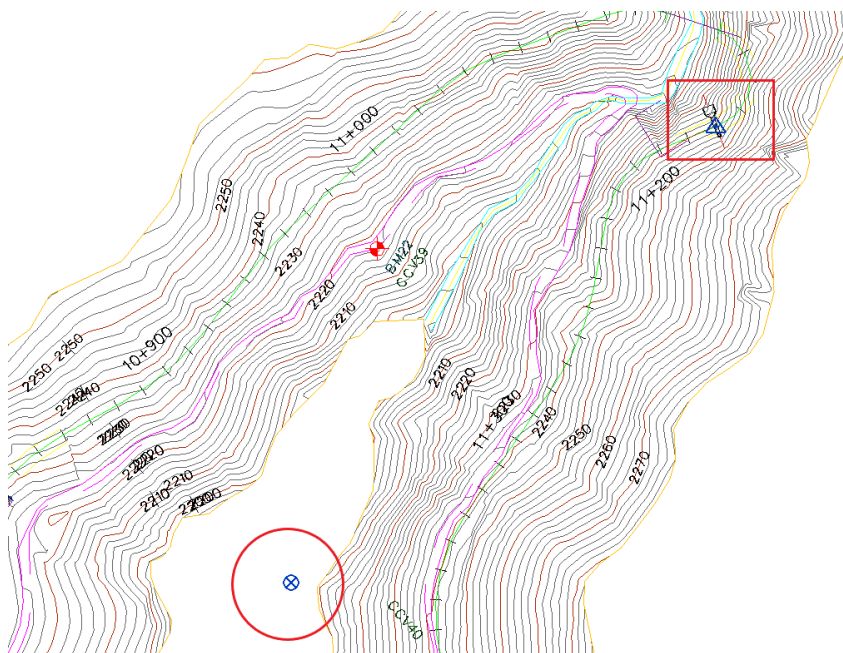
Fuente: Elaboración Propia

Paso 2: Las obras de arte trabajadas en el software Revit se exportan como un archivo de extensión (.nwc) los cuales contienen la geometría extraída y la información

trabajada de Revit los cuales serán exportados en la misma carpeta con su mismo nombre y sobrescribirlo cada vez que se exporte para que la actualización de los cambios sea más dinámica, para lo cual se debe preparar el modelo de la siguiente manera.

- Crear una vista específica para la exportación.
- Controlar la visibilidad.
- Conviene crear una plantilla de vista.
- Verificar que estén bien las coordenadas compartidas; En nuestro proyecto vial se tiene las obras de arte estarán ubicados en distintos puntos, por ello es necesario georreferenciar adecuadamente para lo cual el programa Revit existe dos opciones denominadas Punto base del proyecto y Punto de Reconocimiento.

Figura 3.29: Georreferenciación dentro de Revit.



Fuente: Elaboración Propia

Punto base del proyecto: Punto base del proyecto: Es el punto (0,0,0), especificado del sistema de coordenadas del proyecto, este punto se puede mover para usarlo y colocar elementos de diseño. La posición de coordenadas del punto y altura que indica el sistema de coordenadas del proyecto se muestran con respecto a ese punto. Está simbolizado por un círculo con X.

Paso 3: Se carga el archivo Ms Project extensión (.mpp), para lo cual es necesario realizar la siguiente secuencia.

- Creación de las columnas dentro del software Ms Project, muy importante la creación de la columna “texto 1” contenida con la palabra “Construcción” el cual facilitará la vinculación de las tareas.

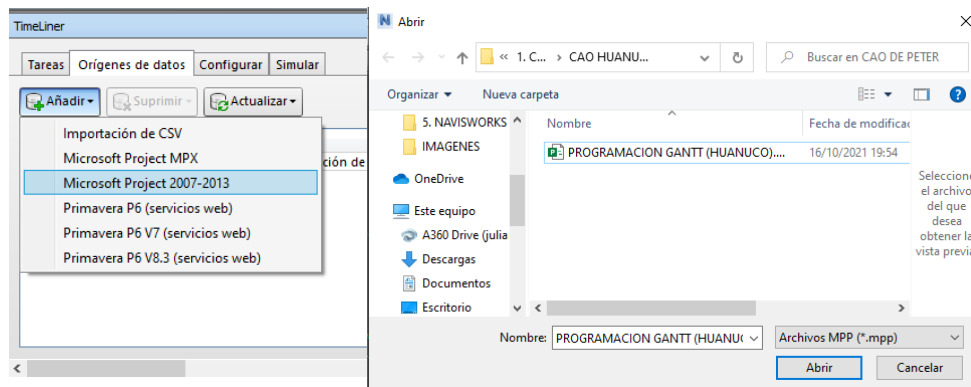
Figura 3.33: Creación de columna de datos en Ms Project.

Modo de	Nombre de tarea	Duración	Fin	Costo	Texto1	Texto2	Texto3	Texto4	Texto5
	Mejoramiento del Camino Vecinal Villasol - Maraypampa - Huan	360 días	sáb 19/06/21	15,652,509.39	Construcción	Mano de obra	Material	equipos	subcontrata
	INICIO DE OBRA	0 días	jue 25/06/20	0.00	Construcción				
	TRABAJOS PRELIMINARES	350 días	mié 09/06/21	257,406.28	Construcción	18,164.47	236,410.30	2,831.41	
	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	30 días	vie 24/07/20	165,035.58	Construcción		165,035.58		
	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	350 días	mié 09/06/21	25,994.68	Construcción	18,164.47	4,998.70	2,831.41	
	CAMPAMENTO DE OBRA	15 días	sáb 11/07/20	46,890.00	Construcción		46,890.00		
	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	340 días	mié 09/06/21	19,486.02	Construcción		19,486.02		
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	325 días	dom 30/05/21	6,159,390.92	Construcción	1,794,518.64	1,735,280.49	2,836,617.90	
	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	315 días	jue 20/05/21	3,014,008.55	Construcción	673,219.78	757,112.93	1,583,943.42	
	EXCAVACION EN ROCA FRACTURADA	310 días	dom 30/05/21	619,843.65	Construcción	227,656.76	203,030.79	262,497.27	
	EXCAVACION EN ROCA FUA	250 días	dom 30/05/21	1,240,776.90	Construcción	531,681.28	383,286.75	456,341.48	
	TERRAPIES CON MATERIAL PROPIO	60 días	mar 20/04/21	30,301.38	Construcción	5,506.00	5,181.93	9,610.47	

Fuente: Elaboración Propia

- Cargar el archivo desde “orígenes de datos” del “TimeLiner”

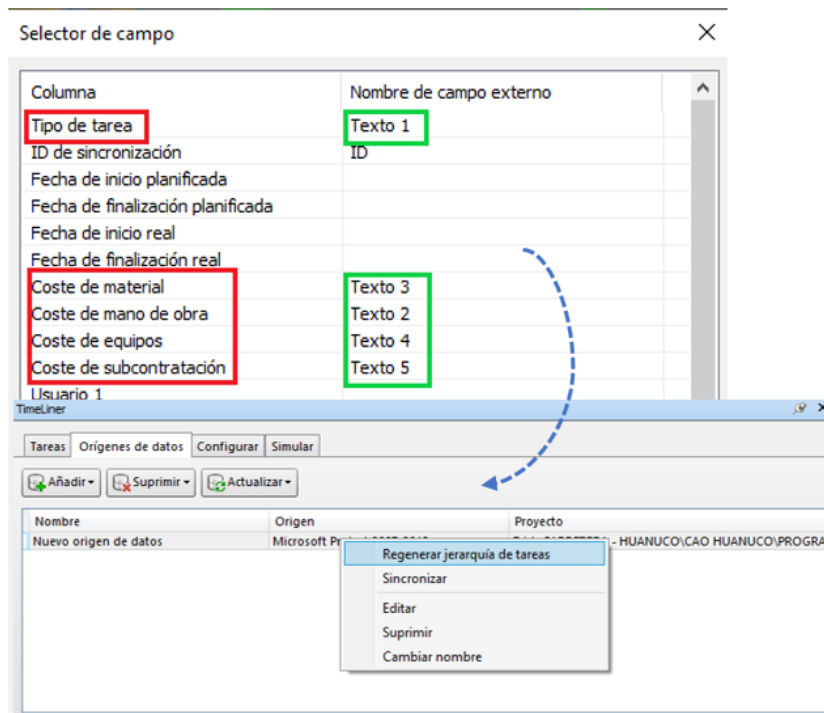
Figura 3.34: Vinculación del diagrama Gantt a Navisworks.



Fuente: Elaboración Propia

- Selección de campos de acuerdo a la creación de las columnas creados en el software Ms Project. Y su posterior actualización a través de la opción “Regenerar jerarquía de tareas”, en los siguientes procesos de cambio realizado en Ms Project solo será necesario sincronizar ya que los campos ya están identificados.

Figura 3.35: Vinculación de campo de las columnas del TimeLiner y Ms Project.



Fuente: Elaboración Propia

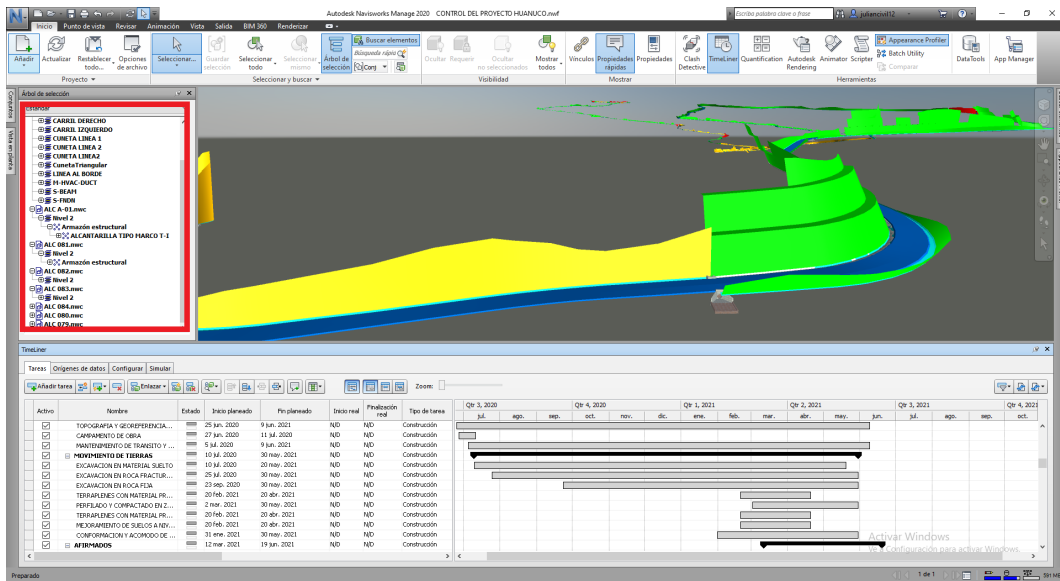
Figura 3.36: Datos del Ms Project cargado en el TimeLiner.

Activo	Nombre	Estado	Inc...	FI...	Tipo de tarea	Enlazado	Coste de material	Coste de mano de obra	Coste de equipos	Coste de subcontratación	Coste total
<input checked="" type="checkbox"/>	Nuevo origen de datos (base)		N/D	N			6,214,945.61	3,806,557.31	5,943,203.75	560,914.60	16,525,621.27
<input checked="" type="checkbox"/>	Mejoramiento del Camino Vecin...		N/D	N	Construcción		6,214,945.61	3,806,557.31	5,943,203.75	560,914.60	16,525,621.27
<input checked="" type="checkbox"/>	INICIO DE OBRA		N/D	N	Construcción						
<input checked="" type="checkbox"/>	TRABAJOS PRELIMINARES		N/D	N	Construcción		236,410.30	18,164.47	2,831.41		257,406.18
<input checked="" type="checkbox"/>	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACI...		N/D	N	Construcción		165,035.58				165,035.58
<input checked="" type="checkbox"/>	TOPOGRAFÍA Y GEORREFERENCIA...		N/D	N	Construcción		4,998.70	18,164.47	2,831.41		25,994.58
<input checked="" type="checkbox"/>	CAMPAMENTO DE OBRA		N/D	N	Construcción		46,890.00				46,890.00
<input checked="" type="checkbox"/>	MANUTENIMIENTO DE TRANSITO Y ...		N/D	N	Construcción		19,486.02				19,486.02
<input checked="" type="checkbox"/>	MOVIMIENTO DE TIERRAS		N/D	N	Construcción		1,735,280.49	1,794,518.64	2,836,617.90		6,366,417.03
<input checked="" type="checkbox"/>	EXCAVACION DE MATERIAL SUETO		N/D	N	Construcción	Subcontratado	787,112.02	672,212.78	1,600,000.00		3,059,324.80

Fuente: Elaboración Propia

Paso 4: Se procederá a enlazar los diferentes modelos cargados en el software Navisworks de acuerdo a los ítems, con el fin de visualizarlo en proceso constructivo, así planificar el tiempo de construcción y los montos que se incurrirá en la construcción de las partidas analizadas.

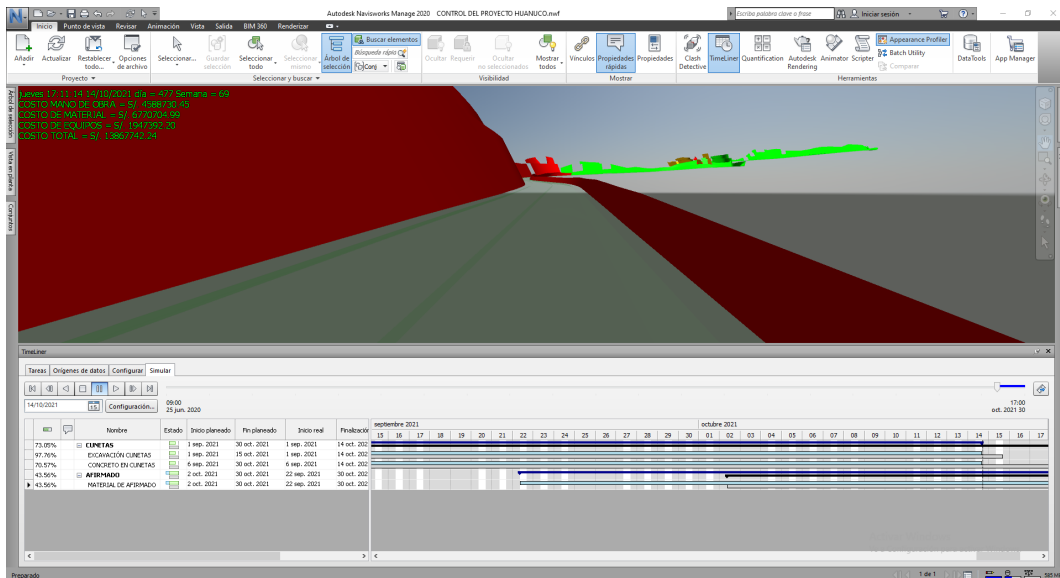
Figura 3.37: Enlazado de tareas y simulación Constructiva.



Fuente: Elaboración Propia

Una vez cargado los modelos y vinculados con las tareas se puede visualizar el proceso constructivo de la vía y ver los costos y tiempo de ejecución de acuerdo al avance del proceso constructivo.

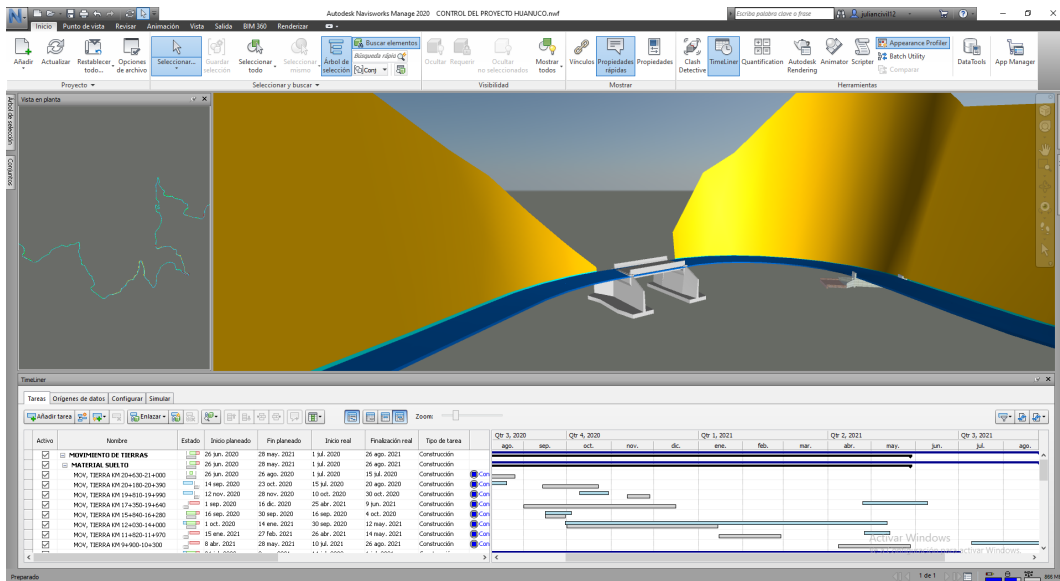
Figura 3.38: Simulación del Proceso Constructivo.



Fuente: Elaboración Propia

A medida que avanza la ejecución del proyecto el modelador puede hacer seguimiento de su proyecto a través de las opciones de fecha de inicio y fin real y no caer en retrasos de ejecución del proyecto y reprogramar a fin de cumplir sus metas dentro de lo programado.

Figura 3.39: Comparación entre avance programado y real.



Fuente: Elaboración Propia

Dentro de las características y funciones más relevantes de este software de Navisworks se detallan a continuación:

- Permite la interoperabilidad con Revit, Civil 3D, Infraworks y Recap.
- El lector de los archivos IFC entre Revit y Navisworks esta más desarrollado.
- Se pueden realizar capturas de vista seleccionada, como puntos de vista estratégico para la visualización.
- Permite englobar todos los modelos realizados en un entorno común.
- Se pueden configurar los diferentes modelos con colores personalizados y ver la simulación constructiva de acuerdo a lo asignado.

“Debo reconocer que un hombre que concluye que un argumento no tiene realidad, porque se le ha escapado a su investigación, es culpable de imperdonable arrogancia.”

— David Hume

Capítulo

IV

Resultados

4.1 Contrastación de hipótesis

4.1.1 Hipótesis planteada

La aplicación de la metodología BIM mejora mediante la visualización y flujo de información el diseño geométrico y construcción de la carretera de Villasol a Pillao – Huánuco 2021.

4.1.1.1 Verificación de la hipótesis

Según la variable independiente que es la metodología BIM aplicado al proyecto vial; el análisis a realizar fue verificar la compatibilidad del trazo de la vía y las estructuras que lo conforman del expediente técnico, en las fases de diseño y construcción, a través de la aplicación de los softwares obteniéndose así modelos BIM para calcular los metrados.

El sustento para hacer el análisis se traduce en la obtención de metrados reales que sustentan el tiempo de ejecución real la misma que esta directamente relacionado con el costo.

Para la contrastación de la hipótesis se tomará en cuenta las partidas mas incidentes como son el movimiento de tierras y obras de arte, ya que son las partidas que conforman la ruta crítica del proyecto vial, en análisis y las que mas sufrieron cambios en los metrados.

Tabla 4.1: Metrado Expediente y aplicado el BIM.

N°	DESCRIPCION	Unid.	Expediente	Metrado BIM		
			Metrado	Metrado Real Total	Menor Metrado	Mayor Metrado
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
02.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	751,623.08	432,589.07	319,034.01	
02.02	EXCAVACION EN ROCA FRACTURADA	m3	46,153.66	61,099.17		14,945.51
02.03	EXCAVACION EN ROCA FIJA	m3	52,664.55	75,802.05		23,137.50
02.04	TERRAPLENES CON MATERIAL PROPIO	m3	3,866.93	7,550.87		3,683.94
02.06	TERRAPLENES CON MATERIAL PROPIO TRANSPORTADO	m3	36.19	110.78		74.59
02.08	CONFORMACION Y ACOMODO DE DME	m3	682,092.91	452,147.60	229,945.31	
07	ALCANTARILLAS					
07.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	4,310.26	8,861.75		4,551.49
07.02	RELLENO PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL PROPIO	m3	678.31	2,247.17		1,568.86
07.03	SOLIDOS DE CONCRETO C:H 1:12	m2	215.22	181.83	33.39	
07.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	6,636.15	7,255.99		619.84
07.05	CONCRETO f'c=210 kg/cm2.	m3	862.22	1,123.29		261.07
07.06	ACERO DE REFUERZO	kg	45,460.48	63,986.26		18,525.78
07.07	MORTERO C:H 1:10 + 70% PM PARA EMBOQUILLADOS..	m3	173.34	246.16		72.82
07.08	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 + 30% DE PIEDRA GRANDE	m3	70.43	0.00	70.43	
07.09	ALCANTARILLA TMC 36"	m	137.43	170.30		32.87
08	MURO DE CONCRETO CICLOPEO					
08.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	1,246.68	890.63	356.05	
08.02	RELLENO PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL PROPIO	m3	787.50	562.50	225.00	
08.03	SOLIDOS DE CONCRETO PROP. C:H 1:12	m2	44.63	31.88	12.75	
08.04	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 + 30% DE PIEDRA GRANDE.	m3	742.00	530.00	212.00	
08.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	1,406.08	1,005.24	400.84	
08.06	JUNTA DE CONSTRUCCION CON TECNOPORT DE 1"	m	44.40	31.45	12.95	
08.07	LLORADEROS CON TUBERIA PVC SAP 2"	m	210.00	150.00	60.00	
09	MURO DE CONCRETO ARMADO					
09.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	1,783.22	1,375.70	407.52	
09.02	RELLENO PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL PROPIO	m3	1,314.60	1,214.52	100.08	
09.03	SOLIDOS DE CONCRETO PROP. C:H 1:12	m2	53.14	40.20	12.94	
09.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	1,372.38	959.30	413.08	
09.05	CONCRETO f'c=210 kg/cm2	m3	590.99	336.55	254.44	
09.06	ACERO DE REFUERZO	kg	36,799.65	29,352.35	7,447.30	
09.07	JUNTA DE CONSTRUCCION CON TECNOPORT DE 1"	m	136.14	68.50	67.64	
09.08	LLORADEROS CON TUBERIA PVC SAP 2"	m	217.60	105.00	112.60	
12	TRANSPORTE					
12.05	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D <= 1 Km	m3k	506,064.38	365,151.83	140,912.54	
12.06	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D > 1 Km	m3k	461,507.18	260,327.50	201,179.68	

Fuente: Elaboración Propia

Se plantean la siguientes Hipótesis para el análisis:

Ho: La metodología BIM aplicado en el proyecto vial muestra una diferencia significativa en los metrados que la metodología tradicional del expediente técnico.

H1: La metodología BIM aplicado en el proyecto vial no muestra una diferencia significativa en los metrados que la metodología tradicional del expediente técnico.

Donde:

Ho: Hipótesis nula

H1: Hipótesis alternativa

Consideración:

De las variables cuantitativas se requiere comparar las medias de las dos muestras para ello se hará el análisis a través de la prueba de T student para la contrastación.

Alcances:

- Nivel de confianza del 95 %
- Un 5 % de significancia.

Tabla 4.2: Estadísticas de grupo.

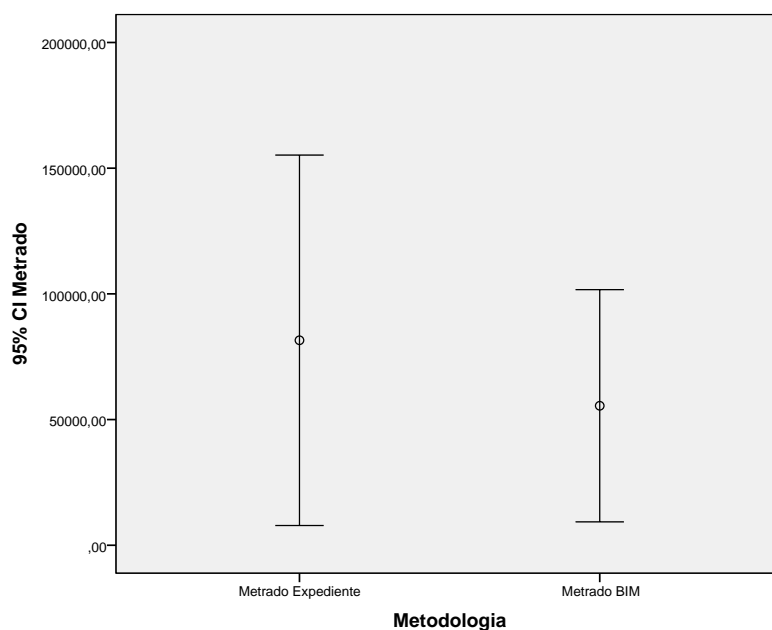
Metodología		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Metrado	Metrado Expediente	32	81540,6791	204381,7751	36129,93479
	Metrado BIM	32	55484,5450	128112,8859	22647,37260

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.3: Prueba de muestras independientes.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Metrado	Se asumen varianzas iguales	2,096	,153	,611	62	,543	26056,13406	42641,24381	-59182,49776	111294,7659
	No se asumen varianzas iguales			,611	52,103	,544	26056,13406	42641,24381	-59505,75846	111618,0266

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.4: Análisis a través de barras de error.

Fuente: Elaboración Propia

Resultados:

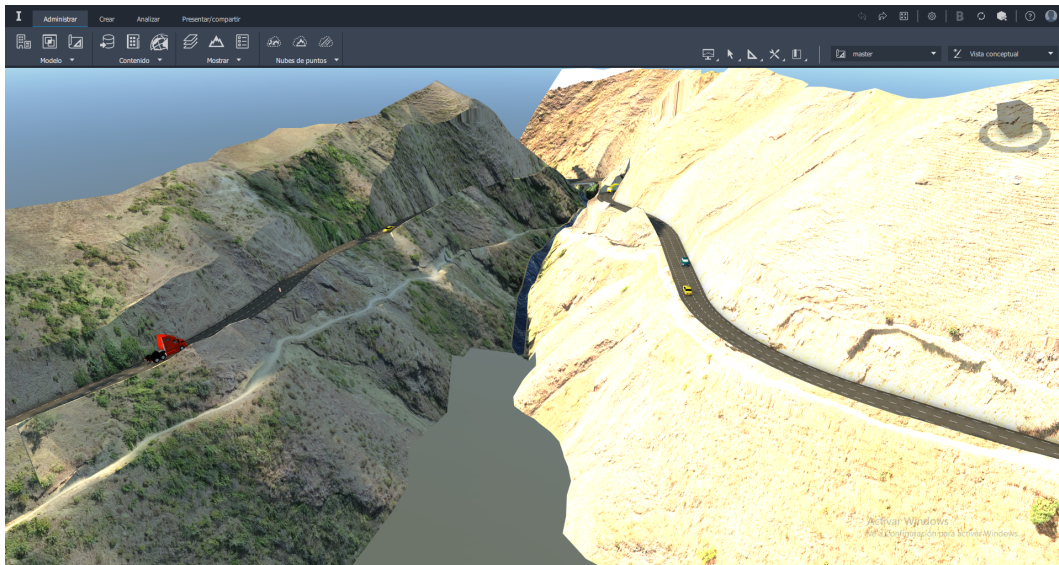
Del análisis se tiene una significancia (bilateral) =0.544 es mayor al nivel de significancia 0.05, se acepta la hipótesis nula.

Ho: La metodología BIM aplicado en el proyecto vial muestra una diferencia significativa en los metrados que la metodología tradicional del expediente técnico, quedando contrastado la hipótesis general.

4.1.2 Hipótesis específico 1

El entorno realista de la superficie de trabajo que muestra el InfraWorks, da al diseñador identificar en sus procesos iniciales las incompatibilidades e interferencias que se mencionó en el capítulo III, gracias a la integración de los modelos trabajados bajo el enfoque BIM se puso en evidencia la concepción de diseño inicial que presenta la documentación del expediente técnico.

Figura 4.1: Vista realista del Proyecto 3D.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.2: Modelado final del Proyecto y simulación de tráfico.



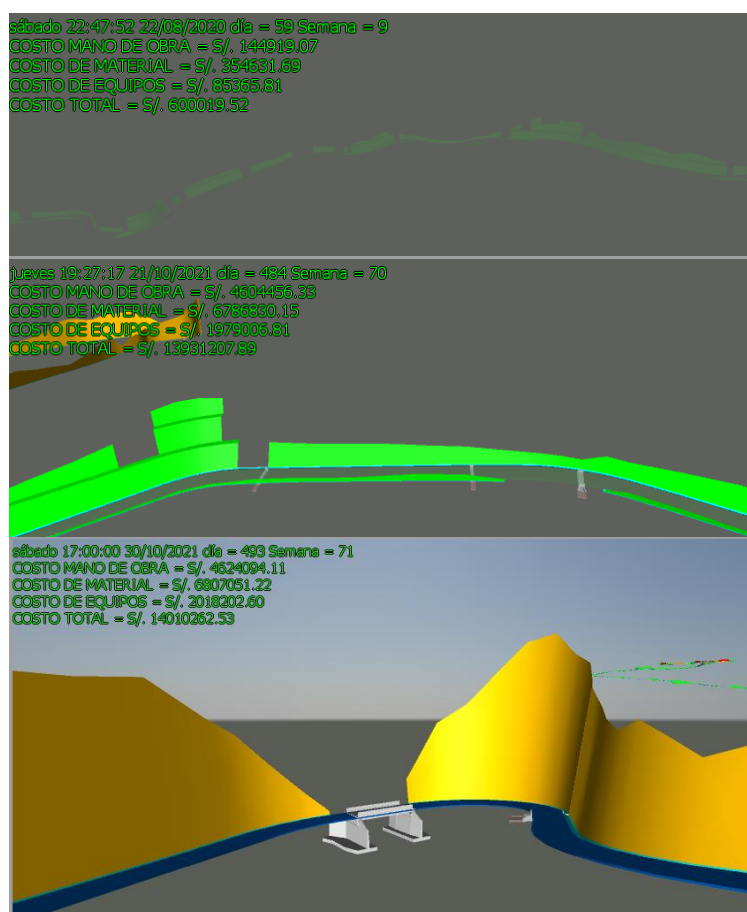
Fuente: Elaboración Propia

El modelado inicial del proyecto, para compatibilizar el trazo del expediente técnico con InfraWorks supone un ahorro de tiempo considerable, pues el software reconoce de manera automática los elementos iniciales del trazo de vía exportado de Civil 3D y en su creación son fáciles de generar. Además, se puede interoperar estructuras modeladas en Revit. Lográndose así tener el modelado virtual en un espacio común, donde se pueda hacer su simulación y pruebas de normativa.

4.1.3 Hipótesis específico 2

Con la integración del cronograma dentro de la aplicación del software Navisworks, las entidades del modelo BIM pueden enlazarse con las tareas de planificación y visualizando la secuencia de las tareas logrando así tener un mejor control de las actividades calendarizadas y comprender con anticipación los requerimientos que se utilizara en cada periodo de ejecución, además al realizar la simulación del proceso constructivo, con lo cual se puede estimar y determinar el tiempo de ejecución real ofreciendo además las opciones del Inicio y fin Planeado, así como Inicio y fin real.

Figura 4.3: Simulación del proceso Constructivo.



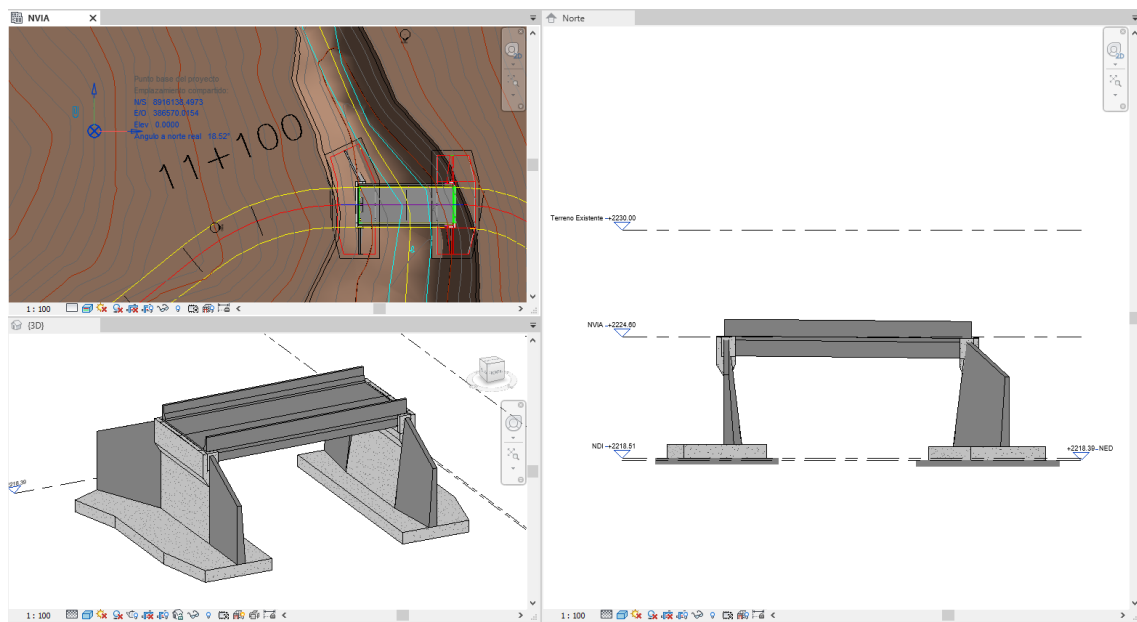
Fuente: Elaboración Propia

El proceso trabajado adecuadamente del modelamiento virtual de la vía y todos sus componentes, bajo la aplicación de la metodología BIM propuesto, da como resultado en esta presente investigación, una reducción del costo en 14.23 % del monto presupuestado del proyecto.

4.1.4 Hipótesis específico 3

Modelar las construcciones de obras de arte en el software adecuado y con el nivel de información que requiera, nos facilita la cuantificación de materiales y costo de la estructura, vinculación dinámica para su seguimiento, georreferenciación adecuada y entrega de su documentación a detalle, y cualquier cambio que se pueda originar durante la construcción basta con modificar sus propiedades y el cambio se da en todas las opciones que se trabajó.

Figura 4.4: Ubicación y modelado de la estructura puntual en Revit.



Fuente: Elaboración Propia

4.2 Análisis e interpretación

Actualmente, el nivel de madurez BIM dentro del campo de infraestructura vial corresponde a un nivel intermedio, porque la interoperabilidad aún no está libre de errores y no todos los datos se exportan cuando se usa los estándar formatos de archivo.

La presente investigación desarrolla la metodología BIM bajo la aplicación de los diferentes softwares según al nivel de detalle e información que se quiera lograr durante la fase de diseño consiguiendo así su uso en el proyecto a través de generación de entregables, de modelos con información y detalle contenidas, siendo posible la visualización, gestión y planificación en un entorno común gracias a la interoperabilidad; los cuales durante la construcción pueden ser modificables y actualizables constantemente, logrando al final un entregable de datos de la construcción como tal se ha construido lo que en BIM se denomina As Built (tal como se ha construido).

Sobre la interoperabilidad de los softwares de InfraWorks y Civil 3D, se puede trabajar la alineación horizontal y vertical con mucha facilidad ya que el software de InfraWorks puede obtener experiencia fotorrealistas e inmersivas de los diseños, mejorando la comprensión del impacto del proyecto, dando al diseñador una perspectiva real de la superficie donde se hará el trazo adecuado de la vía, identificando incompatibilidad e interferencias tempranas, luego finalizar el diseño de la vía bajo los parámetros de la normativa y su documentación respectiva en el software de Civil 3D. Pero esta interoperabilidad sigue siendo ineficiente pues el infraworks aun no reconoce como tal, los subensamblajes trabajados dentro de Civil 3D y la casa actualiza continuamente para corregir y mejorar las funciones.

El modelado de las estructuras puntuales de forma paramétrica dentro del software Revit, resulta de gran beneficio para la generación de la documentación a detalle muy alto y la cuantificación de los materiales y costos de forma automática, dando así al modelador un ahorro de tiempo considerable pues durante la ejecución están sufren cambios de ubicación y dimensiones.

Civil 3D no se puede utilizar para una gestión completa del modelo de carretera, una gestión que a menudo implica la construcción de estructuras de drenaje transversal y longitudinal. A pesar de que hay Varias opciones de conexión, Civil 3D, Infraworks y Revit todavía tienen numerosas deficiencias de interoperabilidad entre sí; en primer lugar, la ausencia de complementos o funciones que conecten correctamente los modelos creados en Civil y Revit. A pesar del uso de un enlace a través del archivo IFC, no se reconoce en el Civil 3D: paso de Revit, con la consecuencia de que no puede realizar una

configuración paramétrica e interactiva modelado, mientras que la inserción en Revit como enlace de los modelos en Civil 3D implica la pérdida de datos y la necesidad de realizar operaciones y modelos adicionales. Por lo cual saber para qué fines utilizar los modelos es de vital importancia.

El beneficio de modelar las obras de arte puntuales en el software de REVIT es generar una construcción y gestión de datos avanzada; por lo que para los procesos de presentación de planos de ubicación y movimiento de tierras se usó el Civil 3D, para la cuantificación de materiales y presentación de planos de detalle se usó el software Revit, para seguimiento de tiempo de ejecución, costos y visualización se usó el software de Navisworks y para la presentación del proyecto se usó el software de InfraWorks.

La vinculación de tareas y los modelos visualizados en el software Navisworks, ofrece al modelador a realizar una programación de las tareas adecuada, logrando así, incurrir en riesgo de desviaciones en plazos y costos por problemas de proceso constructivo. Por lo que los propietarios deben fomentar y valorar las propuestas que conllevan una simulación del proceso constructivo.

"Debo reconocer que un hombre que concluye que un argumento no tiene realidad, porque se le ha escapado a su investigación, es culpable de imperdonable arrogancia."

— David Hume

Capítulo

V

Conclusiones

5.1 Conclusiones.

- La aplicación de la metodología BIM en la carretera de Villasol a Pillao, implicó la utilización de los diferentes Herramientas BIM de acuerdo al nivel de gestión de documentación que se quiere y requiere, todo ello bajo los lineamientos del Plan de ejecución BIM, demostrando así la mejora en sus procesos de diseño y construcción, gracias al flujo de información y visualización que las herramientas BIM ofrecen.
- La aplicación de la metodología BIM permitió optimizar la detección de incompatibilidades e interferencias tempranas, durante la fase de diseño a través del software InfraWorks que es capaz de mostrar la superficie de trabajo bajo un entorno realista e inmersivo, logrando así realizar un trazo adecuado de la vía capaz de anticiparse de manera cercana a las condiciones finales que tendrá el proyecto y gestionar la información en un espacio único.
- La obtención de los diferentes modelos BIM con el nivel de detalle e información en los diferentes softwares, de acuerdo a la gestión de datos que se quiera lograr en cada software aplicado durante la fase diseño; tienen un efecto muy positivo ya que durante la ejecución, suceden cambios y mejoras, los cuales se van actualizando de manera coordinada y automática, logrando así minimizar el tiempo de documentación para los trámites de aprobación, ya que el proceso es casi inmediato. Además, la vinculación del calendario de avance de obra y los modelos generados permite visualizar de manera anticipada el proceso constructivo y así tener un calendario real que sustenta la cantidad de metrado que se va a ejecutar con el rendimiento adecuado en la producción y tener costos reales, logrando así en la presente investigación una reducción de 14.23 % del presupuesto original del expediente técnico.

- Analizar la ejecución de las obras de arte bajo el enfoque de la metodología BIM, brinda los beneficios de tener estructuras bien georreferenciadas, planos bien detallados, cuantificación de materiales exactos, facilita el control de obra; y a través de la generación de objetos sólidos BIM demuestran ser de gran utilidad en el seguimiento de movimiento de tierras para la fundación de las obras de arte, teniendo así un nivel mayor de control de costos en cada momento.

Con la aplicación de la metodología BIM, los volúmenes, el registro y trazabilidad del movimiento de tierras en cada certificación tiene la ventaja de que se evitan las operaciones posteriores para obtener la información de las superficies.

5.2 Recomendaciones.

- Los elementos de los modelos BIM de las estructuras puntuales, realizar en la secuencia en que serán construidas ya que esta mejorara la manera de asignación para los procesos 4D Y 5D de la metodología aplicada.
- Para mayor detalle en la construcción trabajar con un alto grado de detalle LOD y LOI del modelo BIM contribuye en la visualización del producto final pero que numéricamente esto no muestra cambios en la tabla de calculo de metrados generados.
- Se debe conocer la interoperabilidad entre programas, ya que actualmente es el aspecto más estudiado del enfoque BIM porque es una de las mayores dificultades al momento de trabajar con diferentes softwares de colaboración.
- Para el éxito de un proyecto BIM es necesario saber cómo y cuándo utilizar el software adecuado, y tener en claro que información necesaria de debe trabajar en un modelo BIM.
- Modelar un proyecto vial en su inicio bajo la aplicación del InfraWorks utilizando las ortofotos, dentro de su entorno muestra un contexto real e inmersivo. Así mejora la toma de decisiones de trazo, identificar y verificar las incompatibilidades e interferencias, los cuales influirán en el resultado final del proyecto y un ahorro tiempo y costo considerable.

5.3 Trabajos futuros.

- Análisis de cuencas hidrográficas, para la adecuada ubicación de los sistemas de drenaje de la obra vial, a través del software de InfraWorks.

- Se sugiere realizar un estudio detallado del LOD adecuado para el campo de la construcción civil, de manera que los objetos puedan ser detallados por BIM con suficiente precisión para poder almacenar toda la información necesaria en la implementación de la estructura lineal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Biancardo, S. A., Capano, A., de Oliveira, S. G. & Tibaut, A. (2020). Integration of BIM and Procedural Modeling Tools for Road Design. *Infrastructures*, 5(4). <https://doi.org/10.3390/infrastructures5040037>

Biancardo, S. A., Viscione, N., Cerbone, A. & Dessì, E. (2020). BIM-Based Design for Road Infrastructure: A Critical Focus on Modeling Guardrails and Retaining Walls. *Infrastructures*, 5(7). <https://doi.org/10.3390/infrastructures5070059>

Borrmann, A., Kolbe, T., Donaubaauer, A., Steuer, H., Jubierre, J. & Flurl, M. (2015). Multi-Scale Geometric-Semantic Modeling of Shield Tunnels for GIS and BIM Applications. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 30(4), <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/mice.12090>, 263-281. <https://doi.org/10.1111/mice.12090>

Buendía, L., Colas, P. & Hernández, F. (2001). *Métodos de investigación en Psicopedagogía* (McGraw-HILL, Ed.).

Chavarria Arévalo, E. O. (2018). *La Metodología BIM para Optimizar el Diseño de la Carretera Luricocha-Pacchancca, Ayacucho 2018*. (Tesis de Grado). Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/22807>

Cheng, J. C., Lu, Q. & Deng, Y. (2016). Analytical review and evaluation of civil information modeling. *Automation in Construction*, 67, 31-47. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.02.006>

Costin, A. (2016). *A New Methodology for Interoperability of heterogeneous Bridge Information Models* (Dissertation, Atlanta, GA., PhD Diss.). School of Civil - Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology. <http://hdl.handle.net/1853/55012>

DG. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico*. R.D. N° 03-2018-MTC/14.

ESPACIOBIM. (2020). Que es un BIM BEP execution plan. Recuperado de <https://www.espaciobim.com/bim-bep/>.

Espinoza, J. & Pacheco, M. (2014). *Mejoramiento de la constructibilidad mediante herramientas BIM*. (Tesis de Maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/332303>

- Moreno Pineda, C. E. (2019). *Análisis Comparativo entre el Modelo Virtual de Proyectos de Construcción Building Information Modeling y el Modelo Convencional de Gestión de Proyectos, para Obras de Concreto Armado, en Empresas Constructoras, Huaraz-2017*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3575>
- Moya Sala, Q., García, A., Camacho Torregrosa, F. & Ungria, J. (2017). BIM para infraestructuras de carreteras: Verificación de la normativa de diseño geométrico.
- Rauccio, C. (2019). *La Implantación de la metodología BIM en el despacho de obras civiles SETIN s.r.l* (Proyecto Final de Máster Oficial). Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona, Departament de Tecnologia de l'Arquitectura. <http://hdl.handle.net/2117/170165>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F. & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la Investigación* (S. d. C. Mc Graw-Hill / Interamericana Editores, Ed.; 6.ª ed.).
- Scianna, A., Gaglio, G. F. & La Guardia, M. (2020). HBIM DATA MANAGEMENT IN HISTORICAL AND ARCHAEOLOGICAL BUILDINGS. <https://doi.org/10.19282/ac.31.1.2020.11>
- Shim, C., Yun, N. & Song, H. (2011). Application of 3D Bridge Information Modeling to Design and Construction of Bridges [The Proceedings of the Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction]. *Procedia Engineering*, 14, 95-99. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.010>
- SUMA. (2020). Plan de Implementación y hoja de ruta del plan BIM Perú al 2030. Recuperado de <http://www.suma.pe/2020/10/12/plan-bim-peru-al-2030/>.
- Ulloa Román, K. & Salinas Saavedra, J. (2013). *Mejoras en la Implementación de BIM en los Procesos de Diseño y Construcción de la Empresa MARCAN*. (Tesis de Grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/528110>
- Vera Galindo, C. (2018). *Aplicación de la Metodología BIM a un Proyecto de Construcción de un Corredor de Transporte Para un Complejo Industrial. Modelo BIM 5D Costes* (Trabajo Fin de Máster). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla. <https://hdl.handle.net/11441/84165>
- Zhang, C., Zhao, K. & Li, J. Q. (2013). BIM Application Analysis in Transportation Project. En *Construction and Urban Planning*, Trans Tech Publications Ltd. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.671-674.2986>

A

Anexos

A.1 Parámetros del diseño geométrico de carreteras DG-2018

Las carreteras son infraestructuras de transporte cuyo propósito es permitir la circulación de vehículos, especialmente acondicionada dentro de una franja de terreno denominada derecho de vía.

A.1.1 Clasificación

Es importante definir la clasificación de la carretera para direccionar correctamente los parámetros geométricos. Según su demanda las carreteras se clasifican bajo el IMDA (Índice máximo diario Anual).

Tabla A.1: Clasificación según su función.

		IMDA veh/día	Separador central mínimo	Carriles	Ancho Carril mínimo	Plazoleta de cruce
Autopista	Clase I	>6000	6	2 o más	3.6	
	Clase II	4001 - 6000	6	2	3.6	
Carretera	Clase I	2001 - 4001	-	2	3.6	
	Clase II	400 - 2000	-	2	3.3	
	Clase III	< 400	-	2	3	
Trocha carrozable		<200	-	1	4	Cada 500 m

Por otra parte, según la orografía predominante del terreno por donde discurre el trazo, se clasifica en:

Tabla A.2: Clasificación según su orografía.

		Tipo	Pendiente Transversal %	Pendiente Longitudinal %	Movimiento de Tierra
Terreno	Plano	1	≤ 10	< 3	Mínimo
	Ondulado	2	11 - 50	3 - 6	Moderado
	Accidentado	3	51 - 100	6 - 8	Significativo
	Escarpado	4	>100	> 8	Máximo

A.1.2 Vehículos de diseño

Los vehículos de diseño constituyen la base para establecer las características del diseño geométrico. Es por ello, que se debe seleccionar el tamaño representativo dentro de cada grupo para su uso en el proyecto, los vehículos seleccionados están destinados a distintos usos en función de su peso, dimensiones y características de operación según el manual de diseño geométrico 2018, los tipos de vehículos definen distintos aspectos del dimensionamiento y estructura de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en el ancho del carril de las bermas y de los ramales.
- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles en los ramales.
- La relación de peso bruto total/potencia guarda relación con el valor de pendiente admisible e incide en la determinación de la necesidad de una vía adicional para subida y, para los efectos de la capacidad, en la equivalencia en vehículos ligeros.

En la siguiente tabla se indica los tipos de vehículos de diseño

Tabla A.3: Datos básicos de los vehículos de diseño.

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018(Tabla 202.01)

A.1.3 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño o también conocida como velocidad directriz es un dato usado para determinar las características geométricas de una carretera nueva durante el proyecto y condicionará todas las características geométricas de la vía.

Dicha velocidad será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera.

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios.

En la presente tabla se establece una relación muy práctica entre la clasificación por tráfico (IMDA) y su orografía.

Tabla A.4: Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopista de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018(Tabla 204.01)

A.1.4 Velocidad de marcha

Como velocidad de crucero, es resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, bajo las condiciones prevalecientes de tránsito, la vía y los dispositivos de control; es deseable que la velocidad de marcha de una gran parte de los conductores, sea inferior a la velocidad de diseño

Tabla A.5: Velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño.

Velocidad de diseño	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0
Velocidad media de marcha	27.0	36.0	45.0	54.0	63.0	72.0	81.0	90.0	99.0	108.0	117.0
Rangos de velocidad media	25.5 @ 28.5	34.0 @ 38.0	42.5 @ 47.5	51.0 @ 57.0	59.5 @ 66.5	68.0 @ 76.0	76.5 @ 85.5	85.0 @ 95.0	93.5 @ 104.5	102.0 @ 114.0	110.5 @ 123.5

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018(Tabla 204.02)

A.1.5 Distancia de visibilidad

Es la longitud continua hacia delante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras que necesite realizar.

- Visibilidad de parada
- Visibilidad de paso o adelantamiento
- Visibilidad de cruce con otra vía

A.1.5.1 Distancia de visibilidad de parada

Distancia mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a velocidad de diseño, antes que alcance un objetivo inmóvil que se encuentre en su trayectoria. La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$D_p = 0.278Vt_p + \frac{V^2}{254\left(\frac{a}{9.81} \pm i\right)} \quad (\text{A.1})$$

Dónde:

d : distancia de frenado en metros

V : velocidad de diseño en km/h

a : deceleración en m/s² (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo)

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+i : Subidas respecto al sentido de circulación.

-i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será mayor igual a la distancia de visibilidad de parada.

La siguiente tabla muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de las velocidades de diseño y de la pendiente.

Tabla A.6: Distancia de visibilidad de parada (metros).

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018(Tabla 205.01-A)

A.1.6 Diseño geométrico en planta

El diseño geométrico en planta está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura.

A.1.6.1 Alineamiento horizontal:

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor parte de la carretera.

A.1.6.2 Tramo tangente:

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente en función a la velocidad de diseño, son las siguientes:

Tabla A.7: Longitudes de tramos en tangente.

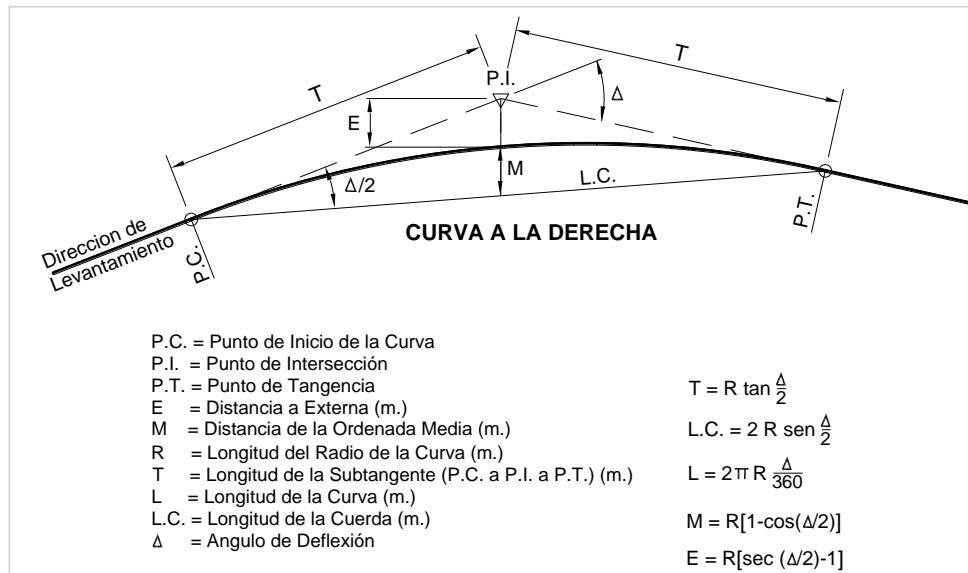
V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018(Tabla 302.01)

A.1.6.3 Curvas circulares:

Son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas.

Figura A.1: Simbología de la curva circular.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018

Elementos de la curva circular

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares son las siguientes:

P.C. : Punto de inicio de la curva

P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

P.T. : Punto de tangencia

E : Distancia a externa (m)

M : Distancia de la ordenada media (m)

R : Longitud del radio de la curva (m)

T : Longitud de la Subtangente (P.C a P.I y P.I a P.T.) (m)

L : Longitud de la curva (m)

L.C : Longitud de la cuerda (m)

Δ : Ángulo de deflexión (°)

P : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

Sa : Sobrancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimental los vehículos al describir la curva

Radios mínimos

Son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones de seguridad y comodidad. Para el cálculo de los radios mínimos se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{max} + f_{max})} \quad (A.2)$$

Donde:

R_{min} : Radio mínimo

V : Velocidad de diseño

e_{max} : Peralte máximo

f_{max} : Coeficiente de fricción transversal

Los valores de fricción transversal se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla A.8: Fricción transversal máxima en curvas.

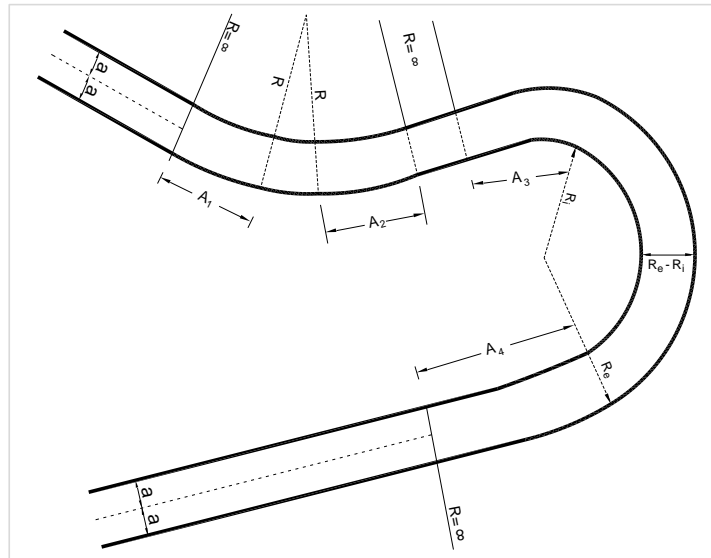
Velocidad de diseño Km/h	f _{máx}
30 (ó menos)	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018(Tabla 302.03)

Curva de vuelta

Son aquellas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de alcanzar una cota mayor y que no son posibles lograr mediante trazados alternativos. Deberán tener como radio mínimo 20m. En tal sentido, la curva de vuelta quedará definida por dos arcos circulares de radio interior “R_i” y radio exterior “R_e”

Figura A.2: Configuración compleja de alineamientos de entrada y salida de una curva de vuelta.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018

Transición de peralte

En carreteras de tercera clase, se tomarán los valores de la siguiente tabla.

Tabla A.9: Longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición de peralte en función a la velocidad de diseño y valor del peralte.

Velocidad de diseño (Km/h)	Valor del peralte						Longitud mínima de transición de bombeo (m)**
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud mínima de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018(Tabla 302.13)

Sobrecancho

Las secciones en curva horizontal, deberán ser provistas del Sobrecancho necesario para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos. Los sobrecanchos son necesarios para mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos.

Según el manual de diseño geométrico DG2018, la necesidad de un sobrecancho se debe

a la holgura adecuada ente vehículos sobre una vía bidireccional.
A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo del sobreebancho.

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad (\text{A.3})$$

Donde:

Sa : Sobreebancho

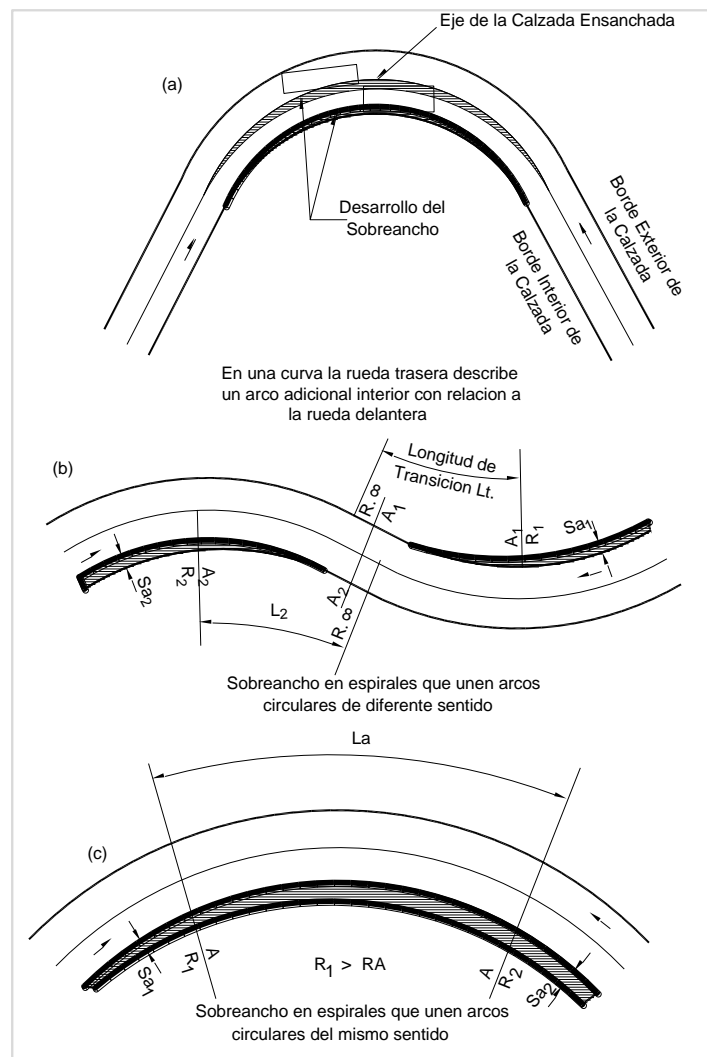
N : Número de carriles

R : radio (m)

L : Distancia entre eje posterior y parte frontal

V : Velocidad de diseño (km/h)

Figura A.3: Distribución del sobreebancho en los sectores de transición y circular.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018

A.1.7 Diseño geométrico en perfil

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

A.1.7.1 Pendiente

Es conveniente proveer una pendiente mínima de 0.5 % a fin de asegurar en toda la calzada un drenaje eficiente.

Tabla A.10: Pendientes máximas (%).

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10.00	10.00
40 km/h																	9.00	8.00	9.00	10.00
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00		
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00		
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00		
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00							
110 km/h	4.00	4.00			4.00															
120 km/h	4.00	4.00			4.00															
130 km/h	3.50																			

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018(Tabla 303.01)

A.1.7.2 Curvas verticales

Las curvas verticales son definidas por el parámetro K que es la relación entre la longitud de la curva y el valor absoluto de la diferencia de pendientes. Las curvas pueden ser convexas o cóncavas.

A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo de la longitud de la curva.

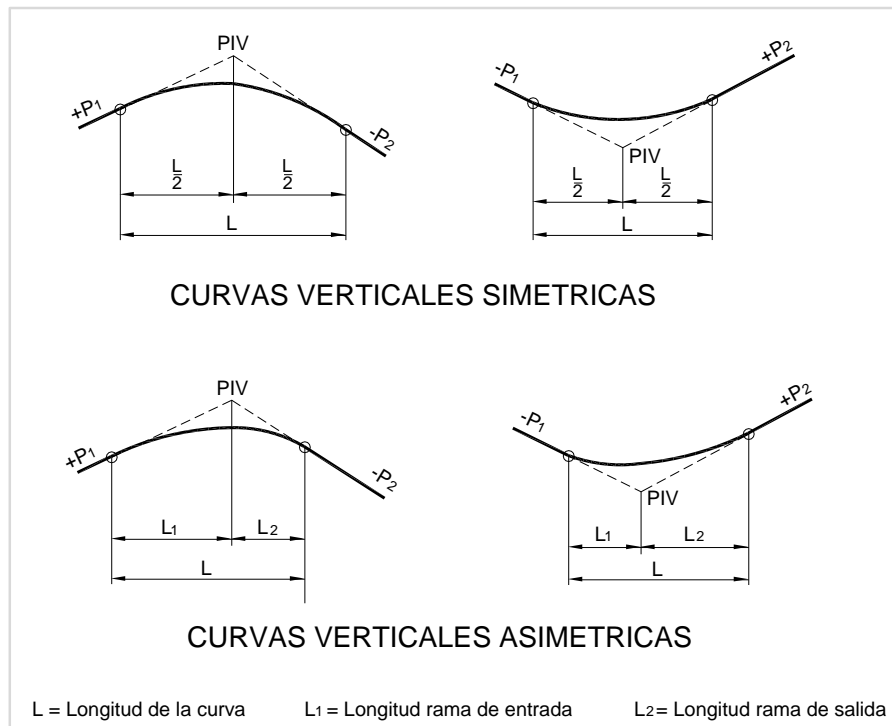
$$K = L/A \quad (A.4)$$

Donde:

K: Parámetro de curvatura

L: Longitud de la curva vertical

A: Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

Figura A.4: Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas.

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018

Longitud de las curvas verticales convexas

La longitud de las curvas verticales convexas, se determina con las siguientes formulas:

Para contar con la visibilidad de parada (D_p)

Longitud de curva, cuando D_p < L;

$$L = \frac{AD_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \quad (\text{A.5})$$

Longitud de curva, cuando D_p > L;

$$L = 2D_p - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} \quad (\text{A.6})$$

Donde:

D_p : Distancia de visibilidad de parada

A : Diferencia algebraica de pendientes

h 1 : Altura de ojo de la rasante

h 2 : Altura de objeto sobre la rasante

Para contar la visibilidad de adelantamiento o paso (D_a)

Longitud de curva, cuando $D_a < L$;

$$L = \frac{AD_a^2}{946} \tag{A.7}$$

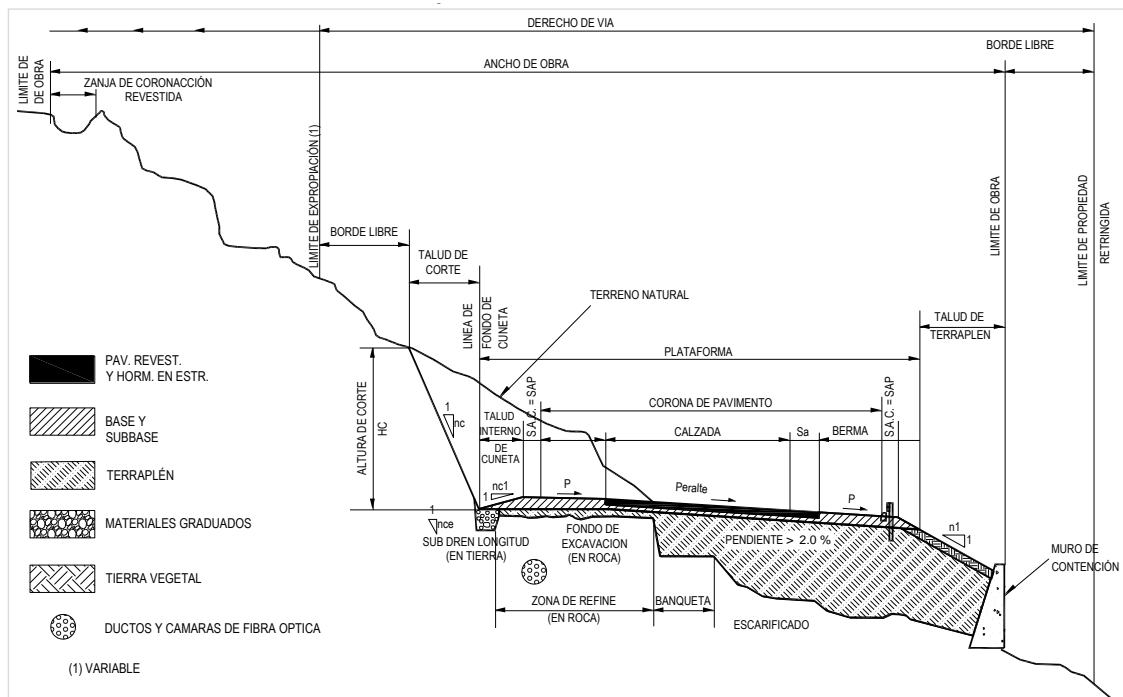
Longitud de curva, cuando $D_a > L$;

$$L = 2D_a - \frac{946}{A} \tag{A.8}$$

A.1.8 Diseño geométrico de secciones transversales

Consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal. Las secciones transversales están compuestas por carriles, calzada, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios.

Figura A.5: Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018

A.1.8.1 Calzada

Calzada también llamada superficie de rodadura. En algunas ocasiones esta se encuentra dividida por carriles, cuya Cantidad está basada en el IMDA. A continuación, se muestra

una tabla de anchos mínimos de calzadas relacionados con el IMDA y velocidad de diseño.

Tabla A.11: Anchos mínimos de calzada en tangente.

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6,000				6,000 - 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400							
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase							
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Velocidad de diseño: 30km/h																					6.00	6.00		
40 km/h																					6.60	6.60	6.60	6.00
50 km/h											7.20	7.20					6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.00		
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60				
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60						
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20							6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20								6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20											
110 km/h	7.20	7.20			7.20																			
120 km/h	7.20	7.20			7.20																			
130 km/h	7.20																							

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018(Tabla 304.01)

A.1.8.2 Bermas

Son utilizadas como secciones de seguridad que tiene una orientación paralela a la calzada. Según el manual DGC 2018, el ancho de la berma está en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

Tabla A.12: Ancho de bermas.

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera					
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400					
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase					
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Velocidad de diseño: 30 km/h																					0.50	0.50
40 km/h																	1.20	1.20	0.90	0.50		
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90			
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20				
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20				
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20				
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20				
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00									
110 km/h	3.00	3.00			3.00																	
120 km/h	3.00	3.00			3.00																	
130 km/h	3.00																					

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018(Tabla 304.02)

A.1.8.3 Bombeo

El bombeo es la inclinación mínima que posee la calzada. Este depende del tipo de rodadura y niveles de precipitación.

Tabla A.13: Valores del bombeo de la calzada.

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018(Tabla 304.03)

A.1.8.4 Peralte

Con fines de contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo se agrega un peralte a la calzada.

El peralte máximo se obtiene bajo la siguiente ecuación:

$$p = \frac{V^2}{127R} - f \quad (\text{A.9})$$

Donde:

p : Peralte máximo

V : Velocidad de diseño

R : Radio mínimo absoluto

f : Coeficiente de fricción lateral

A.1.8.5 Derecho de vía

El MTC la denomina también faja de dominio. El derecho de vía depende de la clasificación de la vía. En algunos casos se incrementan 5m del borde superior de los taludes, pie de terraplenes, borde de obras de drenaje, borde exterior de los caminos de servicio.

Tabla A.14: Anchos mínimos de derecho de vía.

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018(Tabla 304.09)

A.2 Fotografías e Imágenes

Figura A.6: Levantamiento fotogramétrico con drone.



Figura A.7: Vista panorámica del modelado virtual en Infracworks.

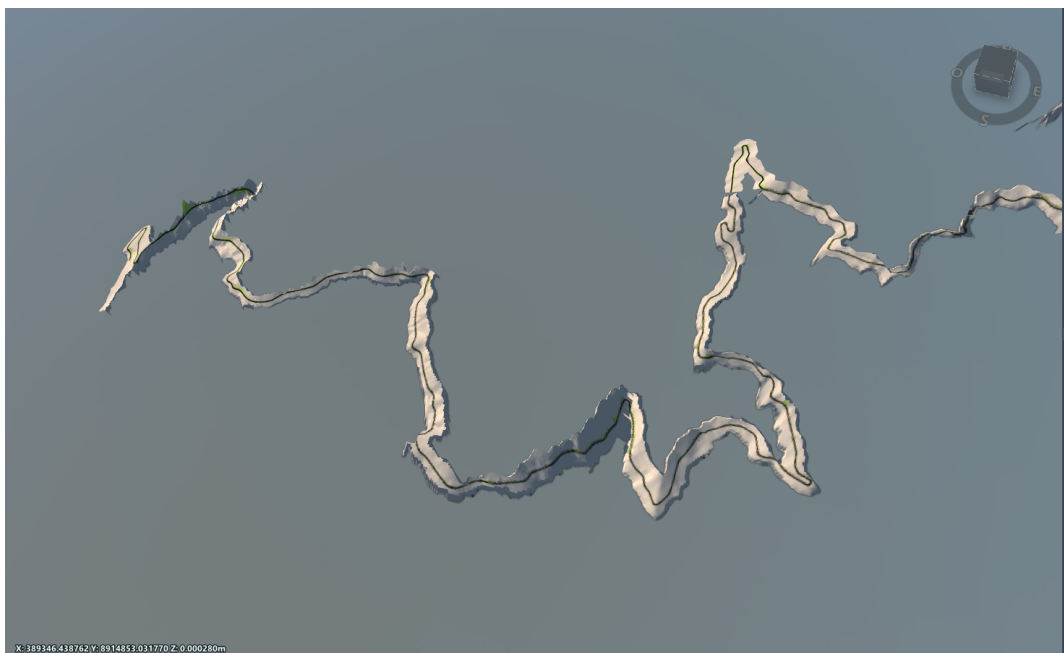


Figura A.8: Vista realista del modelado virtual en Infracworks.

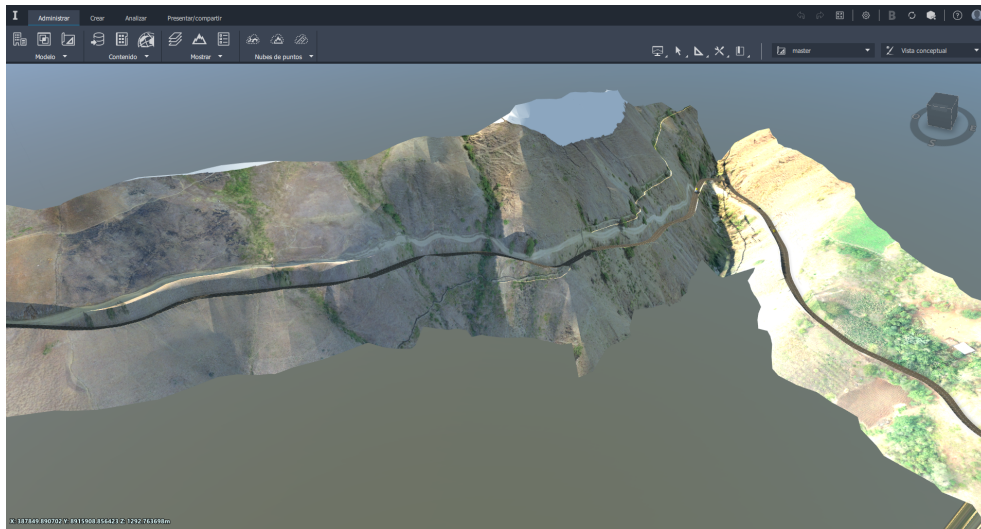


Figura A.9: Identificación temprana y replanteo de interferencia.



Figura A.10: Identificación de la incompatibilidad.



Figura A.11: Verificación de la zona de incompatibilidad.



Figura A.12: Modelos realizados en el software Revit.



Figura A.13: Modelado de Estructuras en obras de arte.

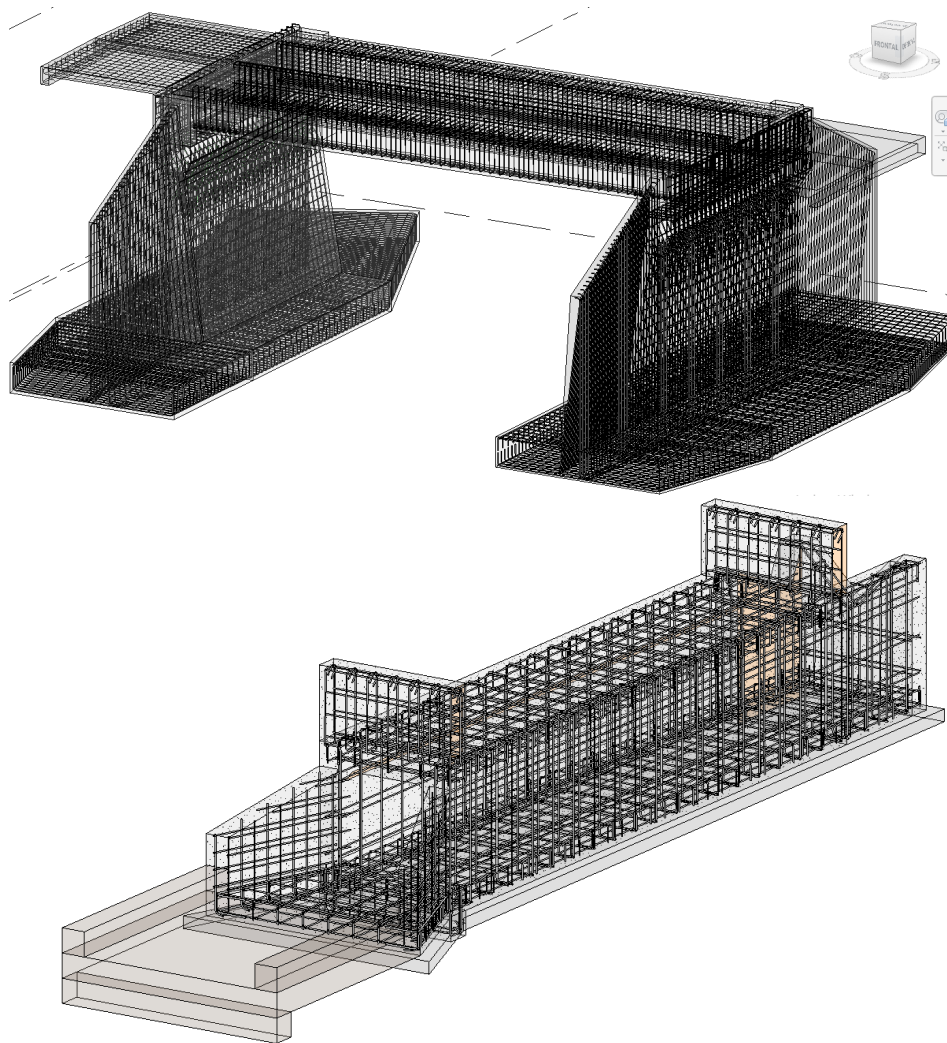


Figura A.14: Control Topográfico en estructuras puntuales.



Figura A.15: Visualización de modelos dentro del software Civil 3D.

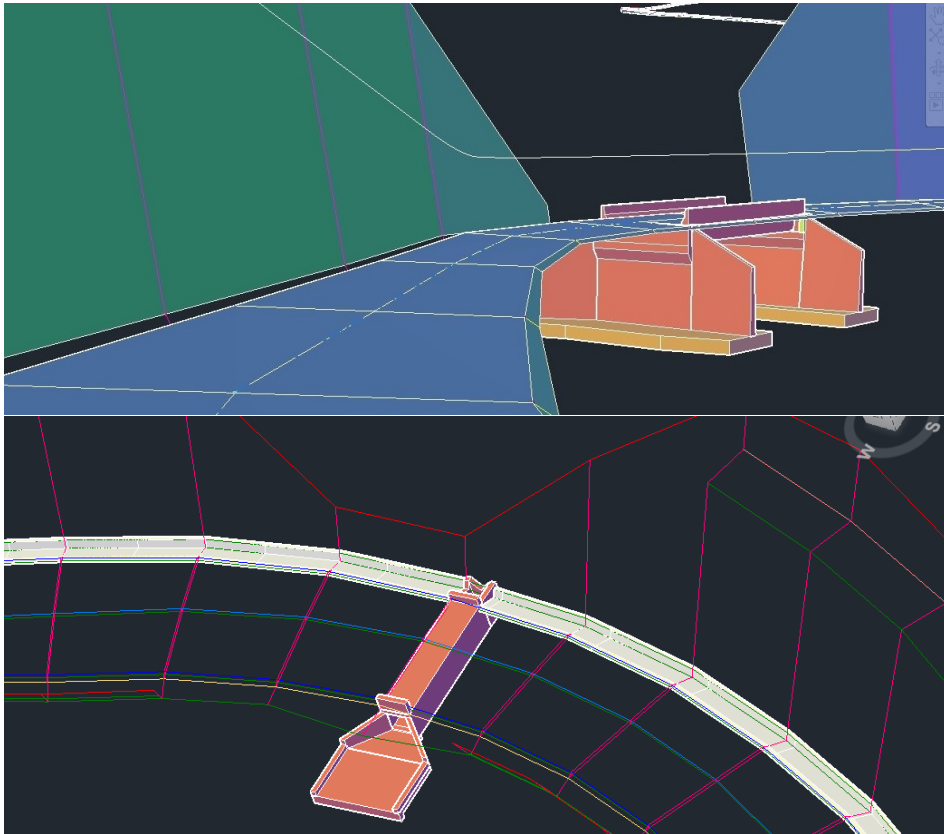


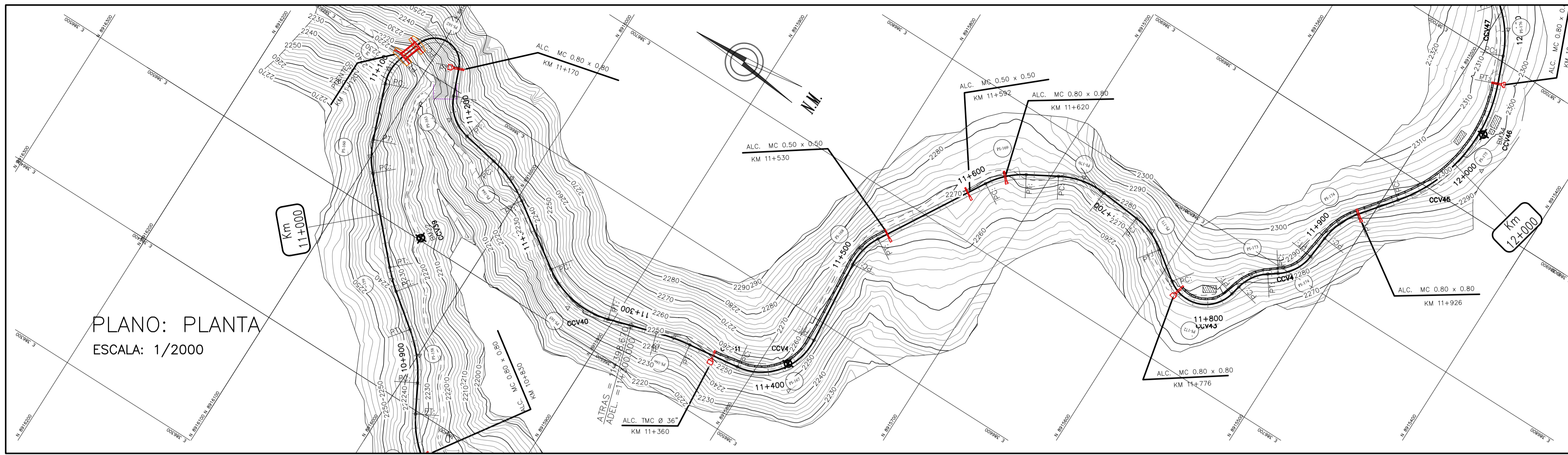
Figura A.16: Recolección de datos para el seguimiento de movimiento de tierras.



Figura A.17: Verificación de la construcción de obras de arte.

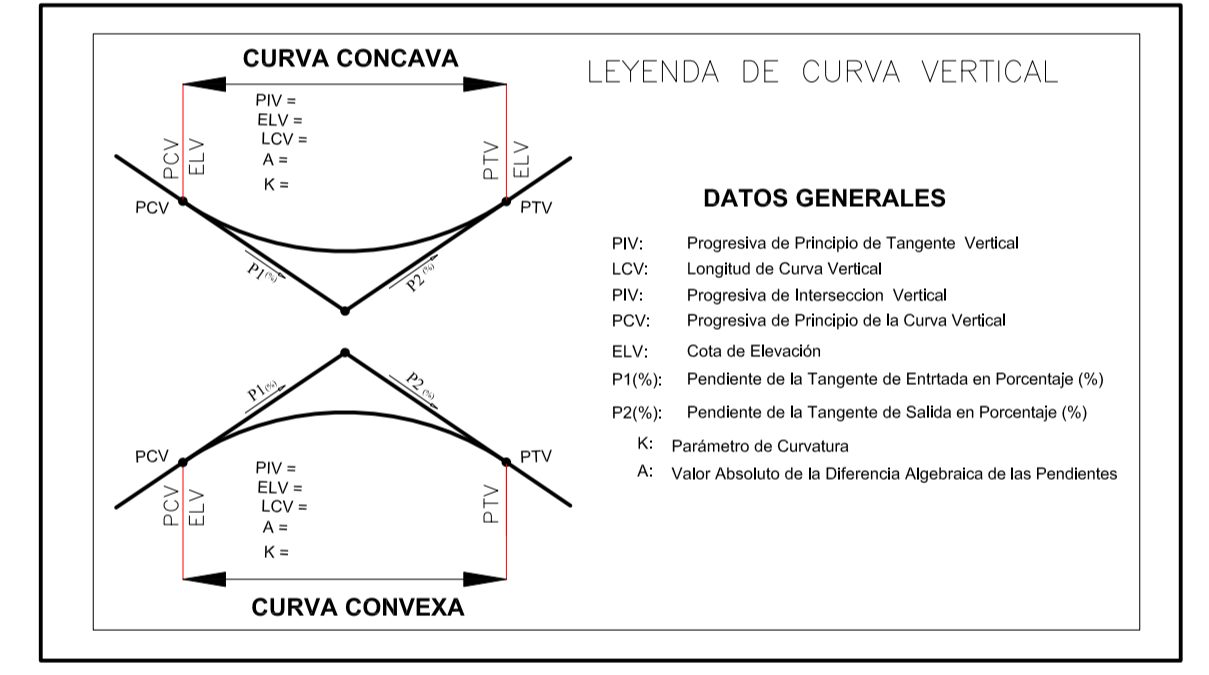
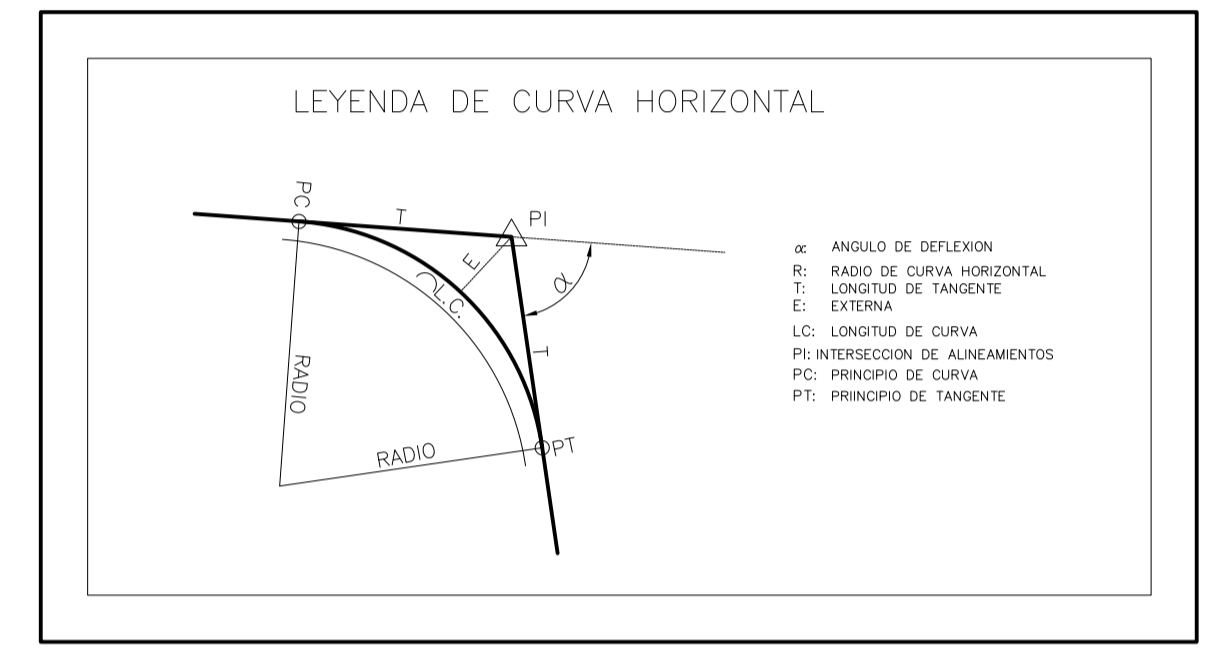


A.3 Planos:



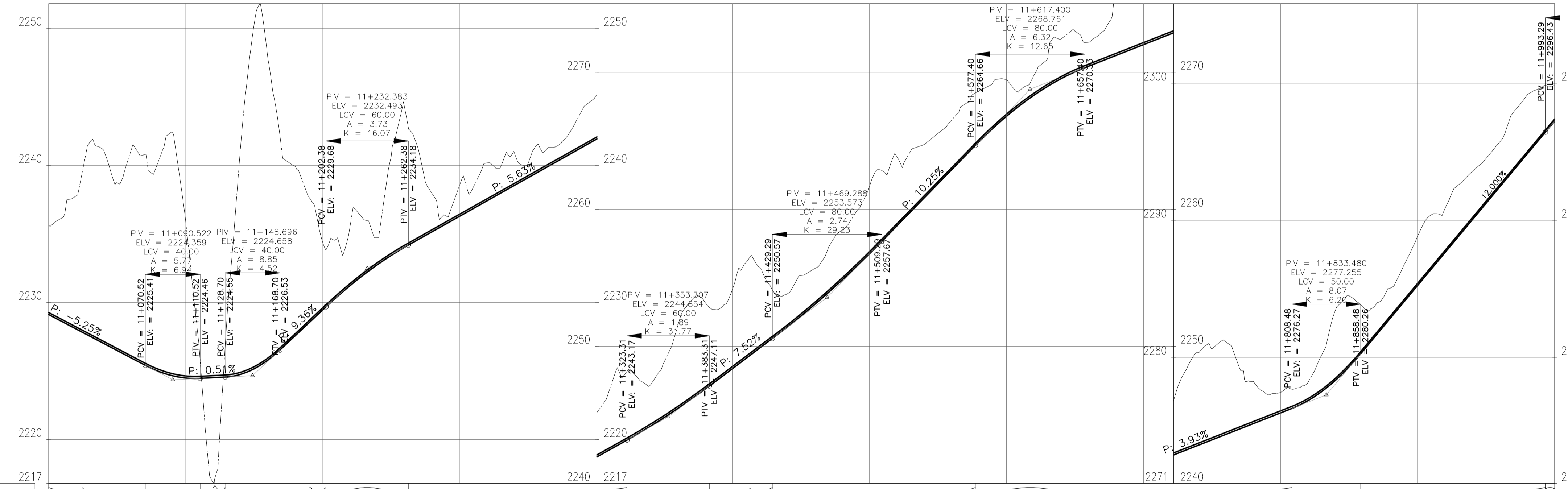
PLANO: PLANTA
ESCALA: 1/2000

ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL CIRCULAR													
N° PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	EXT.	P.C. ó EC	P.I.	P.T. ó CF	NORTE	ESTE	Pk	SA
PI-159	D	9°47'34"	100.00	8.567	17.092	0.366	10+963.040	10+964.506	10+963.131	8915042.826	386466.999	4.00	0.40
PI-160	D	22°39'32"	60.00	11.749	23.226	1.14	11+028.628	11+040.377	11+035.833	8915038.859	386533.152	3.00	0.30
PI-161	D	48°30'48"	30.00	13.515	25.432	2.905	11+065.614	11+099.132	11+111.015	8915122.301	386587.825	4.00	0.70
PI-162	D	139°44'21"	19.00	51.835	46.389	36.207	11+118.882	11+170.717	11+165.221	8915099.041	386657.252	4.00	1.20
PI-163	I	57°52'43"	30.00	16.988	30.305	4.281	11+179.595	11+196.183	11+209.900	8915068.376	386580.344	4.00	0.70
PI-164	D	24°01'34"	80.00	17.024	33.547	1.791	11+234.866	11+251.889	11+268.412	8915010.758	386569.787	4.00	0.60
PI-165	I	51°15'10"	60.00	28.781	53.672	6.546	11+319.659	11+348.740	11+373.130	8915930.853	386515.098	5.00	0.80
PI-166	D	9°12'26"	150.00	12.388	24.333	0.884	11+418.666	11+430.254	11+423.389	8915585.855	386536.861	3.00	0.30
PI-167	I	87°40'11"	40.00	38.506	61.31	15.522	11+478.222	11+416.728	11+439.532	8915773.059	386548.236	5.00	1.00
PI-168	D	35°42'03"	40.00	12.881	24.924	2.023	11+498.019	11+510.901	11+522.943	8915783.348	386657.628	5.00	0.80
PI-169	D	29°59'50"	55.00	14.736	28.795	1.94	11+605.723	11+620.458	11+634.518	8915727.604	386752.917	5.00	0.80
PI-170	D	35°10'21"	55.00	17.432	33.763	2.697	11+656.587	11+674.020	11+690.350	8915680.48	386779.769	5.00	0.80
PI-171	D	30°59'56"	50.00	13.866	27.052	1.887	11+718.595	11+732.481	11+745.647	8915621.21	386774.265	4.00	0.60
PI-172	I	114°08'37"	25.00	38.003	49.805	20.991	11+738.744	11+807.347	11+818.549	8915660.854	386729.121	5.00	1.00
PI-173	D	42°22'42"	30.00	11.655	22.233	2.184	11+825.170	11+836.825	11+847.403	8915548.256	386784.683	5.00	1.00
PI-174	A	49°35'02"	30.00	13.857	25.962	3.046	11+854.448	11+868.305	11+880.410	8915521.688	386803.443	4.00	0.70
PI-175	I	32°58'48"	50.00	14.801	28.781	2.145	11+896.038	11+910.839	11+924.819	8915517.651	386847.545	5.00	1.30
PI-175	I	59°55'52"	105.00	60.538	109.83	16.202	11+953.693	12+014.731	12+063.523	8915453.189	386929.43	6.00	0.60



PLANO: PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: H: 1/2000
V: 1/200

PL KM 11 - KM 12



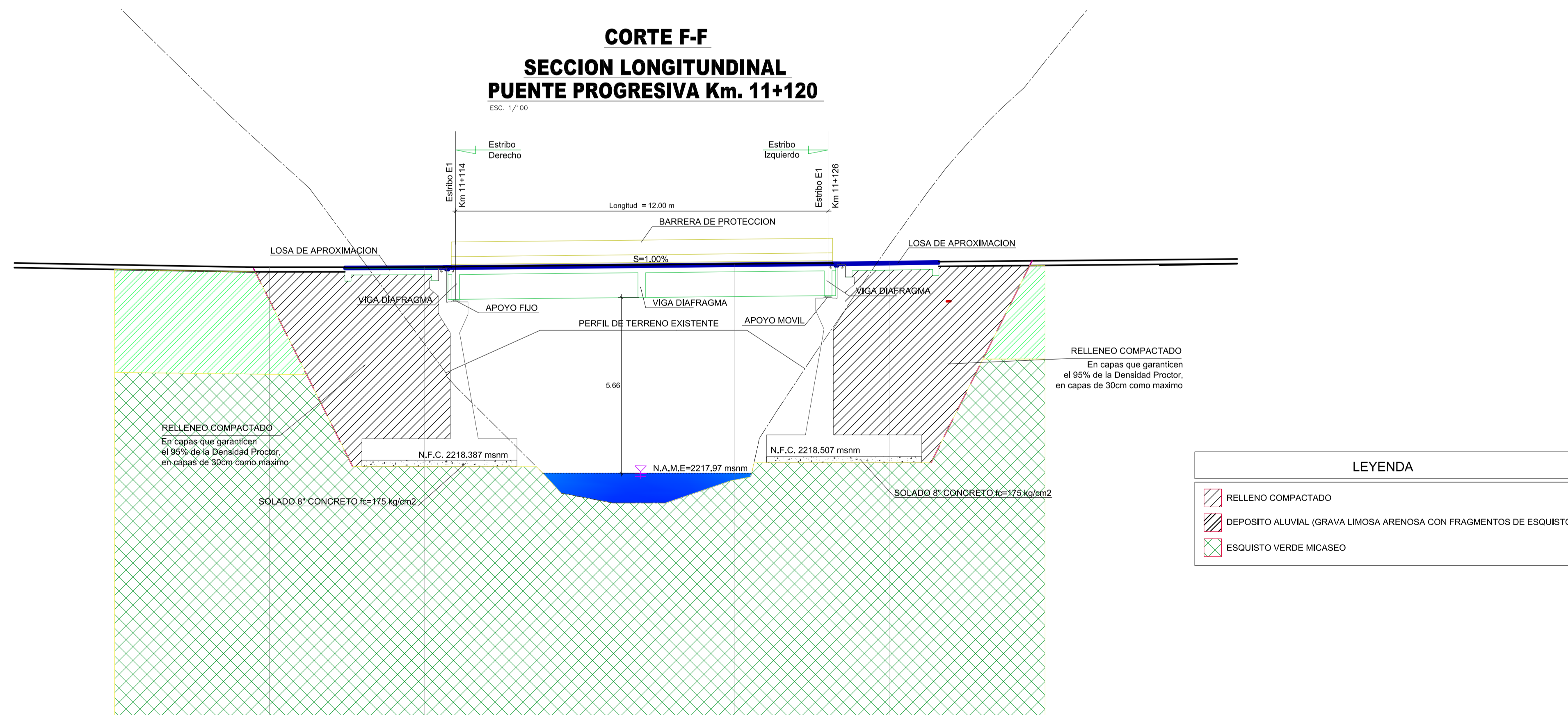
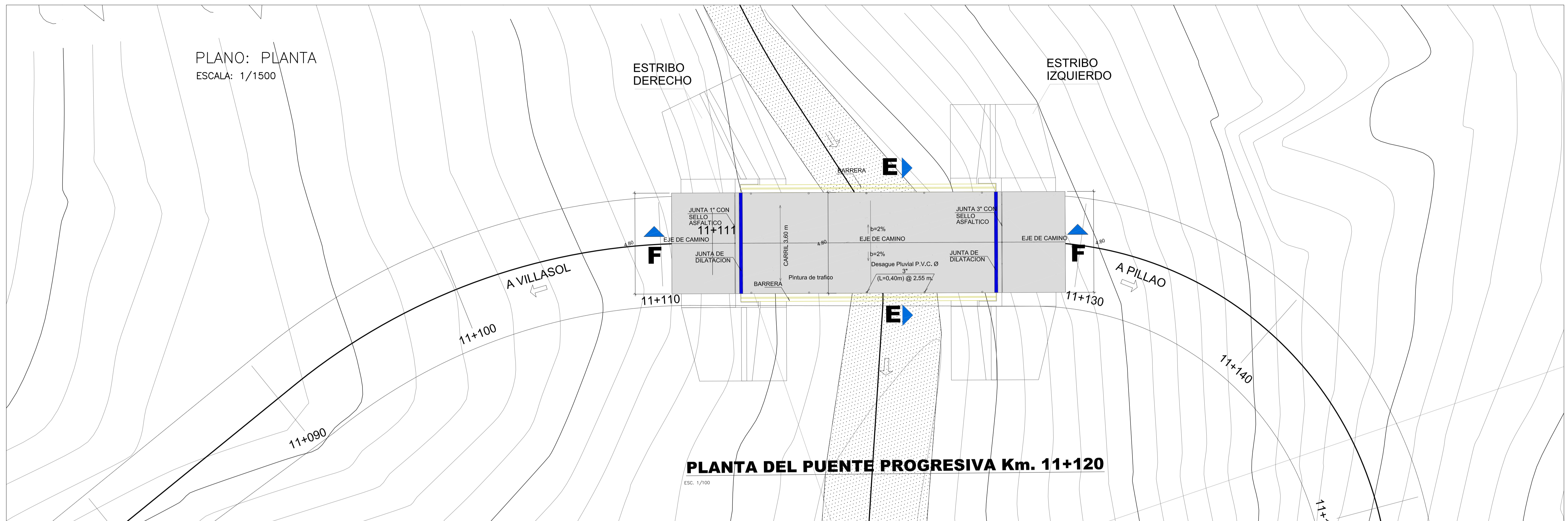
RELACION DE ALCANTARILLAS			
Ubicación	Descripción	Material	Dimensiones
KM 11+360	Alcantarilla Alivio	TMC	TMC 36"
KM 11+530	Alcantarilla riego	Concreto	0.50x0.50
KM 11+592	Alcantarilla riego	Concreto	0.50x0.50
KM 11+620	Alcantarilla riego	Concreto	0.80x0.80
KM 11+790	Alcantarilla	Concreto	0.80x0.80
KM 11+920	Alcantarilla	Concreto	0.80x0.80

Relación de Puntos de Control y Poligonal de Apoyo				
N°	DESCRIPCION	NORTE (Y)	ESTE (X)	ELEVACION
44	CCV40	8915922.748	386517.602	2239.756
45	CCV41	8915821.151	386541.333	2253.108
46	CCV42	8915783.095	386563.632	2257.739
47	CCV43	8915555.956	386749.200	2274.747
48	CCV44	8915528.009	386805.928	2286.882
49	CCV45	8915469.145	386906.040	2297.228

RELACION DE BMS DEL REPLANTEO			
Elevacion	Descripción	Progressivas	Ubicación
2257.739	BM23	11+415	LI

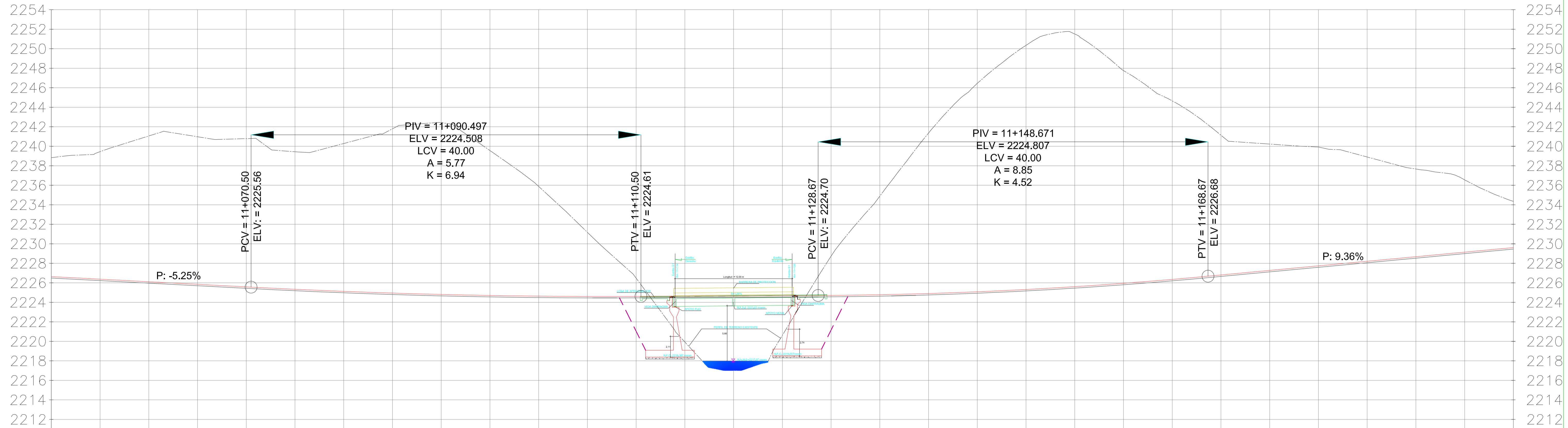
LEYENDA

- Camino Existente
- Alcantarilla
- Estructura SuperCor
- Casa
- Deposito de Material
- Exedente
- BM's
- Poligonal de Apoyo



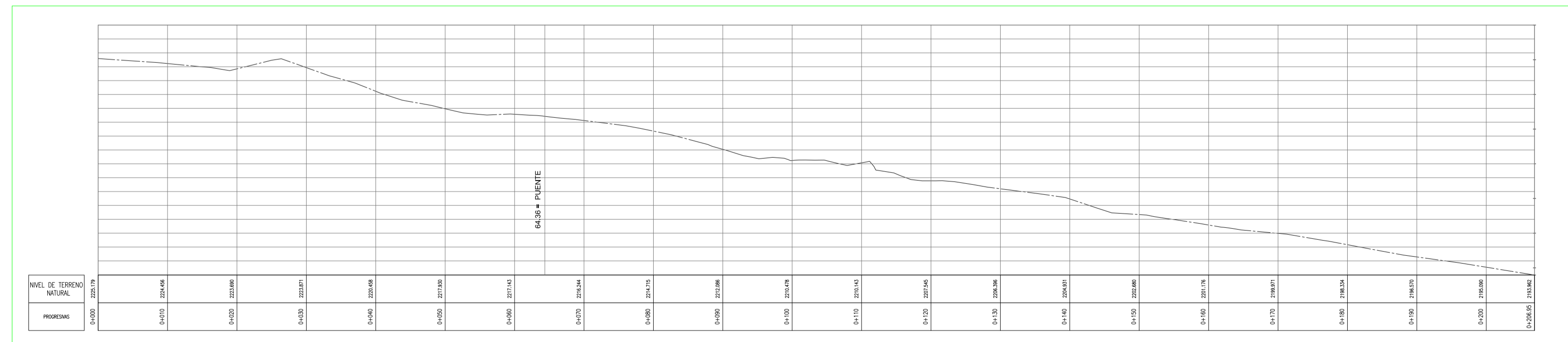
PLANO: PERFIL LONGITUDINAL DEL PUENTE

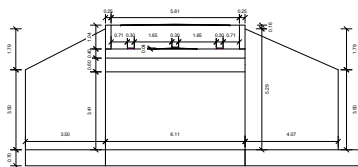
ESCALA: 1/200



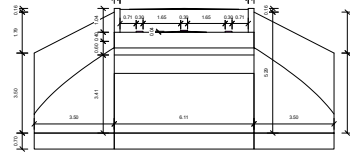
PENDIENTE (%)	S: -5.25%		LC: 40.00										S: 0.51%		LC: 40.00										S: 9.36%							
	L.H.: 105.85												L.H.: 18.17												L.H.: 33.69							
NIVEL DE SUB RASANTE	2238.834	2239.443	2241.056	2240.978	2240.785	2239.438	2240.282	2241.789	2242.420	2239.561	2235.884	2231.174	2226.479	2219.930	2216.887	2220.615	2228.736	2234.883	2241.355	2246.448	2250.345	2251.511	2247.762	2244.653	2241.134	2240.226	2239.922	2238.900	2237.667	2236.551	2234.354	
NIVEL DE TERRENO NATURAL	2238.834	2239.443	2241.056	2240.978	2240.785	2239.438	2240.282	2241.789	2242.420	2239.561	2235.884	2231.174	2226.479	2219.930	2216.887	2220.615	2228.736	2234.883	2241.355	2246.448	2250.345	2251.511	2247.762	2244.653	2241.134	2240.226	2239.922	2238.900	2237.667	2236.551	2234.354	
ALTURA DE CORTE		13.22	15.09	15.28	15.35	14.25	15.31	16.99	17.76	15.01	11.40	6.72	2.02	4.55	7.62	3.92	4.17	10.25	16.60	21.51	25.18	26.06	21.96	18.45	14.48	13.11	12.33	10.84	9.14	7.56		
ALTURA DE RELLENO																																
PROGRESIVAS	11+050	11+055	11+060	11+065	11+070	11+075	11+080	11+085	11+090	11+095	11+100	11+105	11+110	11+115	11+120	11+125	11+130	11+135	11+140	11+145	11+150	11+155	11+160	11+165	11+170	11+175	11+180	11+185	11+190	11+195	11+200	

PLANO: PERFIL LONGITUDINAL DE LA QUEBRADA
ESCALA: 1/200

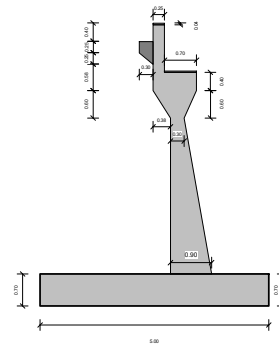




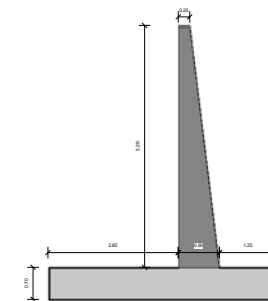
1 Vista Frontal Estribo Derecho
1 : 100



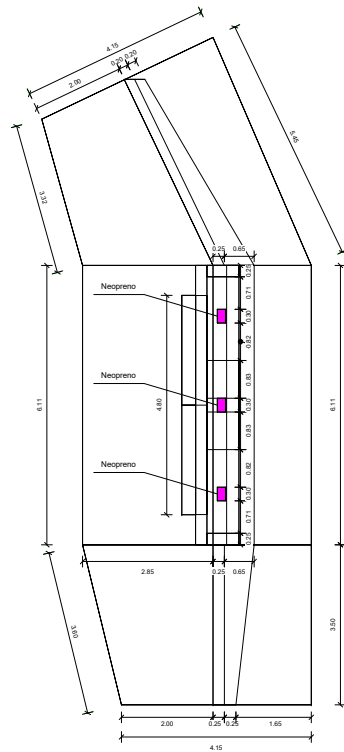
2 Vista Frontal Estribo Izquierdo
1 : 100



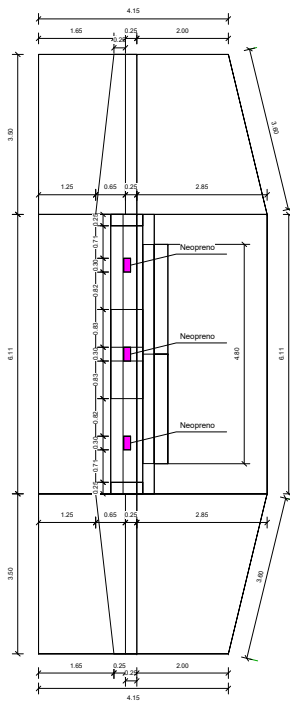
4 Dimensión de Estribo
1 : 50



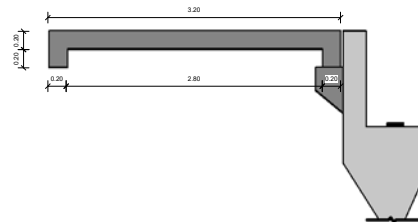
5 Dimensión Ala Inicio
1 : 50



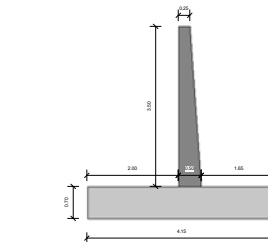
3 Planta Zapata de Estribo Derecho
1 : 50



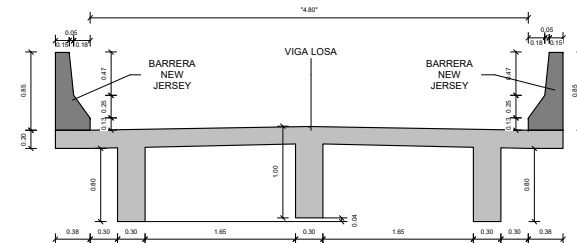
7 Planta Zapata de Estribo Izquierdo
1 : 50



8 Losa de Aproximación
1 : 25



6 Dimensión Ala Fin
1 : 50



9 Sección Transversal Superestructura
1 : 25



CONTRATISTA:
Consortio Contratistas Viales

RESIDENTE:
Jaime CISNEROS VALENZUELA
CIP N° 52448

SUPERVISOR:
Consortio Supervisor GD Villasol

JEFE DE SUPERVISIÓN:
Jaime PALACIOS ZEBALLOS
CIP N° 62806

UBICACIÓN:

Departamento Huanuco
Provincia Huanuco
Distrito Chinchao y Pillao

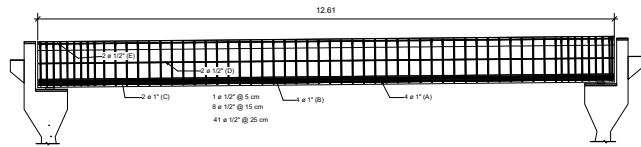
PROYECTO:
Mejoramiento del Camino Vecinal de Villasol - Maraypampa - Huanucalla - Pillao, Distrito Chinchao, Provincia y Departamento de Huanuco

ESTRUCTURAS

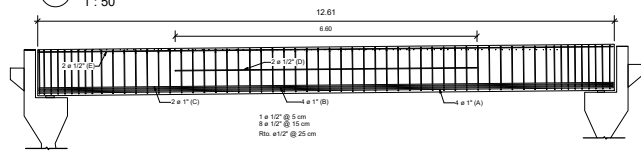
Número de proyecto 2020-01
Fecha Julio - 2021
Dibujado por Julian Berrocal Saccatoma
Comprobado por HPPB

PEP-02

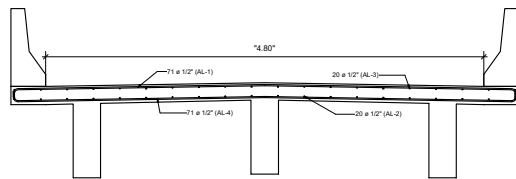
Escala Como se indica



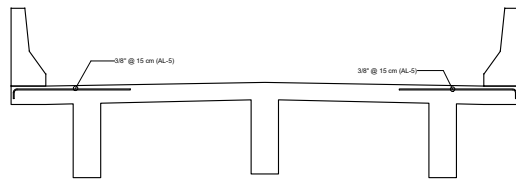
1 Viga Interior
1 : 50



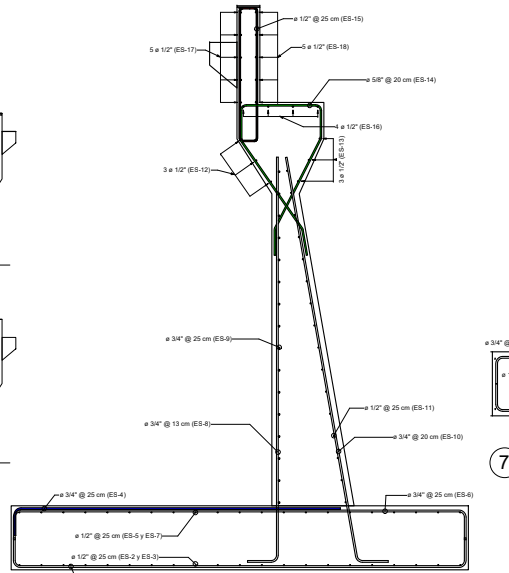
2 Viga Exterior
1 : 50



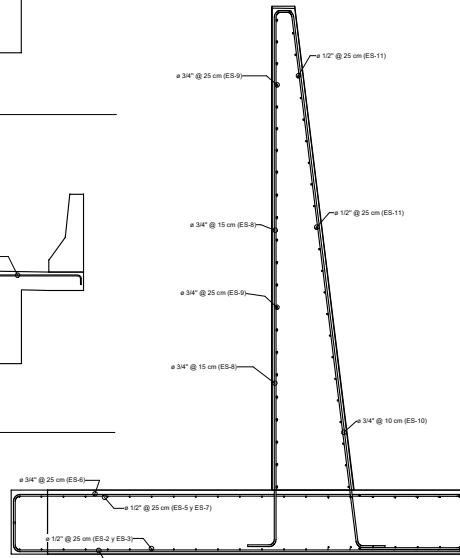
3 Acero en Losa
1 : 25



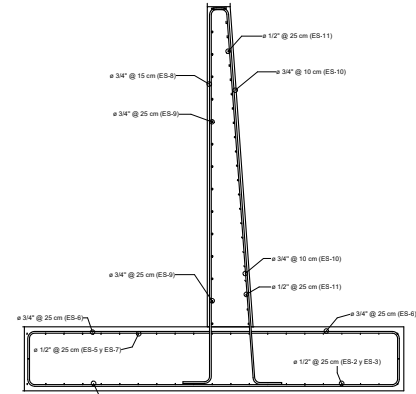
4 Acero en Volado de Losa
1 : 25



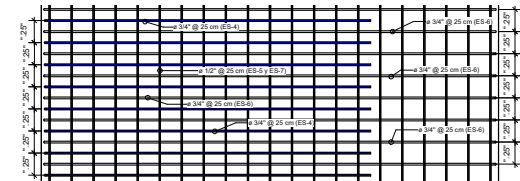
5 Acero en Estribo
1 : 25



6 Acero Ala Estribo-Inicio
1 : 25



7 Acero Ala Estribo Fin
1 : 25



8 Detalle Planta Zapata
1 : 25



CONTRATISTA:
Consortio Contratistas Viales

RESIDENTE:
Jaime CISNEROS VALENZUELA
CIP N° 52448

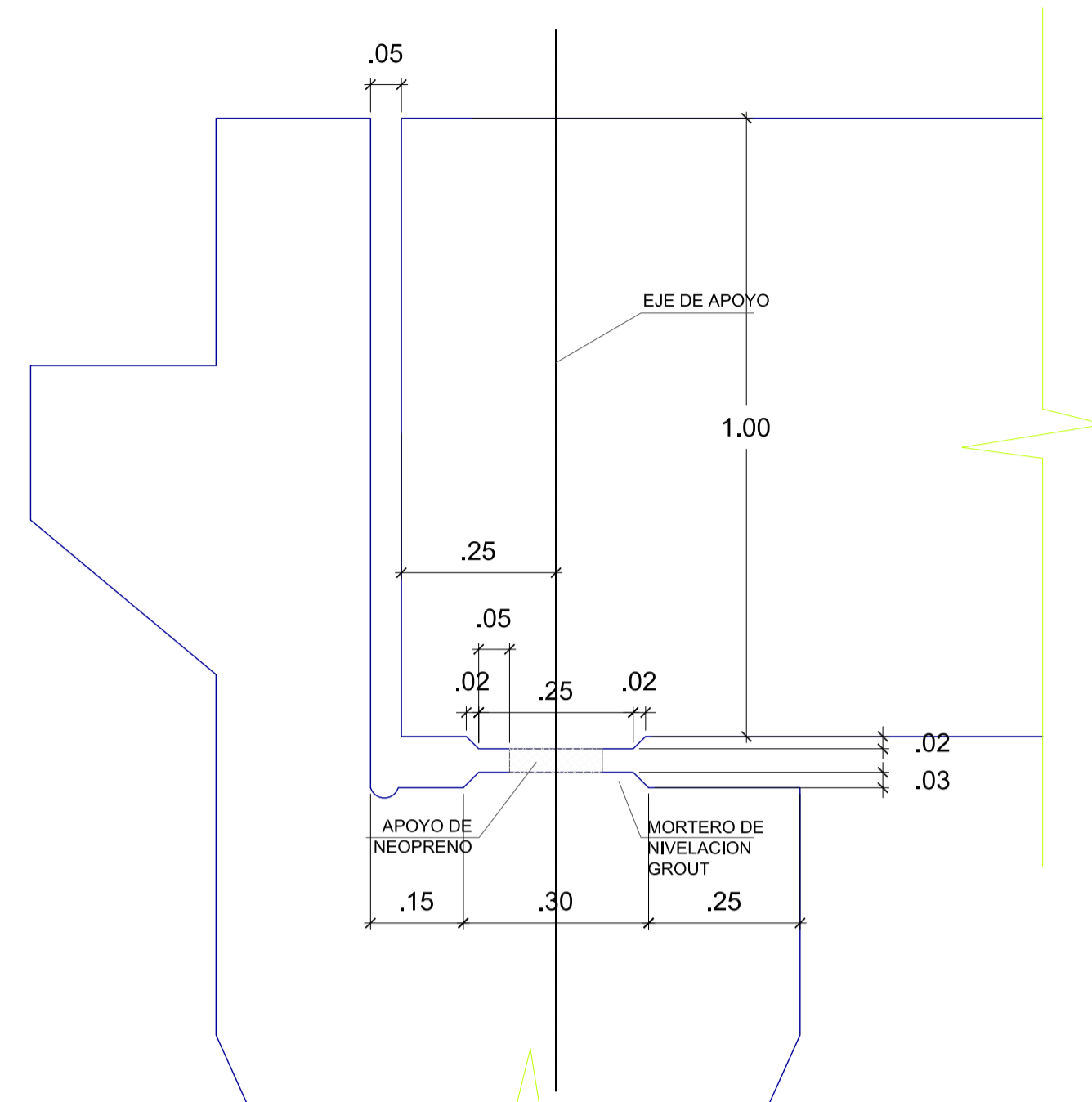
SUPERVISOR:
Consortio Supervisor GD Villasil

JEFE DE SUPERVISIÓN:
Jaime PALACIOS ZEBALLOS
CIP N° 62806

UBICACIÓN:
Departamento Huanuco
Provincia Huanuco
Distrito Chinchao y Pillao

PROYECTO:
Mejoramiento del Camino Vecinal de Villasil - Maraypampa - Huanucalla - Pillao, Distrito Chinchao, Provincia y Departamento de Huanuco

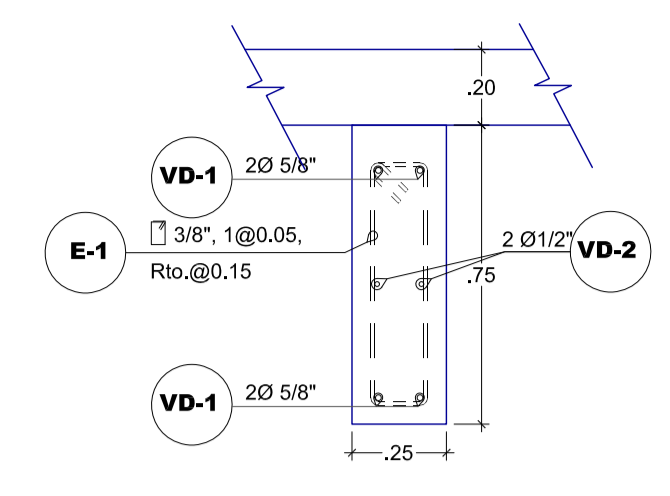
ESTRUCTURAS	
Número de proyecto	2020-01
Fecha	Julio - 2021
Dibujado por	Julian Berrocal Saccatoma
Comprobado por	HPPB
PEP-03	
Escala	Como se indica



APOYO FIJO: DISPOSITIVO DE NEOPRENO CON SOPORTE METALICO QUE PERMITE GIROS Y NO DESPLAZAMIENTOS.
APOYO MOVIL: DISPOSITIVO DE NEOPRENO SIMPLE COMO SE ESPECIFICA EN EL PRESENTE PLANO.

DETALLE DE APOYOS

ESC: 1/10



ST D-D
VIGA DIAFRAGMA

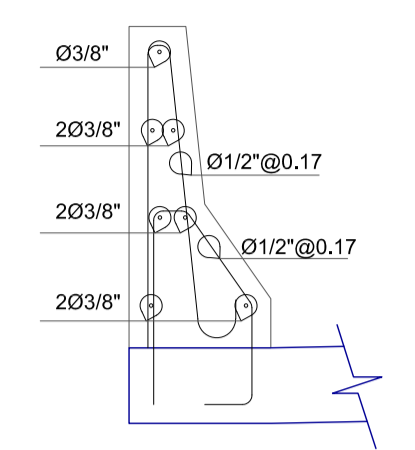
ESC: 1/20

LONGITUD DE EMPALME

Tipo	Diametro	Longitud
le3	5/8"	75 cm.
le5	3/8"	45 cm.

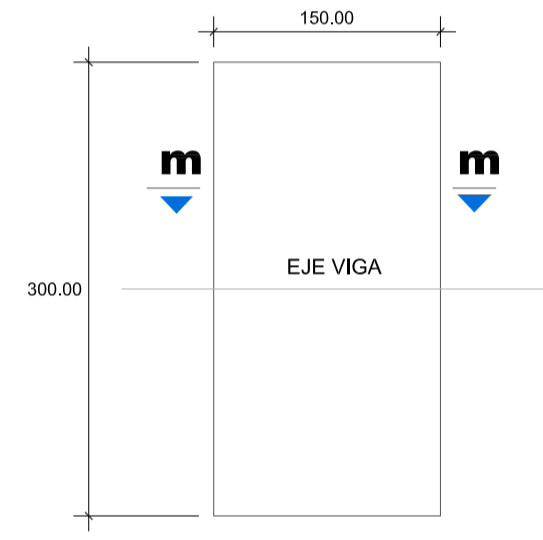
GANCHO ESTANDAR

Tipo	Diametro	Longitud
ld losa	5/8"	10 cm.
ld viga	5/8"	25 cm.



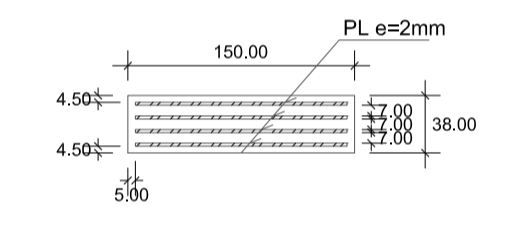
REFUERZO EN BARRERA

ESC: 1/20



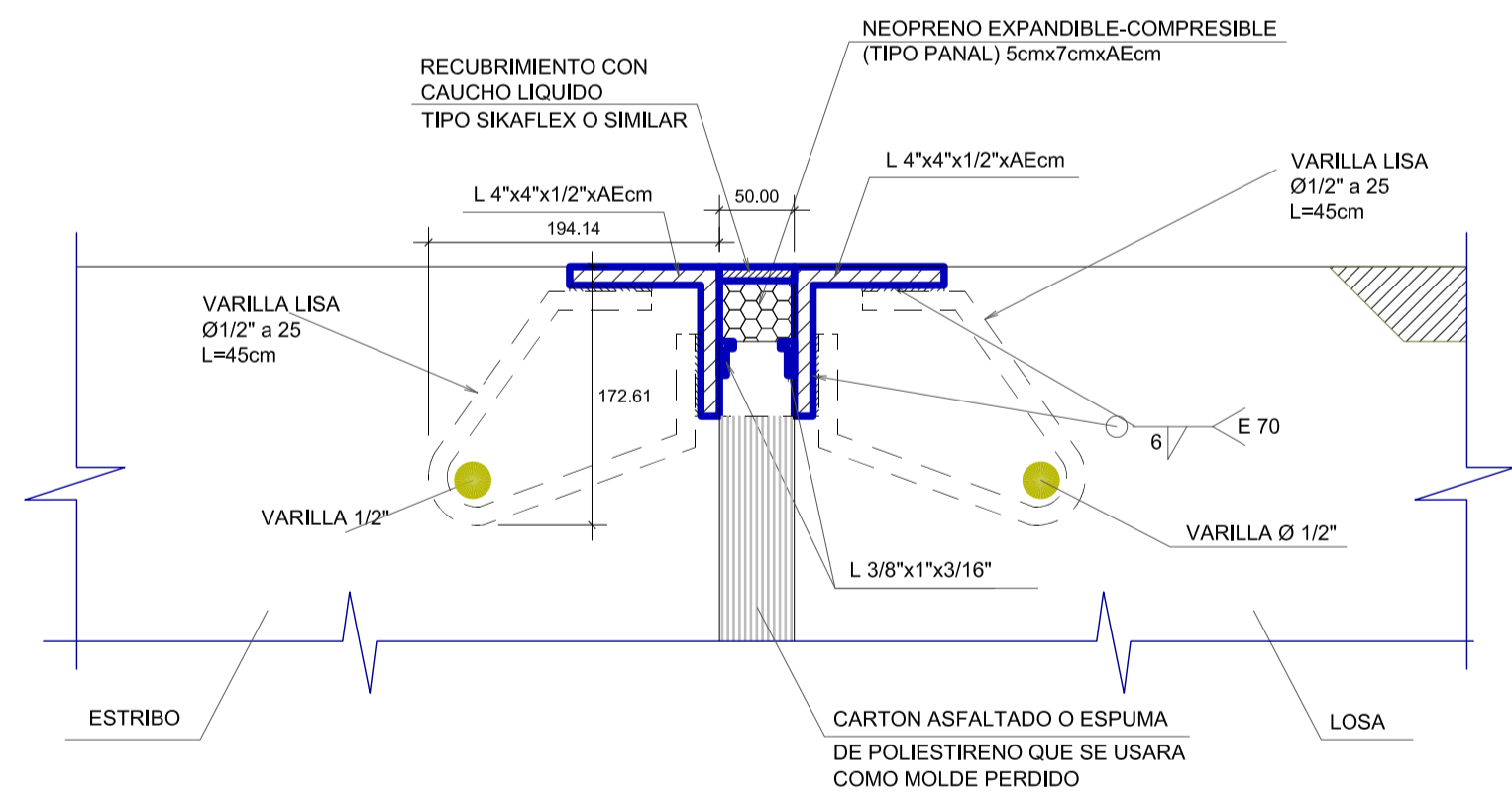
DETALLE DE APOYOS DE NEOPRENO
VISTA EN PLANTA

DIMENSIONES EN mm
 ESC: 1/5



DETALLE DE APOYOS DE NEOPRENO
VISTA m-m

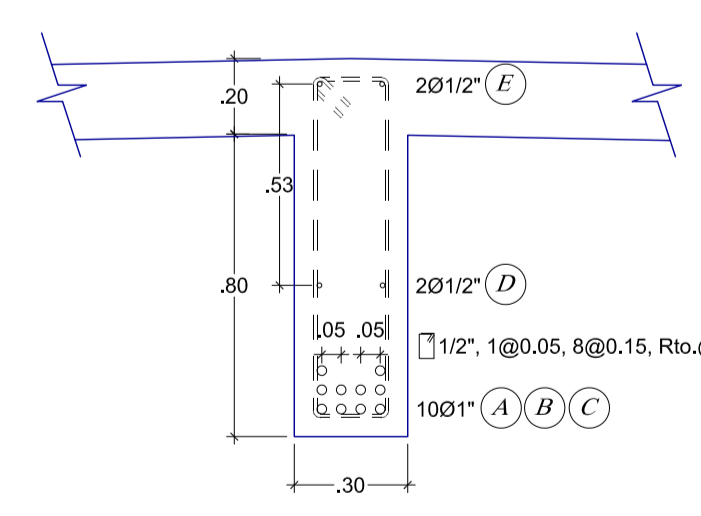
DIMENSIONES EN mm
 ESC: 1/5



NOTA: PARA LA APLICACION DEL CAUCHO LIQUIDO LAS SUPERFICIES DEBERAN ESTAR SECAS, LIMPIAS Y LIBRES DE TODA GRASA Y MATERIAL ANTIADHERENTES

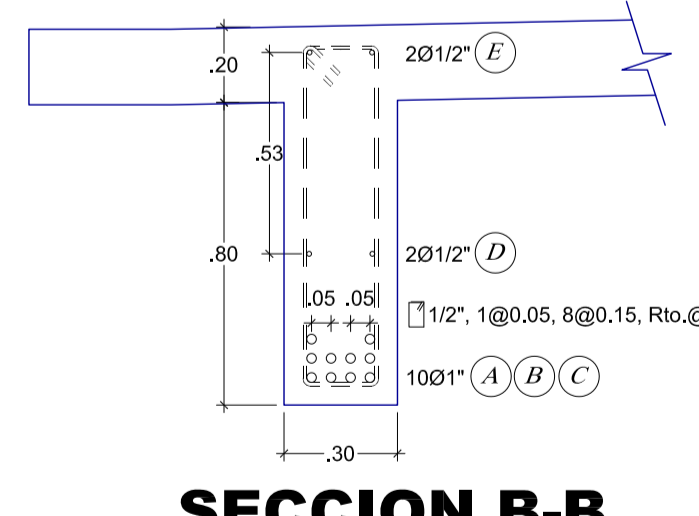
DETALLE DE JUNTA DE DILATACION

DIMENSIONES EN mm
 ESC: 1/5



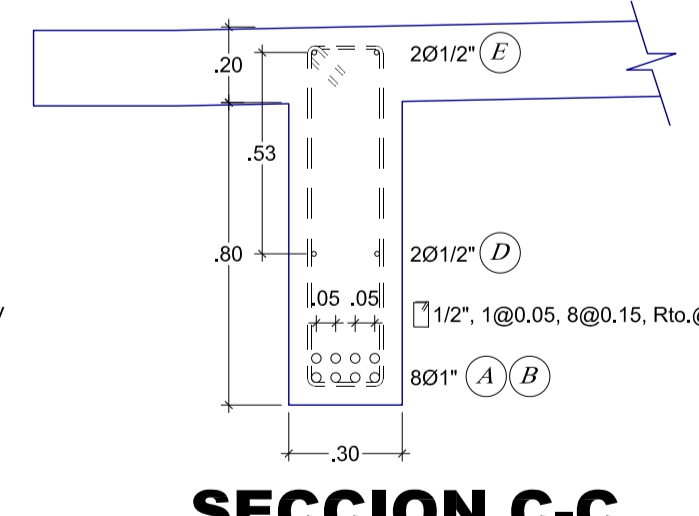
SECCION A-A

ESC: 1/20



SECCION B-B

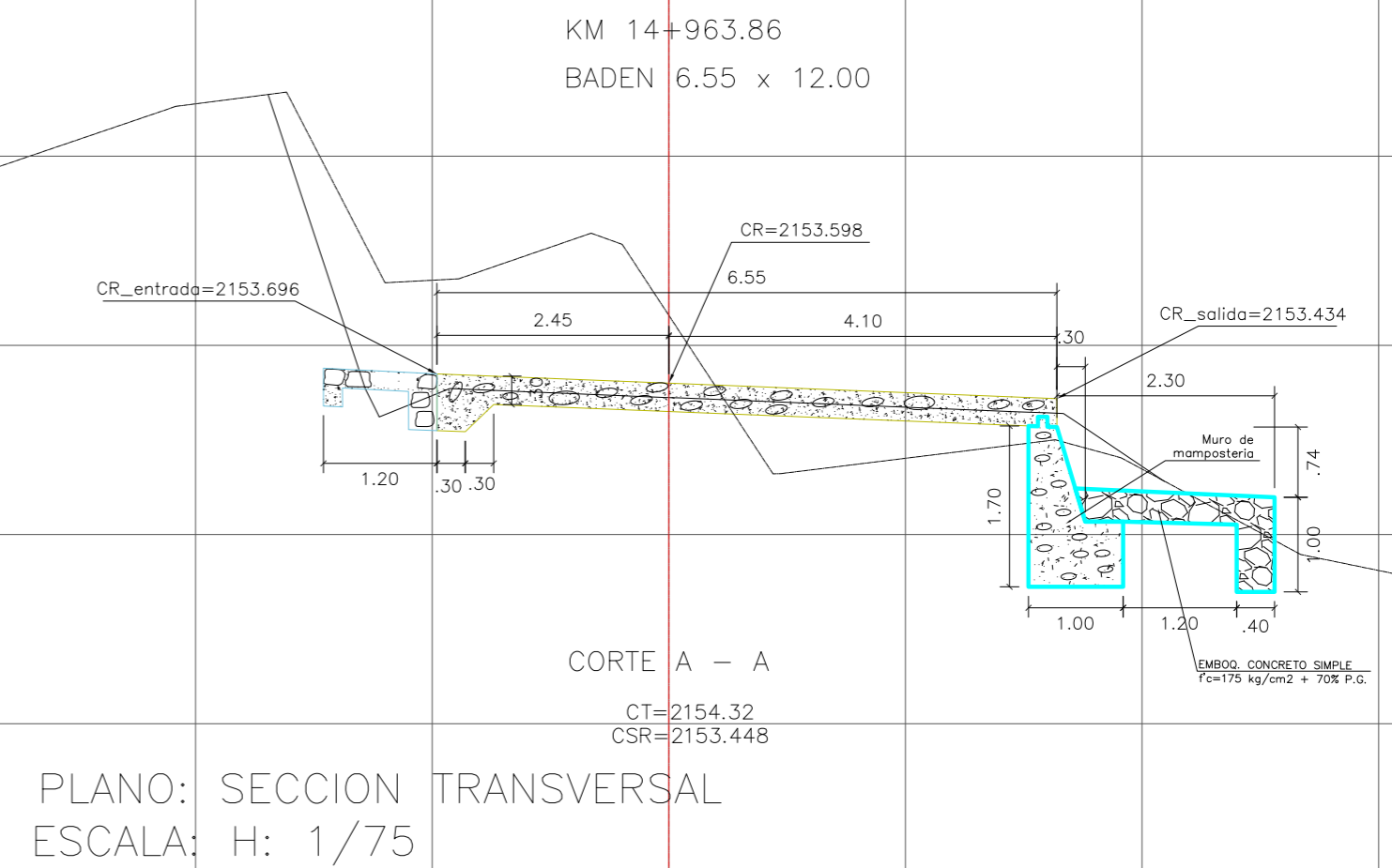
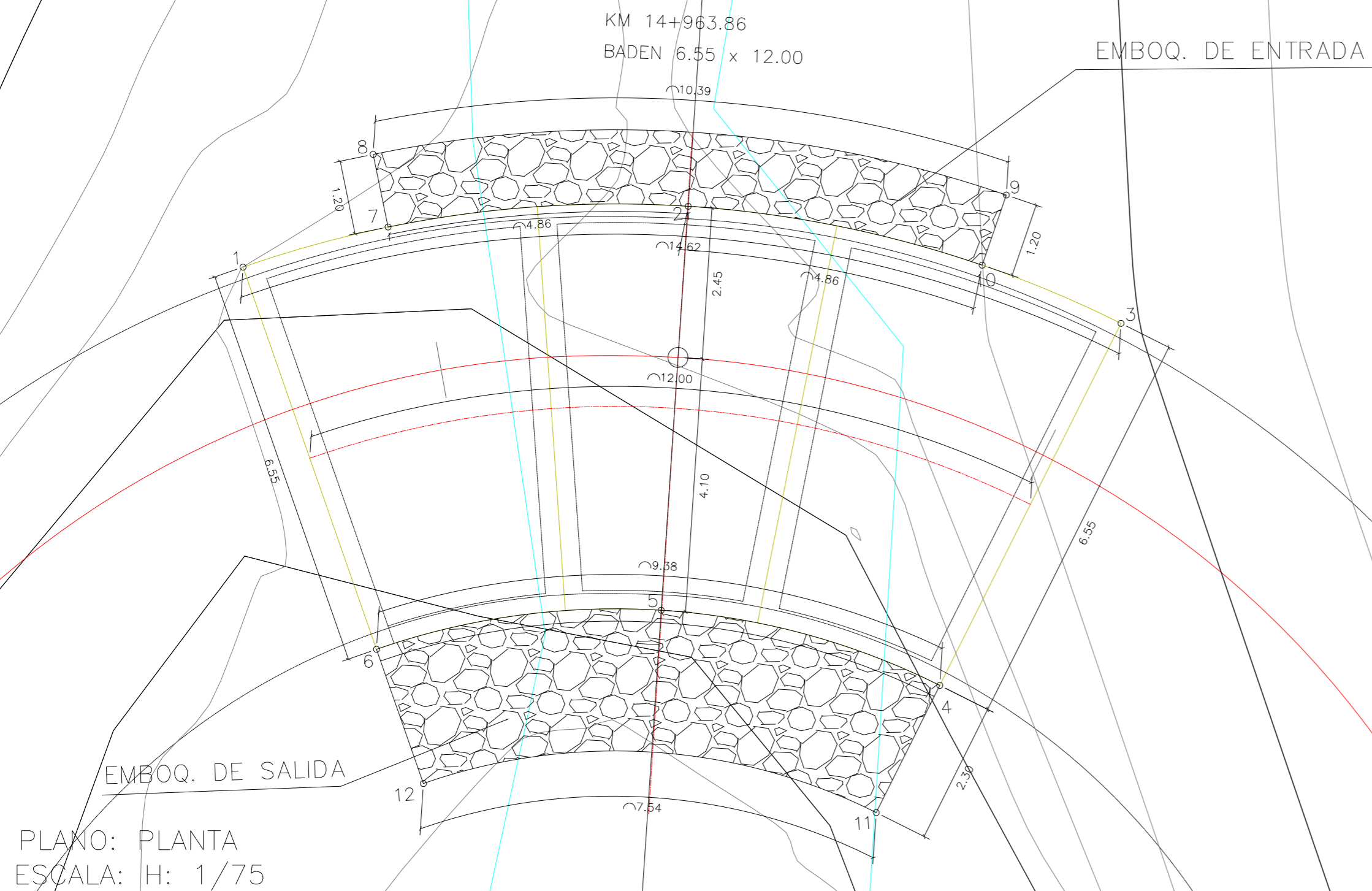
ESC: 1/20



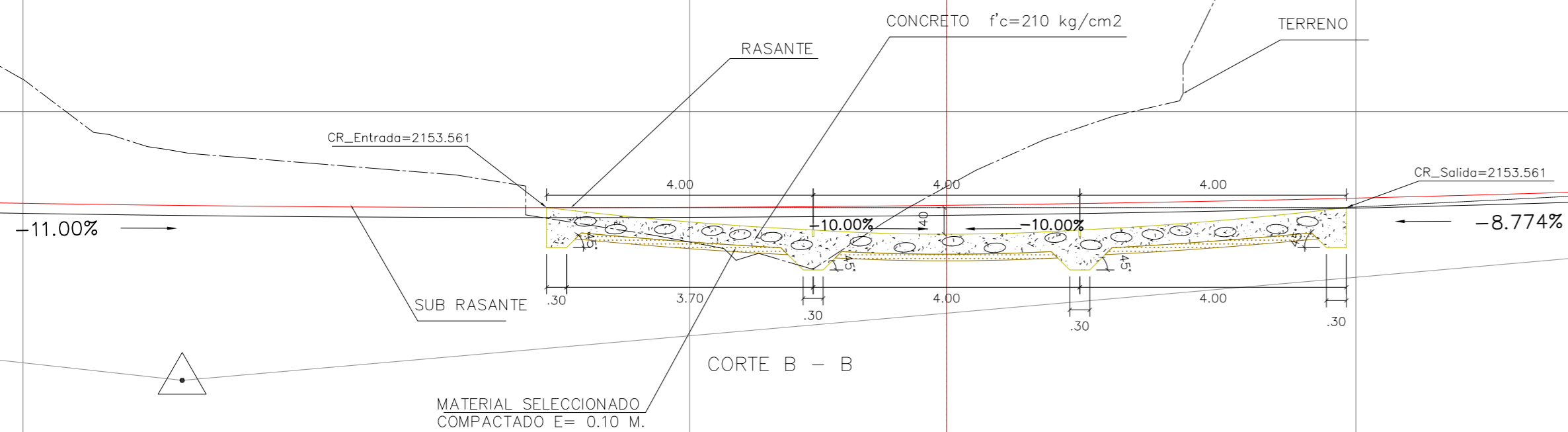
SECCION C-C

ESC: 1/20

ESPECIFICACIONES TECNICAS			
NORMATIVIDAD AASHTO LFRD 2004			
CONCRETO DE NIVELACION (SOLADO)	f _c = 140	Kg/cm ²	
CONCRETO EN ESTRIBOS	f _c = 210	Kg/cm ²	
CONCRETO EN LOSA DE TRANSICION	f _c = 280	Kg/cm ²	
CONCRETO EN VIGAS Y TABLERO	f _c = 280	Kg/cm ²	
ACERO DE REFUERZO EN VIGAS (ASTM A706)	f _y = 4200	Kg/cm ²	
ACERO DE REFUERZO EN RESTO (ASTM A615)	f _y = 4200	Kg/cm ²	
RECUBRIMIENTO			
EN LOSA :	Superior	: 5.0 cm	
	Inferior	: 2.5 cm	
EN ZAPATAS Y ESTRUCTURAS EN CONTACTO CON EL TERRENO		: 5.0 cm	
LONGITUDES MÍNIMAS DE ANCLAJE Y SOLAPE, SALVO INDICACIONES ESPECIFICAS EN LOS PLANOS			
Ø PULG.	ANCLAJE(cm)	TRASLAPE(cm)	GANCHOS(cm)
3/8"	40.0	50.0	15.0
1/2"	45.0	70.0	15.0
5/8"	60.0	90.0	20.0
3/4"	75.0	120.0	30.0
1"	130.0	180.0	35.0
1 3/8"	160.0	340.0	40.0



PLANO: PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: H: 1/75



CUADRO DE COORDENADAS			
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA
1	8915488.838	388673.778	2154.096
2	8915489.310	388681.032	2153.696
3	8915486.926	388687.882	2154.096
4	8915481.290	388684.544	2153.834
5	8915482.822	388680.135	2153.434
6	8915482.517	388675.495	2153.834
7	8915489.318	388676.165	2153.963
8	8915490.508	388676.007	2154.023
9	8915489.129	388686.178	2154.023
10	8915488.024	388685.709	2153.963
11	8915479.311	388683.372	2152.794
12	8915480.297	388676.098	2152.794

- ESPECIFICACIONES TECNICAS**
- CEMENTO PORTLAND TIPO I
 - EL BADEN SERA CONSTRUIDO DE CONCRETO
 - EL CONCRETO USADO EN BADEN SERA DE $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$
 - MORTERO C:H 1:10 +70% PM PARA EMBOQUILLADOS
 - MURO DE MANPOSTERIA DE PIEDRA $f'_c=175\text{kg/cm}^2 +30\%PM$
 - EL DIAMETRO DE PIEDRA MEDIANA MAX. SERA DE 6"
 - EL DIAMETRO DE PIEDRA GRANDE MAX. SERA 8"
 - JUNTA DE DILATACION 1" ARENA - ASFALTO RC-250

UBICACION DE PROGRESIVA (km)	LONGITUD DE EJE (m)	PENDIENTE TRANSVERSAL	LONGITUD TRANSVERSAL	FLECHA (m)	PROTECCION AGUAS ARRIBA (m)	PROTECCION AGUAS ABAJO (m)
14+963.86	12.00	4.00%	6.55	0.40	1.20	2.30

LEYENDA

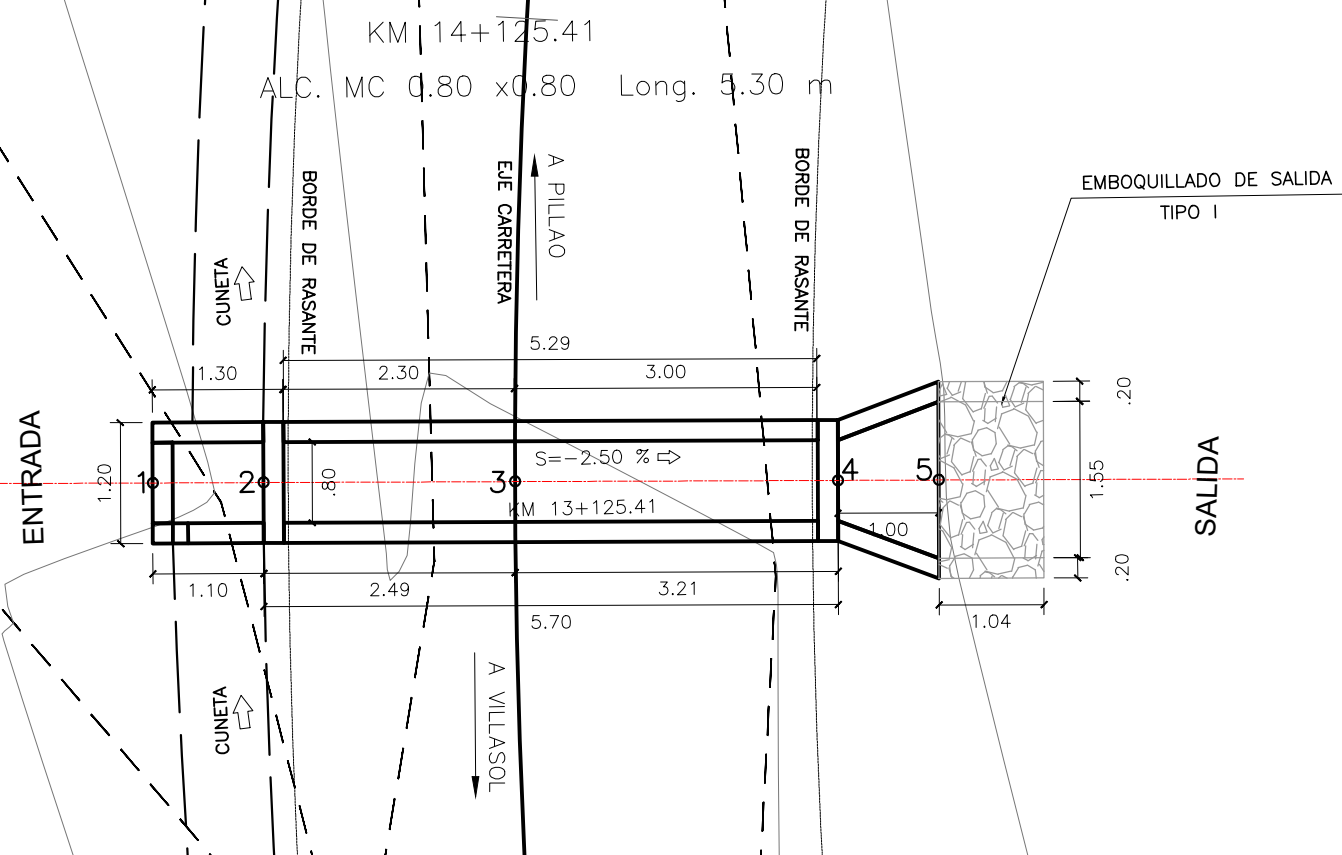
- Curva de Nivel Mayor
- Curva de Nivel Menor
- Borde Carretera Replanteo
- Borde Carretera existente
- Baden

CUADRO DE COORDENADAS

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA
1	8914936.695	388171.790	2243.653
2	8914935.660	388172.162	2243.653
3	8914933.312	388173.004	2243.591
4	8914930.294	388174.086	2243.511
5	8914929.353	388174.423	2243.486

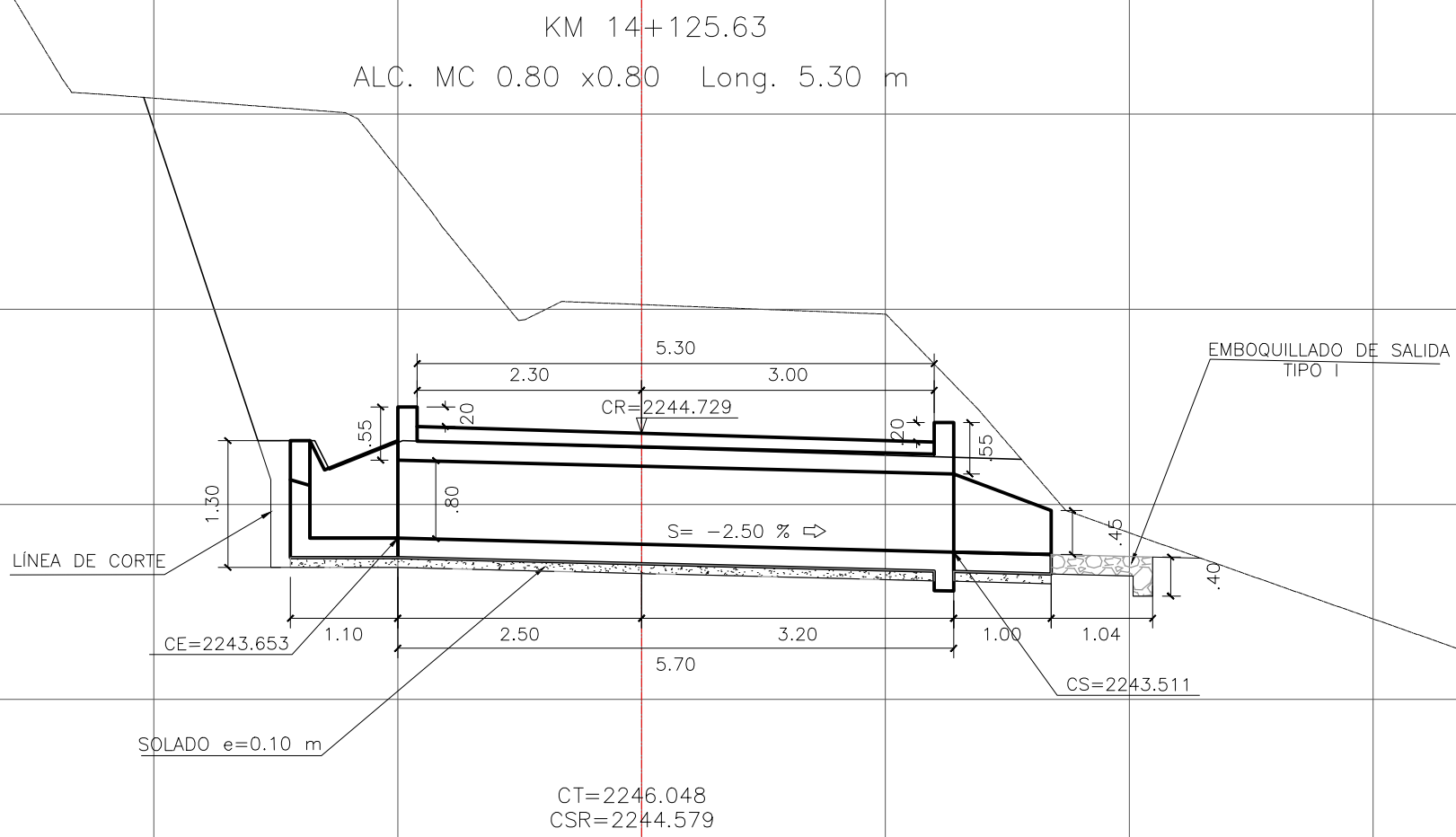
CUADRO DE RESUMEN

COTA DE ENTRADA	2243.653	m.s.n.m.
COTA DE RASANTE AL EJE	2244.729	m.s.n.m.
COTA DE SALIDA	2243.511	m.s.n.m.
LONGITUD	5.30	m
PENDIENTE	-2.50	%
ALCANTARILLA MARCO	TIPO III	0.80 x 0.80



PLANO: PLANTA
ESCALA: H: 1/75

PLANO: PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: H: 1/100





CONTRATISTA:
Consortio Contratistas Viales

RESIDENTE:
Jaime CISNEROS VALENZUELA
CIP N° 52448

SUPERVISOR:
Consortio Supervisor GD Villasol

JEFE DE SUPERVISIÓN:
Jaime PALACIOS ZEBALLOS
CIP N° 62606

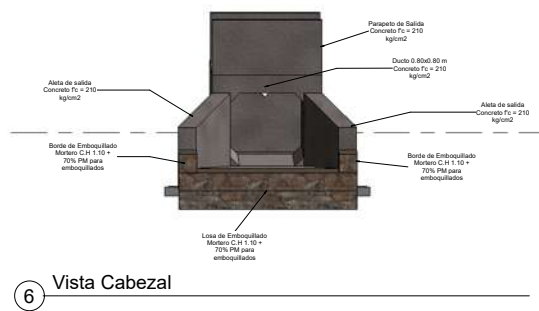
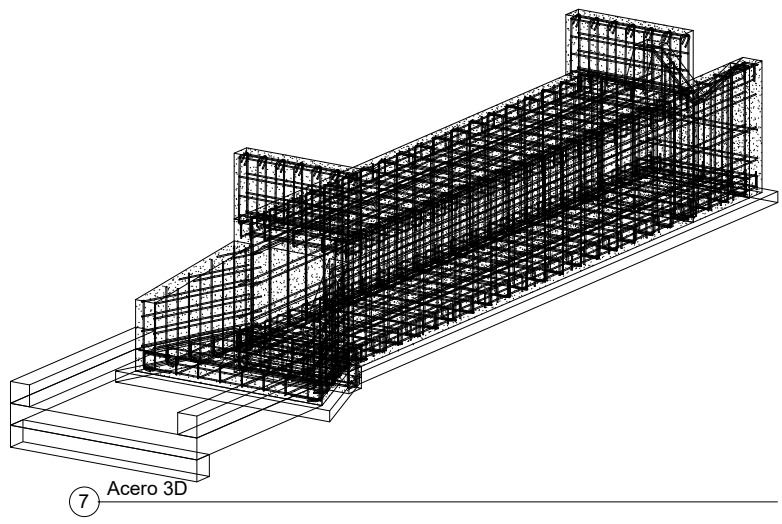
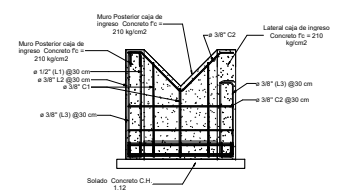
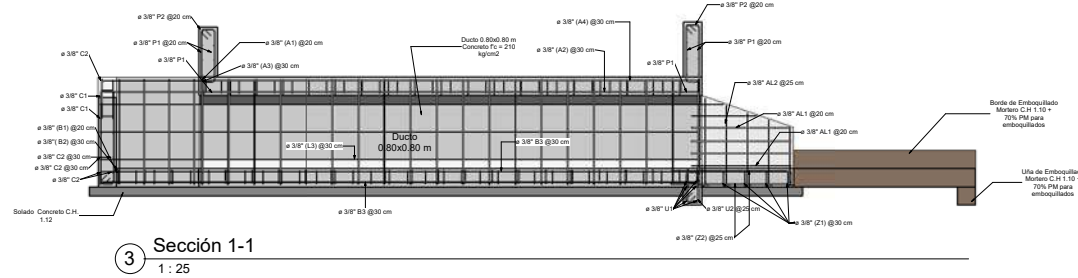
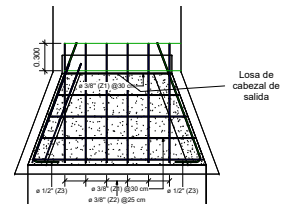
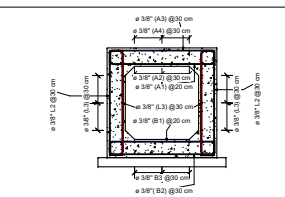
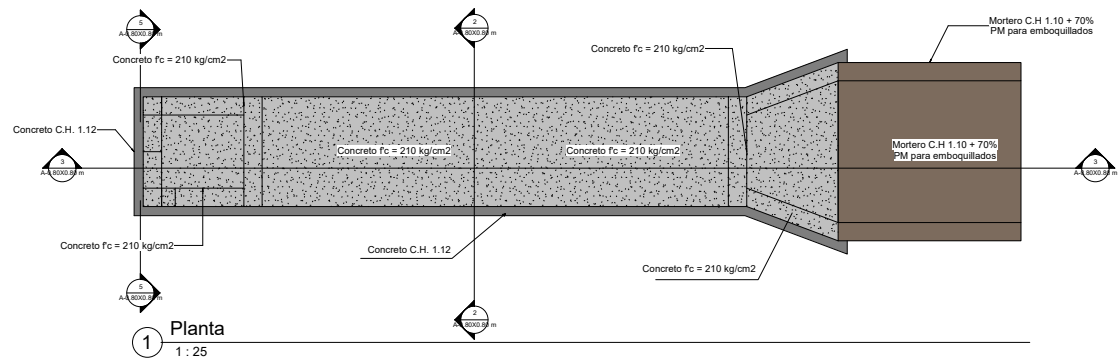
UBICACIÓN:

Departamento Huanuco
Provincia Huanuco
Distrito Chinchao y Pillao

PROYECTO:
Mejoramiento del Camino Vecinal de Villasol - Maraypampa - Huanucalla - Pillao, Distrito de Chinchao, Provincia y Departamento de Huanuco.

Plano Estructural

Número de proyecto 2020-01
Fecha 10/09/2020
Dibujado por Julian Berrocal Saccatoma
Comprobado por HPPB
A-0.80X0.80 m
Escala 1 : 25





1 Encofrado 3D

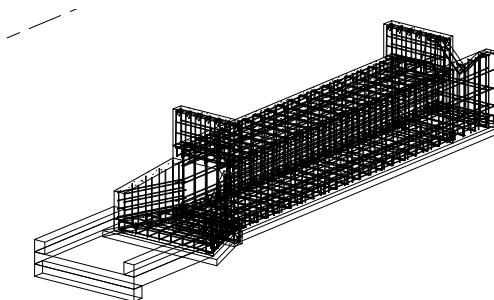
Metrado de Encofrados		
Tipo	Material: Nombre	Material: Área
Ducto 0.80x0.80 m	Encofrado y Desencofrado	27.85 m ²
Lateral caja de ingreso	Encofrado y Desencofrado	1.96 m ²
Muro Posterior caja de ingreso	Encofrado y Desencofrado	3.04 m ²
Aleta de salida	Encofrado y Desencofrado	1.43 m ²
Aleta de salida	Encofrado y Desencofrado	1.43 m ²
Lateral caja de ingreso	Encofrado y Desencofrado	2.16 m ²
Losa de Emboquillado	Encofrado y Desencofrado	5.09 m ²
Borde de Emboquillado	Encofrado y Desencofrado	1.68 m ²
Losa de cabezal de salida	Encofrado y Desencofrado	0.82 m ²
Parapeto de Entrada	Encofrado y Desencofrado	1.54 m ²
Parapeto de Salida	Encofrado y Desencofrado	1.68 m ²
Encofrado y Desencofrado		48.67 m ²
Total general		48.67 m ²



2 concreto

Tabla de Metrado Concreto		
Tipo	Material estructural	Volumen
Solado	Concreto C.H. 1.12	1.11 m ³
Concreto C.H. 1.12: 1		1.11 m ³
Ducto 0.80x0.80 m	Concreto f'c = 210 kg/cm2	4.51 m ³
Uña	Concreto f'c = 210 kg/cm2	0.05 m ³
Lateral caja de ingreso	Concreto f'c = 210 kg/cm2	0.19 m ³
Muro Posterior caja de ingreso	Concreto f'c = 210 kg/cm2	0.26 m ³
Aleta de salida	Concreto f'c = 210 kg/cm2	0.13 m ³
Aleta de salida	Concreto f'c = 210 kg/cm2	0.13 m ³
Lateral caja de ingreso	Concreto f'c = 210 kg/cm2	0.22 m ³
Losa de cabezal de salida	Concreto f'c = 210 kg/cm2	0.32 m ³
Parapeto de Entrada	Concreto f'c = 210 kg/cm2	0.13 m ³
Parapeto de Salida	Concreto f'c = 210 kg/cm2	0.14 m ³
Losa de caja de ingreso	Concreto f'c = 210 kg/cm2	0.14 m ³
Concreto f'c = 210 kg/cm2: 11		6.20 m ³
Losa de Emboquillado	Mortero C.H. 1.10 + 70% PM para emboquillados	0.78 m ³
Uña de Emboquillado	Mortero C.H. 1.10 + 70% PM para emboquillados	0.08 m ³
Borde de Emboquillado	Mortero C.H. 1.10 + 70% PM para emboquillados	0.16 m ³
Mortero C.H. 1.10 + 70% PM para emboquillados: 3		1.02 m ³

Tabla de Acero Estructural								
Codigo	Tipo	Diámetro de barra	Espaciado	Longitud de barra	Cantid ad	Longitud total de barra	Peso Lineal	Peso Total
Aleta	ø 3/8" AL1	10 mm	200 mm		4		0.557 kg/m	10.16 kg
Aleta	ø 3/8" AL2	10 mm	250 mm		1		0.557 kg/m	9.73 kg
Aleta: 24								19.89 kg
Cabezal de Entrada	ø 1/2" L1	13 mm	300 mm				0.996 kg/m	10.33 kg
Cabezal de Entrada	ø 3/8" C1	10 mm					0.557 kg/m	3.91 kg
Cabezal de Entrada	ø 3/8" C2	10 mm					0.557 kg/m	6.78 kg
Cabezal de Entrada	ø 3/8" L2	10 mm	300 mm				0.557 kg/m	5.84 kg
Cabezal de Entrada: 17								26.87 kg
Ducto Losa Inferior	ø 3/8" B1	10 mm	200 mm	1400 mm	32	44800 mm	0.557 kg/m	24.95 kg
Ducto Losa Inferior	ø 3/8" B2	10 mm	300 mm	1420 mm	22	31240 mm	0.557 kg/m	17.40 kg
Ducto Losa Inferior	ø 3/8" B3	10 mm					0.557 kg/m	48.13 kg
Ducto Losa Inferior: 8								90.48 kg
Ducto Losa Superior	ø 3/8" A1	10 mm	200 mm	1400 mm	28	39200 mm	0.557 kg/m	21.83 kg
Ducto Losa Superior	ø 3/8" A2	10 mm		5690 mm			0.557 kg/m	15.85 kg
Ducto Losa Superior	ø 3/8" A3	10 mm	300 mm	1440 mm	19	27360 mm	0.557 kg/m	15.24 kg
Ducto Losa Superior	ø 3/8" A4	10 mm					0.557 kg/m	28.52 kg
Ducto Losa Superior: 8								81.44 kg
Ducto Muro Lateral	ø 1/2" L1	13 mm	300 mm	1400 mm	20	28000 mm	0.996 kg/m	55.78 kg
Ducto Muro Lateral	ø 3/8" L2	10 mm	300 mm	1410 mm			0.557 kg/m	30.63 kg
Ducto Muro Lateral	ø 3/8" L3	10 mm			3		0.557 kg/m	43.78 kg
Ducto Muro Lateral: 8								130.19 kg
Losa - Cabezal salida	ø 1/2" Z3	13 mm		1640 mm	2	3280 mm	0.996 kg/m	6.53 kg
Losa - Cabezal salida	ø 3/8" Z1	10 mm	300 mm		1		0.557 kg/m	9.84 kg
Losa - Cabezal salida	ø 3/8" Z2	10 mm	250 mm	1430 mm	6	8580 mm	0.557 kg/m	9.56 kg
Losa - Cabezal salida: 14								25.93 kg
Parapeto 1	ø 3/8" P1	10 mm		1150 mm			0.557 kg/m	5.76 kg
Parapeto 1	ø 3/8" P2	10 mm	200 mm	1620 mm	7	11340 mm	0.557 kg/m	6.32 kg
Parapeto 1: 4								12.08 kg
Parapeto 2	ø 3/8" P1	10 mm		1150 mm			0.557 kg/m	5.76 kg
Parapeto 2	ø 3/8" P2	10 mm	200 mm	1720 mm	7	12040 mm	0.557 kg/m	6.71 kg
Parapeto 2: 4								12.47 kg
Uña	ø 3/8" U1	10 mm		1400 mm	1	1400 mm	0.557 kg/m	4.68 kg
Uña	ø 3/8" U2	10 mm	250 mm	1130 mm	6	6780 mm	0.557 kg/m	3.78 kg
Uña: 7								8.46 kg
Total general								407.82 kg



3 {3D}



CONTRATISTA:

Consorcio Contratistas Viales

RESIDENTE:

Jaime CISNEROS VALENZUELA
CIP N° 52448

SUPERVISOR:

Consorcio Supervisor Grupo GD Villasol

JEFE DE SUPERVISIÓN:

Ing. Jaime PALACIOS ZEBALLOS
CIP N° 62606

UBICACIÓN:

Departamento: Huanuco
Provincia: Huanuco
Distritos: Chinchao y Pillao

Proyecto:

Mejoramiento del Camino Vecinal de Villasol
- Maraypampa - Huanucalla - Pillao, Distrito
de Chinchao, Provincia y Departamento de
Huanuco.

Plano de Metrado

Número de proyecto: 2020-01
Fecha: 15 de junio 2021
Dibujado por: Julian Berrocal Saccatoma
Comprobado por: HPPB

A - 153

Escala