

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**" IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE  
MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA  
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "**

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

**AUTOR:**

**BACH. ALCIDES LANDA NACHUCHO**

**ASESOR:**

**MCS. ING. HÉCTOR HUGO MIRANDA TEJADA**

**CAJAMARCA – PERÚ**

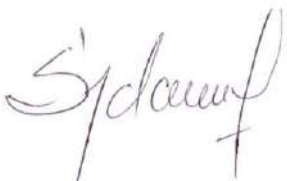

**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### FACULTAD DE INGENIERÍA

- Investigador:** ALCIDES LANDA NACHUCHO  
**DNI:** 47242694  
**Escuela Profesional:** Ingeniería Civil
- Asesor:** Héctor Hugo Miranda Tejada  
**Facultad:** Ingeniería
- Grado académico o título profesional**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
- Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**  
"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"
- Fecha de evaluación:** 06/01/2025
- Software antiplagio:**       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 14 %
- Código Documento:** oid:3117:419530535
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 23/01/2024

|  |  |
|--|--|
| <br><hr/> <p><b>FIRMA DEL ASESOR</b><br/><b>Nombres y Apellidos Héctor Hugo Miranda Tejada</b><br/><b>DNI: 26617213</b></p> |  <p>Firmado digitalmente por:<br/>BAZAN DIAZ Laura Sofia<br/>FAU 20148258601 soft<br/>Motivo: En señal de conformidad<br/>Fecha: 23/01/2025 07:29:51-0500</p> <hr/> <p><b>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</b></p> |
|--|--|



## ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA."

ASESOR : Mg. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0046-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 16 de enero de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **veintidós días del mes de enero de 2025**, siendo las diez horas (10:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.  
Vocal : M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva.  
Secretario : M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA" presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil **ALCIDES LANDA NACHUCHO**, asesorado por el Mg. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

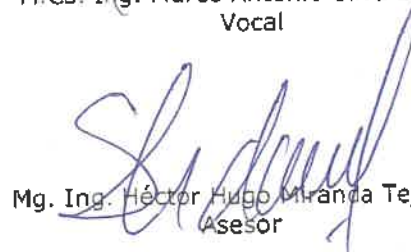
EVALUACIÓN PRIVADA : .....06..... PTS.  
EVALUACIÓN PÚBLICA : .....11..... PTS.  
EVALUACIÓN FINAL : .....17..... PTS. ....Diecisiete..... (En letras)

En consecuencia, se lo declara **A. PROBADO** con el calificativo de **Diecisiete** acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las **11:15** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

  
Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.  
Presidente

  
M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva.  
Vocal

  
M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.  
Secretario

  
Mg. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.  
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



**EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.**

Bachiller en Ingeniería Civil: ALCIDES LANDA NACHUCHO.

| RUBRO   | PUNTAJE             |
|---|---------------------|
|   | Máximo/Calificación |
| <b>2. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA</b>              |                     |
| 2.1. Capacidad de síntesis                        | 03                  |
| 2.2. Dominio del tema                             | 03                  |
| 2.3. Consistencia de las alternativas presentadas | 03                  |
| 2.4. Precisión y seguridad en las respuestas      | 02                  |
| <b>PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)</b>           | <b>11</b>           |

Cajamarca, 22 de enero de 2025

  
Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.  
Presidente

  
M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva.  
Vocal

  
M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.  
Secretario

  
Mg. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.  
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



**EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.**

Bachiller en Ingeniería Civil: ALCIDES LANDA NACHUCHO.

| RUBRO                                     | PUNTAJE    |
|---|------------|
| A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA | 06         |
| B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA | 11         |
| <b>EVALUACIÓN FINAL</b>                   |            |
| EN NÚMEROS ( A + B )                      | 17         |
| EN LETRAS ( A + B )                       | Diecisiete |
| - Excelente 20 - 19                       |            |
| - Muy Bueno 18 - 17                       |            |
| - Bueno 16 - 14                           |            |
| - Regular 13 a 11                         |            |
| - Desaprobado 10 a menos                  |            |

Cajamarca, 22 de enero de 2025

Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.  
Presidente

M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva.  
Vocal

M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.  
Secretario

Mg. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.  
Asesor

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios, por su infinito amor y por guiarme en cada paso que doy en esta vida.*

*A mi querida madre, por su amor incondicional y su apoyo constante; a mi padre, que está en el cielo, su recuerdo sigue siendo una inspiración en cada paso de mi vida; y a mis hermanos, gracias por ser mis compañeros de vida, por los aprendizajes y los momentos difíciles que hemos superado juntos. Gracias a todos ustedes mi familia por ser mi inspiración y mi motor cada día.*

*A mi asesor de tesis, ingeniero Hugo Miranda Tejada, por su apoyo en la elaboración de esta investigación.*

*Y por último, quiero agradecer a todos los docentes que fueron parte de mi formación en mi querida alma mater UNC.*

## DEDICATORIA

*A mi madre, María Esperanza Nachucho Gonzales, por ser mi pilar y ejemplo de amor y valentía; a mi padre, José de la Cruz Landa Quito, que desde el cielo sigue iluminando mi camino con su sabiduría y cariño; a mis hermanos: Elías, Héctor, Gilberto, Jaime e Isac, por su apoyo constante y su compañía en cada paso de mi vida.*

## CONTENIDO

|  |      |
|--|------|
| AGRADECIMIENTO.....                                      | ii   |
| DEDICATORIA.....   | iii  |
| CONTENIDO.....   | iv   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                   | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                  | viii |
| RESUMEN .....  | xiii |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....                           | 1    |
| 1.1. Planteamiento del problema .....                    | 1    |
| 1.2. Formulación del problema.....                       | 2    |
| 1.3. Hipótesis .....                                     | 3    |
| 1.4. Justificación de la investigación .....             | 3    |
| 1.5. Alcances o delimitación de la investigación .....   | 3    |
| 1.6. Limitaciones .....                                  | 4    |
| 1.7. Objetivos.....                                      | 4    |
| 1.7.1. Objetivo General .....                            | 4    |
| 1.7.2. Objetivos Específicos.....                        | 4    |
| 1.8. Descripción de los contenidos de los capítulos..... | 5    |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....                          | 6    |
| 2.1. Antecedentes teóricos .....                         | 6    |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales.....                 | 6    |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales .....                     | 7    |
| 2.1.3. Antecedentes Locales.....                         | 9    |
| 2.2. Bases teóricas .....                                | 10   |
| 2.2.1. Gestión de proyectos de construcción.....         | 10   |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.2. Building Information Modeling (BIM) .....  | 11        |
| 2.2.3. Marco Normativo BIM .....  | 12        |
| 2.2.4. Metas del Plan BIM en el Sistema Nacional de Programación Multianual y<br>Gestión de Inversiones ..... | 13        |
| 2.2.5. Beneficios de la adopción BIM.....   | 15        |
| 2.2.6. Dimensiones BIM.....   | 16        |
| 2.2.7. Avances de la medida de política 1.2: Plan BIM Perú .....  | 18        |
| 2.2.8. Marco estratégico para los planes de implementación .....  | 20        |
| 2.2.9. Metodología convencional Vs. Metodología BIM .....   | 20        |
| 2.2.10. Softwares BIM.....  | 22        |
| 2.3. Definición de términos básicos .....   | 24        |
| <b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>   | <b>26</b> |
| 3.1. Ubicación geográfica del proyecto .....  | 26        |
| 3.2. Época de la investigación .....  | 28        |
| 3.3. Metodología .....  | 28        |
| 3.3.1. Tipo de investigación .....  | 28        |
| 3.3.2. Nivel de investigación .....   | 29        |
| 3.3.3. Diseño de investigación .....  | 29        |
| 3.3.4. Población de estudio.....  | 29        |
| 3.3.5. Muestra .....  | 29        |
| 3.3.6. Unidad de análisis.....  | 29        |
| 3.4. Procedimiento .....  | 30        |
| 3.4.1. Observación In Situ de la zona del proyecto.....   | 30        |
| 3.4.2. Revisión del expediente técnico.....   | 32        |
| 3.4.3. Uso de los Accesos directos a datos en Autodesk Civil 3D .....   | 32        |

|   |     |
|---|-----|
| 3.4.4. Verificación del diseño geométrico. ....   | 39  |
| 3.4.5. Proceso de trabajo en Autodesk Revit .....   | 44  |
| 3.4.6. Proceso de trabajo en Autodesk InfraWorks .....  | 49  |
| 3.4.7. Integración del modelo en Navisworks .....   | 49  |
| 3.4.8. Cuantificación de metrados con la Metodología BIM .....  | 50  |
| 3.4.9. BIM 4D para la planificación. ....   | 50  |
| 3.5. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.....   | 51  |
| 3.5.1. Verificación de los parámetros del diseño geométrico .....   | 51  |
| 3.5.2. Identificación de inconsistencias en la información presentada en el<br>expediente técnico del proyecto.....   | 62  |
| 3.5.3. Identificación de errores en el diseño del proyecto mediante el modelado<br>de la vía y las obras de arte..... | 67  |
| 3.5.4. Variación en los metrados.....   | 77  |
| CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....   | 99  |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....  | 101 |
| 5.1. Conclusiones .....   | 101 |
| 5.2. Recomendaciones .....  | 102 |
| CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 103 |
| ANEXOS .....  | 108 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Tabla 1. Metas del Plan BIM en el Invierte.pe.....                                 | 13          |
| Tabla 2. Avances de la medida de política 1.2: Plan BIM Perú.....                  | 18          |
| Tabla 3. Ubicación Geográfica del proyecto en estudio .....                        | 28          |
| Tabla 4: Datos generales del proyecto.....   | 40          |
| Tabla 5: Parámetros de diseño geométrico.....                                      | 41          |
| Tabla 6: proporción del peralte a desarrollar en tangente.....                     | 44          |
| Tabla 7: Verificación de los radios de las curvas horizontales .....               | 51          |
| Tabla 8: Verificación de las longitudes de tramos en tangente .....                | 53          |
| Tabla 9: Elementos de curvas horizontales.....                                     | 55          |
| Tabla 10: Verificación de las longitudes de las curvas verticales .....            | 60          |
| Tabla 11: Formato para importar elementos de la transición de peralte a Civil 3D.. | 61          |
| Tabla 12: Altura de cobertura mínimas y máximas .....                              | 75          |
| Tabla 13: Tipo de incidencia y cotas corregidas .....                              | 76          |
| Tabla 14: Resumen de metrados .....  | 88          |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura N° 1. Modelado BIM no es solo una geometría 3D .....   | 11 |
| Figura N° 2: Involucrados para la adopción de la Metodología BIM.....   | 14 |
| Figura N° 3: Curva de MacLeamy .....  | 15 |
| Figura N° 4: Las siete dimensiones de BIM. ....   | 17 |
| Figura N° 5: Marco estratégico para los planes de implementación. ....  | 20 |
| Figura N° 6: Metodología convencional Vs. Metodología BIM .....   | 21 |
| Figura N° 8: Ubicación geográfica del proyecto en estudio.....  | 26 |
| Figura N° 9 : Ubicación del tramo KM 18+000 – 26+300 .....  | 27 |
| Figura N° 10: Situación actual de la carretera Cajamarca - Chetilla. Altura del Bosque de Piedras de Sexemayo ..... | 30 |
| Figura N° 11: Situación actual de la carretera Cajamarca - Chetilla. Punto inicial del tramo en estudio. ....       | 31 |
| Figura N° 12: Situación actual de la carretera Cajamarca - Chetilla. Altura del Caserío Alto Chetilla. ....         | 31 |
| Figura N° 13: Esquema del uso de los Accesos directos a datos .....   | 32 |
| Figura N° 14: Ruta de ubicación de la Plantilla de Proyectos de civil 3D.....                                       | 33 |
| Figura N° 15: Plantilla para el modelo de gestión de carreteras .....   | 33 |
| Figura N° 16: Estructura de carpetas del proyecto que deberán incluirse en la plantilla del proyecto.....           | 34 |
| Figura N° 17: Carpeta de trabajo personalizado .....  | 34 |
| Figura N° 18: Selección de carpeta de trabajo.....  | 35 |

|  |    |
|--|----|
| Figura N° 19: Creación de un nuevo proyecto. ....  | 36 |
| Figura N° 20: Accesos directos a datos con el proyecto establecido .....                     | 36 |
| Figura N° 21: Nuevo proyecto creado en la carpeta de trabajo.....                            | 37 |
| Figura N° 22: carpeta del proyecto con acceso directo a datos. ....                          | 37 |
| Figura N° 23: Asociacion del dibujo actual a la carpeta del proyecto.....                    | 38 |
| Figura N° 24: creación del acceso directo de datos para la superficie del proyecto.<br>..... | 38 |
| Figura N° 25: creación de referencias de los componentes del proyecto.....                   | 39 |
| Figura N° 26: Resultados del estudio de tráfico del expediente técnico.....                  | 40 |
| Figura N° 27: datos de diseño del expediente técnico .....                                   | 42 |
| Figura N° 28: Diagrama transición de peralte de las curvas PI 165 y PI 166 .....             | 43 |
| Figura N° 29: Puntos críticos de la transición de peralte.....                               | 43 |
| Figura N° 30: Familia de Alcantarilla TMC de Alivio.....                                     | 45 |
| Figura N° 31: Familia de Alcantarilla TMC de Pase. ....                                      | 45 |
| Figura N° 32: Alcantarilla georreferenciada en Autodesk Revit.....                           | 46 |
| Figura N° 33: Extracción de solido del Corredor. ....  | 47 |
| Figura N° 34: Exportación de Alcantarilla de Revit a Civil 3D .....                          | 47 |
| Figura N° 35: Alcantarilla TMC importada en Autodesk Civil 3D.....                           | 48 |
| Figura N° 36: Alcantarilla TMC importada con vista como solido en Autodesk Civil 3D<br>..... | 48 |

|  |    |
|--|----|
| Figura N° 37: visualización 3D de un tramo del modelo integrado de la infraestructura vial.....                          | 49 |
| Figura N° 38: Integración del modelo en Navisworks.....  | 50 |
| Figura N° 39: Cuadro de propiedades de las alcantarillas de alivio. ....   | 62 |
| Figura N° 40: Cuadro de metrados de TMC de alcantarillas de alivio.....  | 63 |
| Figura N° 41: Sentido de flujo de la alcantarilla proyectada 20+750 en el plano clave y en el sustento de metrados ..... | 64 |
| Figura N° 42: Sentido de flujo de la alcantarilla proyectada 20+750 en el plano de Alcantarillas.....                    | 64 |
| Figura N° 43: Sentido de flujo de la alcantarilla proyectada 22+750 en el plano de Alcantarillas.....                    | 65 |
| Figura N° 44: Sentido de flujo de la alcantarilla proyectada 22+750 en el plano de Alcantarillas.....                    | 65 |
| Figura N° 45: ubicación de la alcantarilla en el software Revit.....   | 65 |
| Figura N° 46: Sección transversal de alcantarilla proyectada 18+351 en el plano de Alcantarillas.....                    | 66 |
| Figura N° 47: Secciones transversales del km 18+320 al km 18+360 .....   | 66 |
| Figura N° 48: Secciones transversales del km 18+520 al km 18+540 .....   | 67 |
| Figura N° 49: Tramo de cuneta innecesaria.....   | 68 |
| Figura N° 50: Secciones transversales del km 19+200 al km 19+230 .....   | 68 |
| Figura N° 51: Tramo discontinuo de cuneta .....  | 69 |

|   |    |
|---|----|
| Figura N° 52: Incidencia tipo 1 de la ubicación de la alcantarilla proyectada 18+351(ALC 01).....                   | 70 |
| Figura N° 53: Ubicación de la alcantarilla proyectada 18+351en el plano del expediente técnico. ....                | 70 |
| Figura N° 54: Ubicación de la alcantarilla proyectada 18+351 en Revit.....  | 71 |
| Figura N° 55: Interferencias generadas en Navisworks .....  | 71 |
| Figura N° 56: Incidencia tipo 2 de la ubicación de la alcantarilla proyectada 19+170 (ALC 04).....                  | 72 |
| Figura N° 57: Verificación de correcta ubicación de las alcantarillas en la vía con el software InfraWorks .....    | 73 |
| Figura N° 58: Incidencia tipo 3 de la ubicación de la alcantarilla proyectada 22+100 (ALC 16).....                  | 73 |
| Figura N° 59: Incidencia tipo 4 de la alcantarilla proyectada 19+932 (ALC 6) .....                                  | 74 |
| Figura N° 60: Incidencia tipo 5 de la alcantarilla proyectada 21+080 (ALC 11) .....                                 | 75 |
| Figura N° 61: Sustento de metrado de movimiento de tierras del expediente técnico del proyecto en estudio. ....     | 78 |
| Figura N° 62: Tabla de cuantificación de metrados en Civil 3D .....   | 79 |
| Figura N° 63: Sustento de metrado de mejoramiento de subrasante del expediente técnico del proyecto en estudio..... | 80 |
| Figura N° 64: Tabla de planificación de volumen de concreto. ....   | 81 |
| Figura N° 65: Tabla de cuantificación de suministro y colocación de TMC .....                                       | 82 |
| Figura N° 66: Modelado de encofrado de los componentes de las alcantarillas .....                                   | 83 |

|  |    |
|--|----|
| Figura N° 67: Reporte de metrados de encofrado en Revit.....   | 84 |
| Figura N° 68: Modelado de acero en el cabezal .....  | 85 |
| Figura N° 69: Modelado de acero en el cajón receptor .....   | 85 |
| Figura N° 70: Reporte de metrado de acero .....  | 87 |
| Figura N° 71: Comparación porcentual del metrado según la Metodología Tradicional y BIM – Movimiento de tierras.....               | 90 |
| Figura N° 72: Comparación porcentual del metrado según la Metodología Tradicional y BIM – Afirmados y Capas anticontaminantes..... | 91 |
| Figura N° 73: Comparación porcentual del metrado según la Metodología Tradicional y BIM – Drenaje – Alcantarillas de alivio .....  | 92 |
| Figura N° 74: Cronograma de obra en MS Project. Parte 1 .....  | 94 |
| Figura N° 75: Cronograma de obra en MS Project. Parte 2 .....  | 95 |
| Figura N° 76: Cronograma de obra en NAVISWORKS. Parte 1 .....  | 96 |
| Figura N° 77: Cronograma de obra en NAVISWORKS. Parte 2 .....  | 97 |
| Figura N° 78: Cronograma de obra en NAVISWORKS. Parte 3 .....  | 98 |

## RESUMEN

La implementación de la metodología *Building Information Modeling* (BIM) en proyectos de infraestructura vial es de gran importancia debido a que ofrece una serie de beneficios que pueden transformar la manera en que diseñamos y construimos nuestras carreteras. El objetivo de este trabajo fue Identificar y corregir errores en el diseño del proyecto de mejoramiento de la carretera Cajamarca - Chetilla, mediante la implementación de la metodología BIM. El procedimiento ha consistido en analizar el expediente técnico elaborado con metodología tradicional, identificando incompatibilidades para luego corregir mediante esta nueva metodología. Para ello se llevó a cabo el modelamiento del diseño de la infraestructura vial y sus componentes, luego de la corrección se determinó los nuevos metrado para luego determinar las variaciones existentes frente a los metrados del expediente técnico. Los resultados obtenidos muestran que la principal variación de los metrados se puede observar en los componentes de las obras de arte. Al implementar la metodología BIM en la infraestructura vial de estudio, se logró una mayor precisión en los metrados y el plazo de ejecución en comparación con la metodología tradicional. por lo que podemos concluir que la adopción de BIM en proyectos viales permite optimizar la etapa de diseño, gracias a sus capacidades de modelado 3D, coordinación de disciplinas y gestión de la información.

**Palabras claves:** Metodología BIM, implementación BIM, construcción virtual, metrado y plazo de ejecución.

## ABSTRACT

The implementation of Building Information Modeling (BIM) methodology in road infrastructure projects is of great importance because it offers a series of benefits that can transform the way we design and construct our roads. The objective of this work was to identify and correct errors in the design of the Cajamarca - Chetilla road improvement project through the implementation of the BIM methodology. The procedure has consisted of analyzing the technical file prepared using traditional methodology, identifying incompatibilities, and then correcting them using this new methodology. For this purpose, the modeling of the road infrastructure design and its components was carried out, and after the correction, the new measurements were determined to then identify the existing variations compared to the measurements in the technical file. The results obtained show that the main variation in the measurements can be observed in the components of the art works. By implementing the BIM methodology in the studied road infrastructure, greater accuracy in the measurements and execution time was achieved compared to the traditional methodology. so we can conclude that the adoption of BIM in road projects allows for the optimization of the design stage, thanks to its 3D modeling capabilities, discipline coordination, and information management.

**Keywords:** BIM methodology, BIM implementation, virtual construction, measurement, and execution time.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

El desarrollo de la infraestructura vial en el Perú enfrenta serios desafíos. Según el Plan Nacional de Infraestructura para la competitividad (2019), la situación actual del desarrollo de la infraestructura en el Perú, se encuentra retrasada en relación con sus pares regionales y países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), ubicándose en el puesto 85 de los 137 países que forman parte de esta Organización. Además, el indicador de calidad de infraestructura 2017-2018 señala que las carreteras y otras infraestructuras de transporte presentan un nivel de calidad del 40%, reflejando las limitaciones del sistema actual.

En este contexto, la metodología Building Information Modeling (BIM) se presenta como una alternativa efectiva. BIM es una metodología que cuenta con un trabajo colaborativo desde su diseño hasta la gestión de proyectos de obras civiles, generando un modelo con una gran base de datos, lo que permite el mencionado trabajo colaborativo desde que inicia la idea hasta su fase última, que viene a ser la de mantenimiento; esto implica pasar por periodos de análisis de alternativas, ingeniería de detalle, coordinación, planificación temporal y de costos.

A nivel internacional, la metodología BIM ha transformado la gestión de proyectos de infraestructura al mejorar la eficiencia y reducir costos. Países como el Reino Unido exigen su uso en proyectos públicos desde 2016, logrando mayor precisión y coordinación en las obras. En los países nórdicos, BIM se ha integrado en estándares nacionales, destacando su impacto positivo en la planificación y mantenimiento de infraestructuras. Según McKinsey & Company (2020), BIM ha

aumentado la productividad del sector construcción hasta en un 20%, convirtiéndose en una herramienta clave para enfrentar los desafíos de proyectos complejos.

En el Perú, la implementación de la metodología BIM como una nueva forma de trabajo, se está dando de manera progresiva. Dicha metodología ya se está considerando en los proyectos a cargo entidades privadas; sin embargo, en las entidades del estado, esta metodología se encuentra en proceso de implementación. (Marín B., Correa y Marín, 2021).

El nivel de implementación de BIM en Cajamarca a nivel de instituciones públicas es muy bajo, según un estudio realizada por Jauregui (2022), determina que menos del 33% de los profesionales del Gobierno Regional de Cajamarca tienen conocimiento o implementan la metodología BIM, recomendando la capacitación adecuada al personal de la Gerencia Regional de Infraestructura y formar así el Equipo Técnico BIM. Por otra parte, Culque (2019) realizó una evaluación del nivel de implementación de la metodología BIM en empresas constructoras y consultoras en la ciudad de Cajamarca, obteniendo un nivel bajo, puesto que los procesos BIM no cumplen los estándares y procesos de un trabajo colaborativo que corresponde a esta metodología, ya que 5 de 10 de las empresas en estudio no tienen la correcta implementación y capacitación de esta nueva herramienta, llegando tan solo al nivel 3D.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo puede la metodología BIM ayudar a encontrar y corregir errores en el diseño de la carretera Cajamarca - Chetilla, mejorando así la calidad del proyecto?

### **1.3. Hipótesis**

La implementación de la metodología BIM en el diseño del proyecto de mejoramiento de la carretera Cajamarca - Chetilla en la provincia y departamento de Cajamarca permite identificar y corregir eficazmente los errores en el expediente técnico, lo que resulta en una optimización del proceso constructivo.

### **1.4. Justificación de la investigación**

El diseño eficiente de los proyectos es fundamental, ya que influyen directamente en la etapa de construcción. La metodología BIM se presenta como una herramienta innovadora que permite crear un modelo virtual del proyecto, donde es posible identificar y corregir errores antes de su ejecución. Esto nos ayudaría a prevenir problemas que podrían surgir durante la construcción.

En el caso específico de la carretera Cajamarca - Chetilla, la presente investigación se centra en el tramo comprendido entre las progresivas km 18+000 y km 26+300, el cual fue seleccionado debido a su accesibilidad en el momento de iniciar este estudio, lo que facilita la recolección de datos en campo. A través del modelamiento, uno de los enfoques principales de la metodología BIM, se busca identificar y corregir los errores presentes en el expediente técnico de este tramo, ofreciendo así una referencia práctica sobre la efectividad de BIM en proyectos viales.

### **1.5. Alcances o delimitación de la investigación**

La presente investigación se realizó tomando como base de estudio el Expediente Técnico del proyecto: "Mejoramiento del Camino Vecinal Cajamarca - Cumbe Mayo - Chonta Baja (Puente) - en los Distritos de Chetilla y Cajamarca de la Provincia de Cajamarca - Departamento de Cajamarca". Para este estudio, se

seleccionó el tramo comprendido entre las progresivas km 18+000 (Bosque de Piedras de Sexemayo) y km 26+300 (Caserío Alto Chetilla - Chetilla).

En el proceso, se emplearon los softwares de Civil 3D, Revit, Infra Works y Navisworks, logrando generar nuevos metrados y un cronograma de obra. Esto permitió alcanzar la integración de datos propia de la metodología BIM hasta la cuarta dimensión (4D).

## **1.6. Limitaciones**

Dentro de las limitaciones, en la presente investigación, se considera a la disponibilidad y calidad de la información contenida en el expediente técnico.

La metodología BIM se caracteriza por su entorno colaborativo, esta falta de trabajo en equipo puede haber limitado la identificación y resolución de problemas de manera más completa.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

- Identificar y corregir errores en el diseño del proyecto de mejoramiento de la carretera Cajamarca - Chetilla, mediante la implementación de la metodología BIM.

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

- Identificar las inconsistencias en la información presentada en el diseño del proyecto.
- Identificar y corregir los errores en el diseño del proyecto mediante la integración del modelado de la vía y las obras de arte, utilizando

herramientas BIM para mejorar la coordinación y la precisión en los elementos de la infraestructura vial.

- Determinar la variación en cuanto a los metrados y el plazo de ejecución entre la metodología tradicional y metodología BIM del proyecto en estudio.

## **1.8. Descripción de los contenidos de los capítulos**

- **CAPITULO I. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se expone el problema, la hipótesis y objetivos a desarrollar en este estudio; así como los alcances y limitaciones que se pueden presentar en el proceso.

- **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

Se presenta los antecedentes internacionales, nacionales y locales considerados en esta investigación. Además, hace referencia de las bases teóricas y definiciones de términos básicos para un mayor alcance.

- **CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**

En este capítulo se explica la metodología empleada en esta investigación; por ende, las herramientas, equipos y/o materiales que se hayan requerido.

- **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo, se exponen los resultados finales obtenidos como objetivo de esta investigación, además de su interpretación y discusión ante bases teóricas.

- **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Finalmente, en este capítulo se mencionan las conclusiones a las que se ha podido llegar y las recomendaciones planteadas por el tesista.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes teóricos

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Díaz y Cogollo (2021) en su proyecto de investigación titulado *“Desarrollo de una guía para la implementación de la metodología BIM aplicada a las condiciones de proyectos de infraestructura vial en el territorio colombiano”*, realizan una revisión bibliográfica de diferentes metodologías en otros países, comparando sus procesos, actividades y aplicaciones en proyectos de infraestructura vial, para que estos sean aplicados en el territorio colombiano, bajo el cumplimiento de sus propios reglamentos. Concluyendo que la tecnología BIM busca adecuar el sistema de diseño tradicional basado en el plano (2D), a una nueva tecnología la cual incorpora información geométrica (3D), rendimientos y cronogramas de tiempo (4D), análisis de costos (5D), riesgos y mitigación ambiental (6D) y finalmente la operación y mantenimiento (7D), todo estos lineamientos son seguidos en tiempo real lo cual permite realizar las actualizaciones que se requiera y lograr así un trabajo colaborativo con todos sus implicados.

Bañón (2021) en su trabajo final de máster titulado *“Modelado BIM de un tramo de carretera”* tiene como objetivo modelar bajo la metodología BIM un tramo vial comprendido entre la intersección de las carreteras N-332 y CV-8520 del Municipio de Santa Pola, España; exactamente realizar un modelado BIM 3D donde se incluya sus elementos principales, la generación de nuevos planos (geometría en planta, alzado y sección) y obtención y corroboración de medidas para posteriormente elaborar un presupuesto a partir de este nuevo modelado BIM. Llegando a afirmar que esta herramienta facilitó el modelado de obras viales, presentándose

limitaciones, pero solo buscan la mejora del proyecto, ya que las visualizaciones 3D reflejan mejor las necesidades del proyecto.

Acuña (2016) en su trabajo de grado *“Aplicación de modelo BIM para proyectos de infraestructura vial”* busca la implementación de la metodología BIM en la fase de diseño y documentación para proyectos de infraestructura vial en su localidad de Quito, Ecuador; esto con el fin de obtener mejoras en el proyecto desarrollado por una metodología tradicional. Determinando que esta metodología permite obtener modelos digitales BIM que permiten simular o identificar posibles problemas para su ejecución, además que, por ser un modelado realista, se tiene que cumplir con los parámetros y normativas vigentes. Y con respecto a la optimización del proyecto, esta herramienta reduce el tiempo entre el trabajo y los posibles cambios que se den, lo que lleva a aprovechar mejor los recursos y elevar el rendimiento de la producción. Finalmente, para que esta metodología se desarrolle adecuadamente se necesita de un equipo profesional capacitado para la interpretación de los datos y comprensión de los flujos de trabajo y manejo de estas herramientas.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Sedano (2023) en su tesis de grado *“Efecto de la aplicación del sistema de modelamiento de la información para la construcción de carreteras – BIM aplicado al proyecto de la carretera Imperial - Pampas”* tiene como objetivo determinar el efecto de la aplicación de la metodología BIM en el proyecto en mención de la ciudad de Huancayo. Se modeló el tramo de la carretera Km 0+000 – 5+000 de la carretera Imperial – Pampas, realizando el diseño de la carretera siguiendo las normativas vigentes, para proceder al modelado en 3D en los softwares de AutoCad 3D, Infraworks y Navisworks, para poder determinar los beneficios que trae consigo su

aplicación en la etapa de inicio y durante el desarrollo del proyecto, obteniendo los siguientes resultados: se incrementó la producción en un 32.54% las actividades de corte, 37.76% en las de relleno, una reducción de 29.23% en los costos de movimiento de tierras y con respecto al plazo de ejecución en las actividades de movimiento de tierras, estas se redujeron en un aprox. de 25%.

Por otra parte, Chiroque (2022) en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil titulado *“Aplicación de la metodología BIM para el diseño vial de la carretera, la Arena a C.P Casagrande del Distrito de la Arena, Prov. De Piura, Dpto. Piura”* opta por la aplicación de softwares BIM (Civil 3D, InfraWorks, Naviswork Manage, Ms Project) en el diseño del proyecto Vial de la carretera en mención, llegando a la dimensión 7D; partiendo desde el nacimiento de la idea del proyecto (1D) hasta el análisis del estudio de la incorporación BIM en la elaboración del proyecto (7D). Influidando de manera positiva en el periodo de diseño, permitiendo un trabajo colaborativo e integrado. Por ejemplo, el uso de esos softwares BIM permiten corregir errores durante el proceso de diseño, optimizan la programación del proyecto, mediante las simulaciones en tiempo – costos, para así evitar errores y desperdicios. Recomendado la implementación de esta metodología BIM en los entes públicos y privados en la elaboración de proyectos.

Huacallo (2022) en su estudio de investigación: *“Estudio comparativo entre las metodologías convencional y BIM 4D en la optimización del tiempo programado para la ejecución de una obra de infraestructura vial en etapa de diseño, Arequipa 2021”* tiene como objetivo analizar los lineamientos de la metodología BIM 4D con la metodología convencional utilizados en el periodo de diseño de la carrera EMP. PE 34 A, Yura, Arequipa. Proyecto en el que se ha implementado softwares como Infracworks, Revit, Naviswork para ser evaluados en 3D, esta metodología sirvió para

analizar las diferencias y similitudes en metrados, programación y presentación de este proyecto. De la cual se puede apreciar la ventaja del uso de la metodología BIM 4D, donde se modificó el valor de los metrados de acuerdo al modelado 3D y visualización 3D, así como se programó adecuadamente el proyecto presentando una variación de 32.56%, ya que, de 393 días programados habitualmente, estos subieron a 521 días calendarios, siendo el tiempo real programado de la obra.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

Rodríguez (2021) en su tesis de pregrado titulado *“Aplicación de la metodología VDC/BIM para el rediseño y construcción en proyecto de infraestructura vial”*, determina la incidencia al aplicar la metodología VDC/BIM en la obra de pavimentación de la localidad de Chota, Cajamarca. El desarrollo de este estudio se basó en el estudio del expediente técnico para identificar las incompatibilidades para trabajarlas con la nueva metodología, realizar un modelamiento realista para el desarrollo de un nuevo presupuesto y así modificar el plazo de ejecución de esta obra. Llegando a los siguientes resultados: desarrollo de un adicional con un 2.3% y un deductivo de 2.5% de incidencia del presupuesto contractual, con respecto al plazo de ejecución se agregaron 26 días, siendo un total de 162 días, teniendo una incidencia del 35% con respecto al original. Finalmente, concluyendo que esta metodología da mayor precisión en el presupuesto, plazo de ejecución y reducción en los desajustes.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Gestión de proyectos de construcción.**

Según el PMBOK (Project Management Body of Knowledge), la gestión de proyectos de construcción consiste en aplicar conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer sus requisitos. En el contexto de la construcción, esto abarca la planificación, organización, ejecución, seguimiento y control de los recursos y procesos necesarios para desarrollar el diseño, la construcción y la entrega de una obra, garantizando el cumplimiento de los objetivos en cuanto a alcance, tiempo, costo, calidad y seguridad.

La relevancia de cada etapa en el ciclo de vida de un proyecto de construcción, desde su inicio hasta su finalización, es fundamental para el proceso de toma de decisiones. Si bien la gestión del proyecto suele dividirse entre diversos especialistas debido a sus conocimientos técnicos, una coordinación eficiente entre ellos resulta indispensable para alcanzar los objetivos propuestos. En este sentido, las tecnologías de la información actuales juegan un papel clave.

Es necesario buscar constantemente maneras de optimizar la productividad en las operaciones, ya que cualquier mejora en este ámbito siempre aporta un gran valor. Uno de los objetivos principales es la adopción de nuevos materiales y procesos constructivos más eficientes o automatizados, lo que permite reducir costos y mejorar la eficiencia del proyecto.

## 2.2.2. Building Information Modeling (BIM)

La definición de BIM (Building Information Modeling) varía entre diferentes países y organizaciones, lo que ha dado lugar a múltiples interpretaciones. En su mayoría, estas definiciones se enfocan en la aplicación de procesos, estándares y tecnologías que permiten desarrollar de manera colaborativa y precisa la información necesaria en proyectos de inversión, logrando un impacto positivo en la reducción de costos. Aunque el término BIM está comúnmente asociado al modelado en 3D, va mucho más allá, ya que implica la organización y gestión de la información del proyecto para optimizar las etapas de formulación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y otros aspectos esenciales del ciclo de vida del proyecto. (Plan BIM Perú, 2021)

Según la Norma Técnica Peruana ISO 19650 - 1, define a BIM como: "Uso de una representación digital compartida de un activo construido, para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, con la finalidad de contar con una base confiable para la toma de decisiones".



Figura N° 1. Modelado BIM no es solo una geometría 3D

Fuente: BIM para infraestructuras de la página de Autodesk, s.f.

## **2.2.3. Marco Normativo BIM**

### ***2.2.3.1. Contexto Nacional***

En el Perú, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), a través de la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (DGPMI) y con el apoyo del equipo técnico del Plan BIM Perú, ha ido integrando de manera progresiva la Metodología BIM mediante estrategias orientadas a mejorar la productividad y competitividad para el desarrollo del país. A continuación, se presenta una lista de documentos que ofrecen directrices sobre la implementación de BIM en las inversiones públicas del país.

- Plan de implementación y hoja de ruta del plan BIM Perú.
- Nota técnica de Introducción BIM: Adopción en la Inversión Pública.
- Guía Nacional BIM.
- Guía técnica BIM para edificaciones e infraestructura

El Instituto Nacional de Calidad (Inacal) aprobó dos Normas Técnicas Peruanas establecidas en las Normas Internacionales ISO 19650.

- Serie NTP - ISO 19650: NTP - ISO 19650 - 1:2021 y NTP - ISO 19650 - 2:2021

### ***2.2.3.2. Contexto Internacional***

La serie de Normas ISO 1950 presenta el siguiente conjunto de normas que permite producir e intercambiar la información eficientemente.

- ISO 19650 - 1: Conceptos y principios.
- ISO 19650 - 2: Fase de entrega de activos.
- ISO 19650 - 3: Fase operacional de activos.

- ISO 19650 – 4: Intercambio de Información.

- ISO 19650 - 5: Seguridad en la gestión de la Información. (Caro, 2023)

#### 2.2.4. Metas del Plan BIM en el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones

El Plan BIM Perú es una medida política que define la adopción de la metodología BIM en los procesos de las fases del ciclo de inversión que estén ejecutando entidades y empresas públicas bajo el sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Esta política a través de su Plan Nacional de Competitividad y Productividad, presenta las siguientes metas en el Sistema Invierte.pe. (Plan BIM Perú, s.f.)

Tabla 1. Metas del Plan BIM en el Invierte.pe

| Hito 1  | Hasta julio 2021   | Hasta julio 2025  | Hasta julio 2030  |
|---|--|---|---|
| Proyecto de Decreto Supremo que regula el BIM(Sep.2019).            | Estándares y requerimientos BIM elaborados.                  | BIM aplicado en todo el Gobierno nacional y en tipologías seleccionadas de Gobiernos Regionales.              | Plataforma tecnológica como repositorio digital para uso de todo el sector público. |
| Plan de implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú (oct. 2020) | Proyectos piloto aplicando la metodología BIM                | Marco regulatorio para la aplicación de BIM en el sector público.   | Obligatoriedad normada de BIM en todo el sector público.                            |
|   | Estrategia de formación de capital humano para el uso de BIM | Plataforma tecnológica como repositorio digital colaborativo para sectores priorizados del Gobierno Nacional. |   |

El Plan BIM Perú ha definido los siguientes involucrados para la adopción de la metodología BIM en el Sistema Invierte.pe.

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|  <p><b>A. Sector público</b></p> |  <p><b>B. Sector privado</b></p>   |  <p><b>C. Academia</b></p>   |  <p><b>D. Organismos internacionales</b></p>  |
| <p>Conformados por las instituciones del estado que desarrollan inversiones, bajo el sistema del Invierte.pe</p>  | <p>Integrado por las empresas y profesionales independientes del sector construcción, vinculadas a la ejecución de contratos relacionados con inversiones públicas.</p> | <p>Compuesto por las instituciones educativas y asociaciones gremiales que se enfocan en la formación, capacitación, agrupación y desarrollo de los profesionales del sector construcción.</p> | <p>Referido a entidades internacionales o gobiernos extranjeros que contribuyen a mejorar la implementación de BIM en el sector público peruano, a partir de compartir experiencias y conocimientos relacionados a tema.</p> |

Figura N° 2: Involucrados para la adopción de la Metodología BIM.

Fuente: Página web del Plan BIM Perú, MEF

## 2.2.5. Beneficios de la adopción BIM

De acuerdo con Patrick MacLeamy (MacLeamy, 2004), se puede explicar estos beneficios provocados por la implementación de un flujo de procesos BIM en proyectos de ingeniería. Esta curva muestra la relación entre el esfuerzo, el costo y las distintas fases del proyecto.

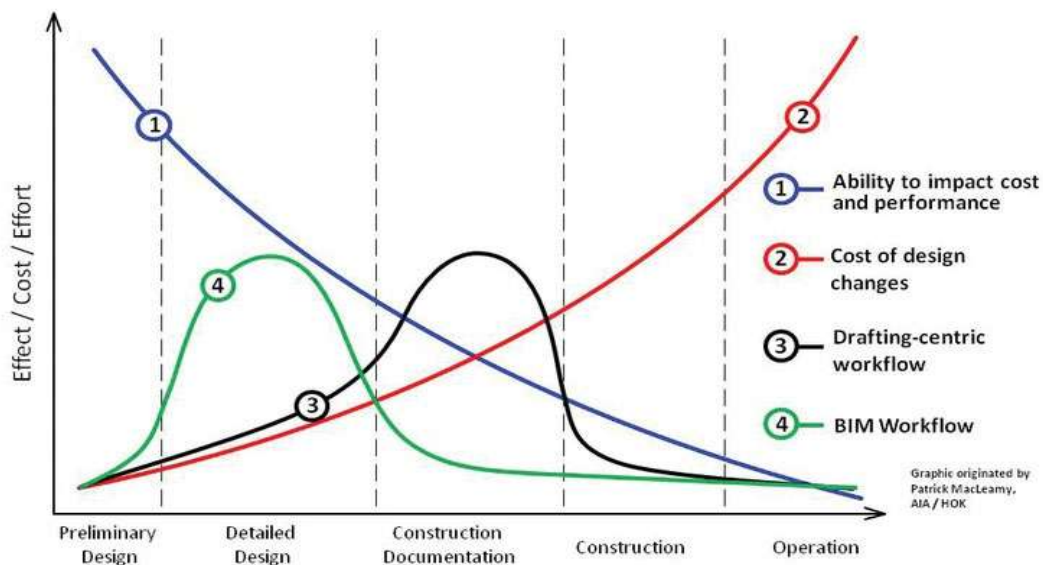


Figura N° 3: Curva de MacLeamy

Fuente: Adaptado Macleamy (2004)

- **La línea azul:** Esta línea representa la capacidad del equipo para impactar en el costo y rendimiento a lo largo de la vida del proyecto.
- **La línea roja:** Esta línea representa el costo de los cambios en el proyecto.
- **La línea negra:** Esta línea representa el flujo de trabajo tradicional, concentrando su mayor esfuerzo en la etapa de construcción.
- **La línea verde:** Esta línea representa el flujo de trabajo BIM, concentrando su mayor esfuerzo en las etapas tempranas del proyecto.

### **2.2.6. Dimensiones BIM**

BIM se aplica a lo largo de todo el ciclo del proyecto, desde su inicio hasta su fase de mantenimiento, lo que facilita la gestión de cada proceso mediante la planificación de costos, tiempos, sostenibilidad, simulaciones y mantenimiento. En su artículo de investigación, Vitorino (2020) define las dimensiones de BIM, las cuales se presentan a continuación:

#### **- 1D: IDEA (Concepción del proyecto)**

Donde se origina el proyecto, determinándose la localización, condiciones de la infraestructura, estudios preliminares. Además de la revisión de la normativa vigente para la viabilidad del proyecto.

#### **- 2D: PLANO (El boceto Proyecto)**

Se realiza los planos 2D, se recomienda trabajar en softwares compatibles con el modelo BIM 3D para seguir con la implementación de las demás dimensiones.

#### **- 3D: MODELAMIENTO (Modelo de Información del proyecto)**

Representación geométrica de los componentes del proyecto, desde el diseño arquitectónico hasta todas las ingenierías involucradas. Esta representación se puede actualizar y corregir errores durante todo el ciclo de vida del proyecto.

#### **- 4D: PLANIFICACIÓN (Tiempo)**

Al modelado tridimensional (3D) se le añade la integración del cronograma de actividades y tareas del proyecto, lo que posibilita la realización de simulaciones detalladas a lo largo de las diversas fases de ejecución del mismo. Este enfoque permite analizar y ajustar los procesos en cada etapa, facilitando la identificación de posibles conflictos o retrasos.

## - 5D: COSTO

Estimación y control de los costos mediante la elaboración de un presupuesto enfocados en la mejora de la rentabilidad el proyecto. Aquí interviene la cantidad de insumos y costos, además del control y definición de gastos.

## - 6D: SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA

Conocida como Green BIM, aquí se realiza el diseño sostenible del proyecto y el concepto de ingeniería de valor, esto con el objetivo de implementar tecnologías que reduzcan el tiempo y/o daños al medio ambiente.

## - 7D: MANTENIMIENTO (Gestión del ciclo de vida del proyecto)

Usa los modelos con el fin de analizar las estrategias utilizadas durante el ciclo de vida del proyecto y así realizar cambios en el modelo y obtener uno activo en la operación y mantenimiento. (Vitorino, 2020)

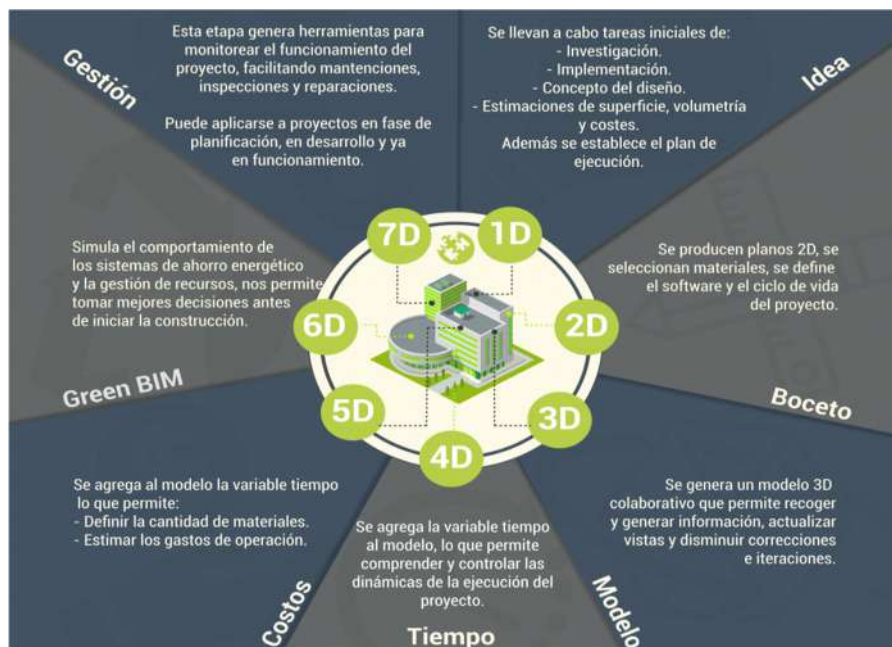


Figura N° 4: Las siete dimensiones de BIM.

Fuente: Konstruedu.com, 2020.

## 2.2.7. Avances de la medida de política 1.2: Plan BIM Perú

Tabla 2. Avances de la medida de política 1.2: Plan BIM Perú

| Año / mes |      | Avances   |  |
|-----------|------|---|--|
| 2018      | Dic. | DGPMI emite metodologías colaborativas para el modelamiento digital.                      | D.S. N.º 284-2018-EF                     |
| 2019      | Jul. | Plan Nacional de Competitividad y Productividad.  | D.S. N.º. 237-2019-EF                    |
|           | Set. | Disposiciones para la incorporación BIM en Inversión Pública.                             | D.S. N.º 289-2019-EF                     |
| 2020      | May. | Disposiciones para mejorar la ejecución de inversiones públicas.                          | D.L. N.º 1486                            |
|           | Ago. | Conformación del equipo BIM.<br>Participación de BIM Perú en la Red BIM Latinoamericanos. | L. E. de establecer el liderazgo público |
| 2021      | May. | Publicación de la página oficial del Plan BIM Perú.                                       | L. E. Comunicación de la visión          |
|           | Jun. | Plan de implementación y hoja ruta del Plan BIM Perú.                                     | L. E. de establecer el liderazgo público |

| Año / mes |      | Avances  |   |
|-----------|------|--|---|
|           | Jul. | Primera versión de la Guía Nacional BIM.                                       | L. E. construcción de un marco colaborativo   |
|           | Ago. | Malla curricular BIM para universidades.                                       | L. E. Aumento de la capacidad de la Industria |
| 2022      | Mar. | Directiva para el desarrollo de proyectos BIM.                                 | R.D. N.º 001-202-EF/63.01                     |
|           | Ago. | Primera carta de proyectos piloto utilizando BIM y cursos virtuales BIM.       | L. E. Aumento de la capacidad de la industria |
|           | Nov. | Mesa de apoyo para la implementación BIM.                                      | L. E. Establecer el liderazgo público         |
| 2023      | Mar. | Actualización de la Guía Nacional BIM.   | L. E. construcción de un marco colaborativo   |
|           | May. | Guía técnica BIM para edificaciones e infraestructura.                         | R.D. N.º 005-2023-EF/63.01                    |
|           | Jun. | Grupo de Trabajo Multisectorial para la construcción de un marco colaborativo. | R.M. N.º 170-2023-EF/10                       |

Fuente: Adaptación Ministerio de Economía y Finanzas, 2023

## 2.2.8. Marco estratégico para los planes de implementación



Figura N° 5: Marco estratégico para los planes de implementación.

Fuente: Plan BIM Perú, 2021.

## 2.2.9. Metodología convencional Vs. Metodología BIM

Chavarría (2018) en su tesis de pregrado expone las diferencias entre metodología convencional y la metodología BIM. Exponiendo los siguientes aspectos:

La metodología convencional sigue un enfoque unitario, lo que implica que se utiliza una base de datos única y no modificable. En este modelo, los planos se dibujan en 2D, uno por uno, ya sea en vistas o secciones, sin interconexión entre ellos. Esta falta de conexión entre los planos representa una desventaja, ya que cualquier cambio que ocurra debe ser replicado en cada plano afectado. En cuanto al modelado 3D, se suele recurrir a la creación de una maqueta, ya sea física o virtual, pero esta no proporciona información realista ni útil para el proceso constructivo. Además, si se

realizan cambios en los planos 2D, es necesario modificar la maqueta 3D, lo que incrementa el tiempo y el esfuerzo requerido en el proceso.

En contraste, la metodología BIM ofrece una visión renovada y un enfoque más eficiente del proyecto. Su función principal es integrar todos los componentes del proyecto en una base de datos centralizada, que sirve como punto de partida para todas las actividades. Este sistema trabaja de manera automatizada, asegurando que todos los planos 2D estén interconectados. Si se produce algún cambio, este se actualiza automáticamente en todos los planos correspondientes. El modelado 3D en BIM es una de sus principales ventajas, ya que contiene toda la información de la base de datos, lo que permite obtener detalles precisos sobre los materiales utilizados en la construcción gracias a su representación realista. Además, existen diversos programas BIM que proporcionan renders estáticos, recorridos visuales y visualizaciones en 360°, permitiendo mostrar geometría, identificar riesgos y realizar una cuantificación exacta de los metrados.

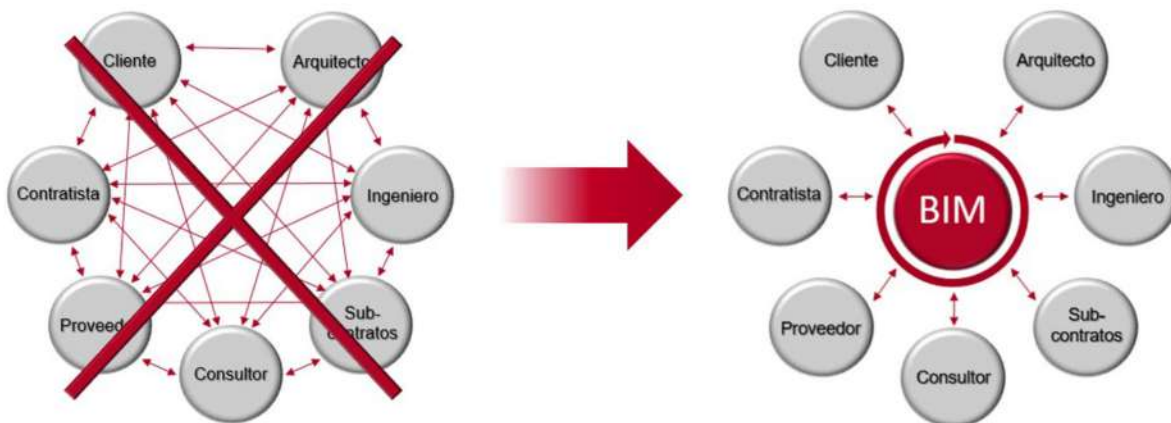


Figura N° 6: Metodología convencional Vs. Metodología BIM

Fuente: Díaz y Rivera, 2020.

## **2.2.10. Softwares BIM**

### **2.2.10.1. Civil 3D, de la familia de Autodesk**

AutoCAD Civil 3D es un software computacional utilizado para diseño de las obras de ingeniería civil, este es admitido por la metodología BIM, ya que contiene funciones de dibujo, diseño y un base de datos del proyecto en desarrollo. Este software modela superficies, obras lineales, diseños de emplazamientos, obras de saneamiento y alcantarillado.

- Colaboración Civil 3D, permite referencias externas, acceso directo a sus datos.
- Conexión con ArcGIS.
- Dynamo para Civil 3D, entorno Scripts que aceleran flujos de trabajo.
- Diseño de puentes, coordinación de flujos de trabajo.
- Red de tuberías en carga de presión más eficientes.
- Diseño de tránsito y railes, incluye alineaciones dinámicas, perfiles, peraltes.
- Complementos, integrar CDE o entornos colaborativos. (Esarte, 2020)

### **2.2.10.2. Revit**

Software Autodesk que permite el modelamiento BIM empleado tanto en edificaciones, como en infraestructura vial, se puede generar el modelado de carreteras, diseño de puentes y túneles, desarrollar gestión de información y crear un reporte de esta. (Ricalde, 2023)

### **2.2.10.3. InfraWorks**

InfraWorks es un software enfocado en el diseño conceptual de infraestructuras, con el objetivo de modelar, analizar y visualizar su entorno natural y

el de su construcción, para prever dificultades y buscar soluciones y un buen resultado del proyecto. Algunos detalles que caracterizan este programa son:

- Creación de diseños conceptuales precisos.
- Diseño de un entorno realista.
- Análisis y simulación.
- Comunicación ágil y atractiva en todos los agentes. (Álvarez, 2022)

#### **2.2.10.4. Navisworks**

Navisworks es un software que facilita la revisión y coordinación de proyectos complejos. Su principal objetivo es integrar modelos 3D y datos de diferentes disciplinas y formatos en un entorno único, promoviendo la colaboración eficiente entre equipos. Entre sus características destacan:

- **Revisión y navegación:** Ofrece la posibilidad de explorar modelos tridimensionales en tiempo real, incluso aquellos con un alto nivel de detalle o tamaño.
- **Integración de modelos:** Combina diseños creados en diversas plataformas, como Revit y AutoCAD, permitiendo una visión unificada y coordinada.
- **Identificación de interferencias:** Con la función Clash Detection, detecta conflictos entre elementos del diseño, como tuberías y estructuras, ayudando a corregirlos antes de la construcción.
- **Simulación temporal (4D):** Conecta los modelos 3D con el cronograma del proyecto para visualizar las diferentes fases de construcción a lo largo del tiempo.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **BIM (Building Information Modeling):** trabajo colaborativo para la gestión de la información de una inversión pública, que hace uso de un modelo de información con todas las partes involucradas, para facilitar el sistema de Invierte.pe, asegurando una base confiable para la toma de decisiones. (MEF, 2022)
- **Gestión de proyectos:** Aplicar conocimientos, habilidades y herramientas para planificar, organizar, ejecutar y controlar los recursos y procesos necesarios, asegurando que se cumplan los objetivos de alcance, tiempo, costo, calidad y seguridad en el diseño, construcción y entrega de una obra.
- **Colaboración.** Personal que forma parte del equipo de proyecto que colaboran y trabajan entre sí en lugar de trabajar en forma aislada o competir tienden a generar ideas más diversas y terminan con mejores resultados. (Guía del PMBOK, 7° edición)
- **Costo:** Gasto económico que se genera al producir algún producto o bien, puede variar como consecuencia de una optimización del tiempo, ya que, al hacer un correcto uso de este recurso se puede llegar a realizar el trabajo en el tiempo estimado de proyecto, lo cual es beneficioso desde el punto de vista del constructor, quien busca obtener utilidades. (Díaz y Rivera, 2020)
- **Equipo del proyecto.** Conjunto de individuos involucrados que realizan el trabajo del proyecto. (Guía del PMBOK, 7° edición)
- **Infraestructura vial:** la infraestructura vial constituye la vía y todo aquello que conforma la estructura del camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes. (MTC, 2018)

- **Modelación en 3D:** Es el proceso de creación de una maqueta virtual o representación matemática de cualquier estructura tridimensional a través de un software especializado y computarizado. Entre la variedad de softwares que integran la geometría y herramientas necesarias para vincular el concepto BIM a sus modelaciones, tales como Revit, Civil3D, entre otros. (Díaz y Rivera, 2020)
  
- **Optimizar:** dista mucho de únicamente reducir costos y tiempos, sino que más bien, se hace referencia a la mejor forma de realizar una determinada actividad teniendo en Cuenta el buen uso de los recursos materiales, humanos e intangibles como el tiempo y el costo. (Díaz y Rivera, 2020)

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación geográfica del proyecto

La presente investigación tiene como base de estudio un tramo de la carretera comprendido entre las progresivas Km 18+00 - Km 26+300 de la carretera Cajamarca - Chetilla, que forma parte de la obra "Mejoramiento del camino vecinal Cajamarca - Cumbemayo - Chontabaja (Puente), en los distritos de Chetilla y Cajamarca, de la provincia de Cajamarca, del departamento de Cajamarca".

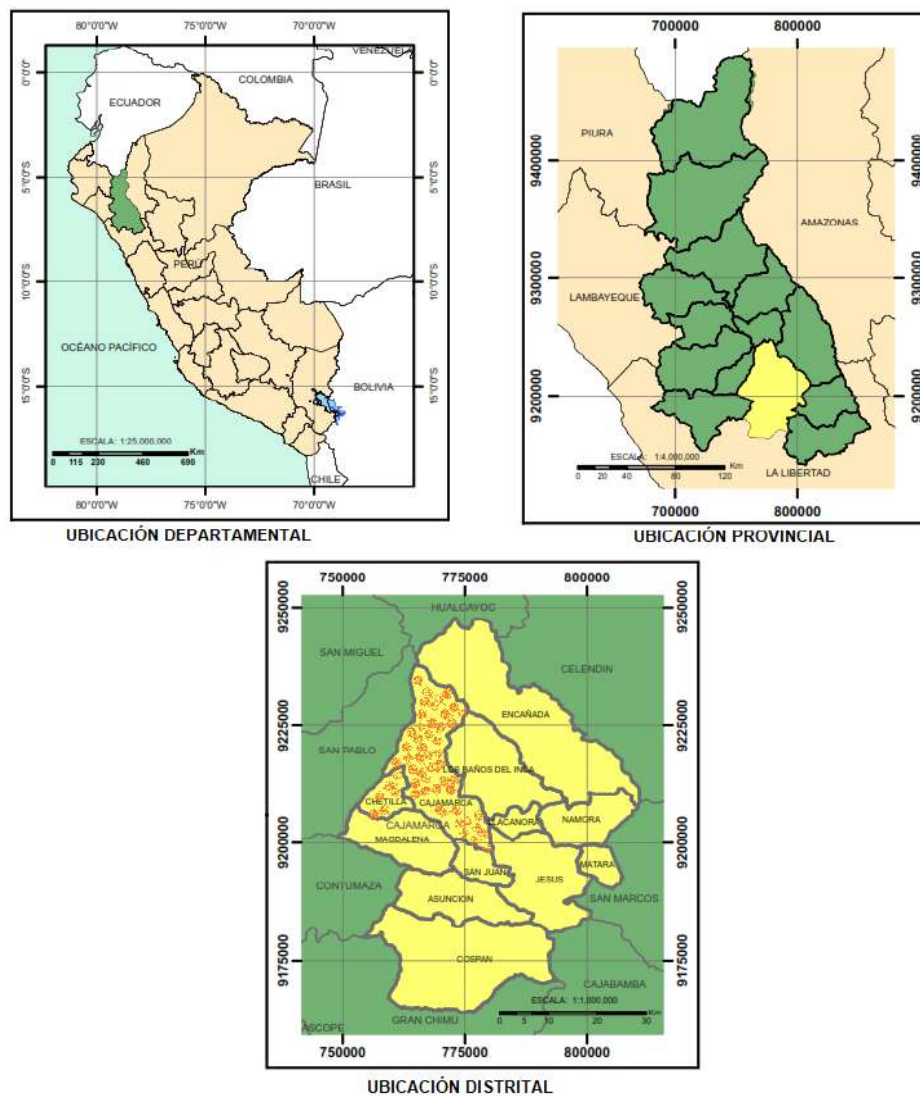


Figura N° 7: Ubicación geográfica del proyecto en estudio

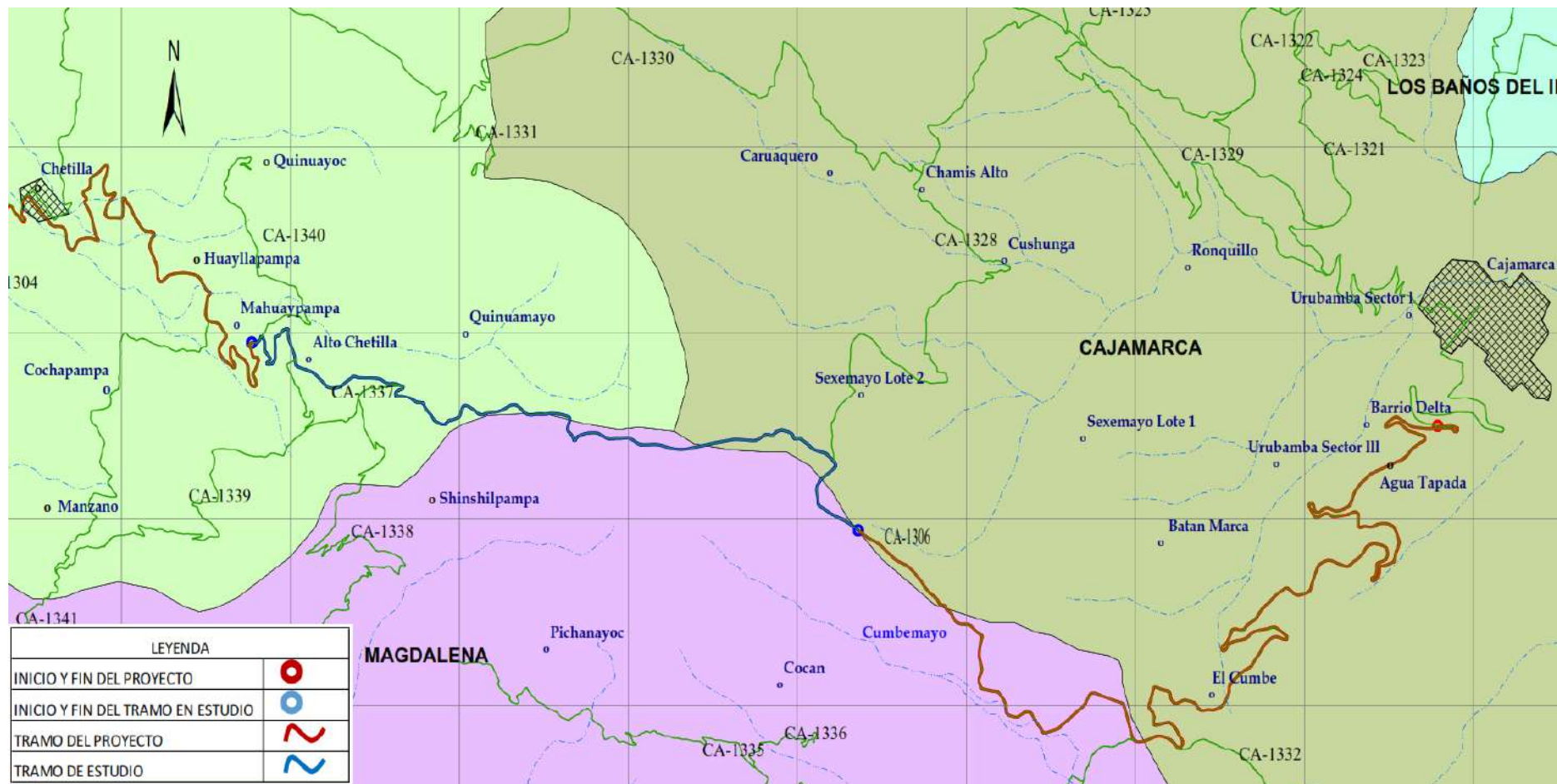


Figura N° 8 : Ubicación del tramo KM 18+000 – 26+300

Tabla 3. Ubicación Geográfica del proyecto en estudio

| Ubicación Geográfica del proyecto         |            |             |          |
|---|------------|-------------|----------|
| Km  | Este       | Norte       | Zona UTM |
| <b>00+000</b>                             | 773575.127 | 9207001.060 | 17S      |
| <b>42+873</b>                             | 755388.105 | 9211366.741 | 17S      |
| Ubicación Geográfica del tramo en estudio |            |             |          |
| <b>18+000</b>                             | 766716.352 | 9205876.238 | 17S      |
| <b>26+300</b>                             | 760327.161 | 9207528.755 | 17S      |

Fuente: Expediente técnico del proyecto

Ver a mejor detalle el Plano de ubicación (PU - 01) adjunto en los Anexos.

### 3.2. Época de la investigación

El proceso de implementación de la metodología BIM al proyecto en estudio, se ha desarrollado desde el mes de setiembre del año 2023, partiendo de la revisión bibliográfica para poder adquirir los conocimientos que sean necesarios en esta investigación. El primer semestre del año 2024, se ha realizado la recolección, el procesamiento y análisis de datos para el cumplimiento de los objetivos planteados en el plan de tesis.

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Tipo de investigación

Se considera una investigación de **Tipo aplicada**, debido a que se realiza la aplicación de los conocimientos relacionados a la Metodología BIM para la identificación de errores en el de diseño de un proyecto.

### **3.3.2. Nivel de investigación**

Investigación de *Nivel descriptivo*, ya que se realiza una descripción de los errores y deficiencias encontrados en el diseño del proyecto diseñado con la metodología tradicional.

### **3.3.3. Diseño de investigación**

Esta investigación presenta un *Diseño no experimental*, ya que no se ha manipulado las variables, sino se centra en la descripción de los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología BIM en el diseño del proyecto.

### **3.3.4. Población de estudio**

La población de estudio de la presente investigación son los proyectos de infraestructura vial en la Región de Cajamarca que han sido diseñados utilizando la metodología tradicional.

### **3.3.5. Muestra**

La muestra es no probabilística siendo elegida por conveniencia. La muestra elegida para la presente investigación fue el proyecto: “Mejoramiento del Camino Vecinal Cajamarca-Cumbe Mayo - Chonta Baja (Puente) - en los Distritos de Chetilla y Cajamarca de la Provincia de Cajamarca - Departamento de Cajamarca”.

### **3.3.6. Unidad de análisis**

La unidad de análisis de la presente investigación fue el tramo comprendido entre las progresivas del km 18+000 (Bosque de Piedras de Sexemayo) al km 26+000 (Caserío Alto Chetilla - Chetilla) de la carretera que unen los distritos de Cajamarca y Chetilla.

### 3.4. Procedimiento

#### 3.4.1. Observación In Situ de la zona del proyecto

Se realizó la observación in situ en la zona donde se ejecutará el proyecto de la carretera Cajamarca - Chetilla. Durante esta visita se ha realizado el reconocimiento del tramo en estudio. Así mismo se ha identificado posibles limitaciones y consideraciones a tomar para desarrollar la presente investigación.

Durante la visita de campo al tramo de estudio, se observó que la carretera presenta daños en el afirmado debido a las lluvias y a la falta de mantenimiento de las estructuras de drenaje. Este problema es más evidente en el tramo que va desde el Bosque de Piedras hasta el cruce de Sexemayo.



Figura N° 9: Situación actual de la carretera Cajamarca - Chetilla. Altura del Bosque de Piedras de Sexemayo



Figura N° 10: Situación actual de la carretera Cajamarca - Chetilla. Punto inicial del tramo en estudio.



Figura N° 11: Situación actual de la carretera Cajamarca - Chetilla. Altura del Caserio Alto Chetilla.

### 3.4.2. Revisión del expediente técnico.

se realizó la revisión del expediente técnico del proyecto “Mejoramiento del Camino Vecinal Cajamarca-Cumbe Mayo - Chonta Baja (Puente) - en los Distritos de Chetilla y Cajamarca de la Provincia de Cajamarca - Departamento de Cajamarca”, que nos brindó la Municipalidad Provincial de Cajamarca, quien viene a ser la unidad ejecutora de inversiones (UEI) de dicho proyecto.

### 3.4.3. Uso de los Accesos directos a datos en Autodesk Civil 3D

La función **Accesos directos a datos** de Autodesk Civil 3D nos permite compartir datos de diseño entre varios archivos de trabajo. Son particularmente útiles para la gestión de datos comunes, como superficies, alineaciones, perfiles y corredores, que se utilizan frecuentemente en varios dibujos dentro de un proyecto.

Los **Accesos directos a datos**, consisten en el trabajo con archivos XML de manera coordinada y automática entre los archivos de origen y el archivo master.

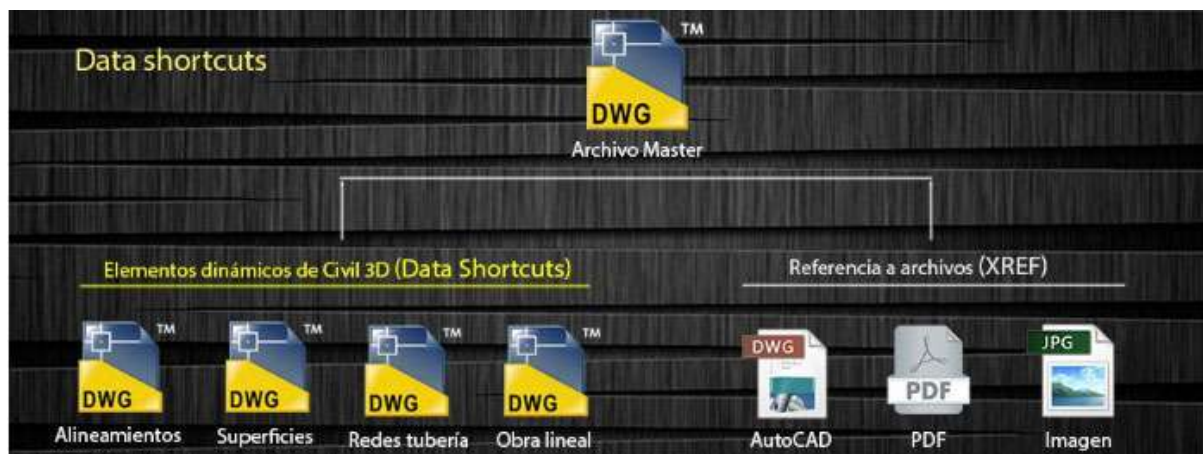


Figura N° 12: Esquema del uso de los Accesos directos a datos

Fuente: CAFSOFT-2018

En este trabajo vamos a usar la función de **Accesos directos a datos** tomando como base el plano general del Expediente Técnico del proyecto en estudio. La

función de **Accesos directos a datos** nos permitirá gestionar los datos diseñados en el proyecto tales como alineaciones, perfiles, corredores y la superficie generada a partir del levantamiento topográfico del mencionado proyecto.

### 3.4.3.1. Creación de una plantilla de proyecto

Una plantilla de proyecto es simplemente un conjunto de carpetas y subcarpetas y archivos creados para ayudar a organizar todos los archivos pertenecientes al proyecto.

A continuación, se detalla los pasos para crear una plantilla de proyecto:

#### – Ubicación de la Plantilla de Proyectos de Civil 3D.

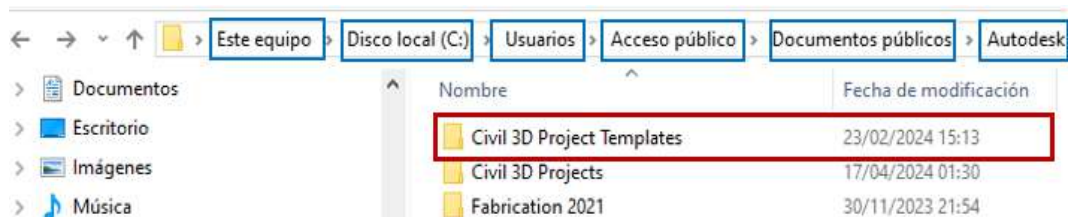


Figura N° 13: Ruta de ubicación de la Plantilla de Proyectos de civil 3D

#### – Creación de nueva plantilla

Dentro de la carpeta Civil 3D Project Templates creamos una nueva carpeta de nombre: Plantilla para Carreteras.

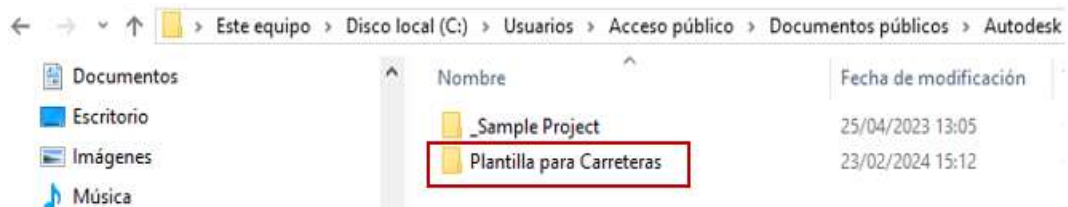


Figura N° 14: Plantilla para el modelo de gestión de carreteras

– **Configuración de la plantilla**

Dentro de la carpeta “Plantilla para Carreteras”, creamos las siguientes subcarpetas con los nombres: Documentos de trabajo, Informes, Planos de entrega, Planos de trabajo y Referencias externas.

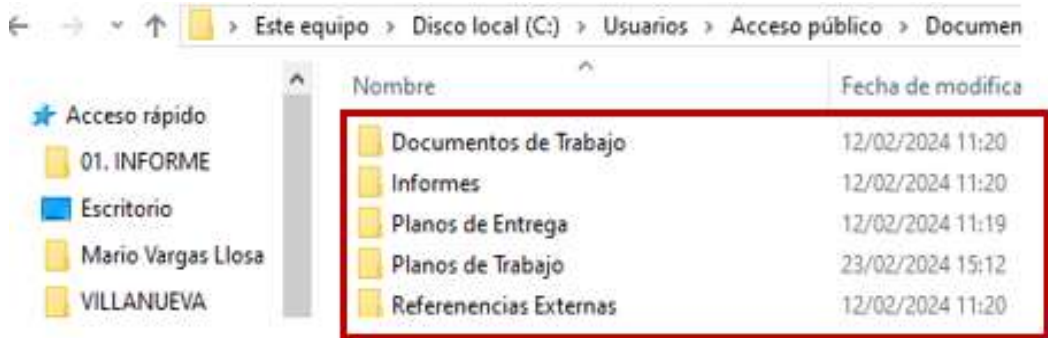


Figura N° 15: Estructura de carpetas del proyecto que deberán incluirse en la plantilla del proyecto.

**3.4.3.2. Configuración de la carpeta de trabajo**

– **Crear una carpeta de trabajo**

Creamos una carpeta de trabajo en el Disco Local C con el nombre de “DATA SHORTCUTS”.

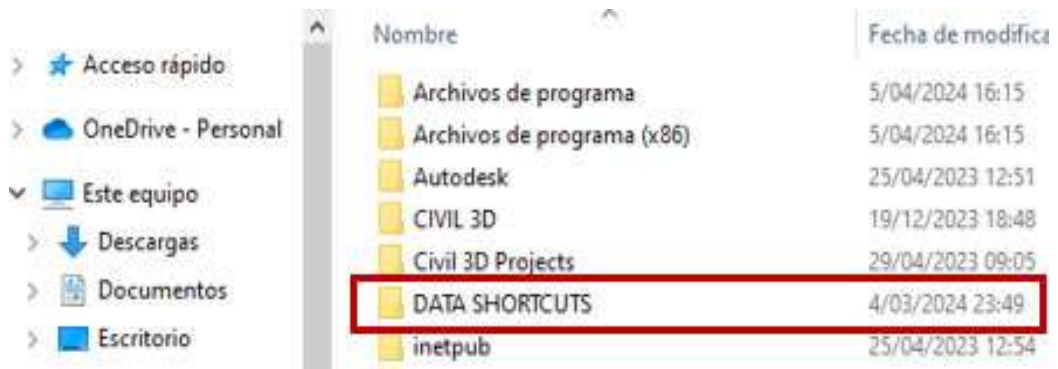


Figura N° 16: Carpeta de trabajo personalizado

En esta carpeta es donde se guardará el proyecto, y de esta manera podremos usar como una base de datos interno.

– **Establecer carpeta de trabajo en Autodesk Civil 3D**

Abrimos el software Autodesk Civil 3D, luego ubicamos el panel de **accesos directos a datos** en la pestaña **Administrar**. Establecemos la carpeta de trabajo creada en el paso anterior.

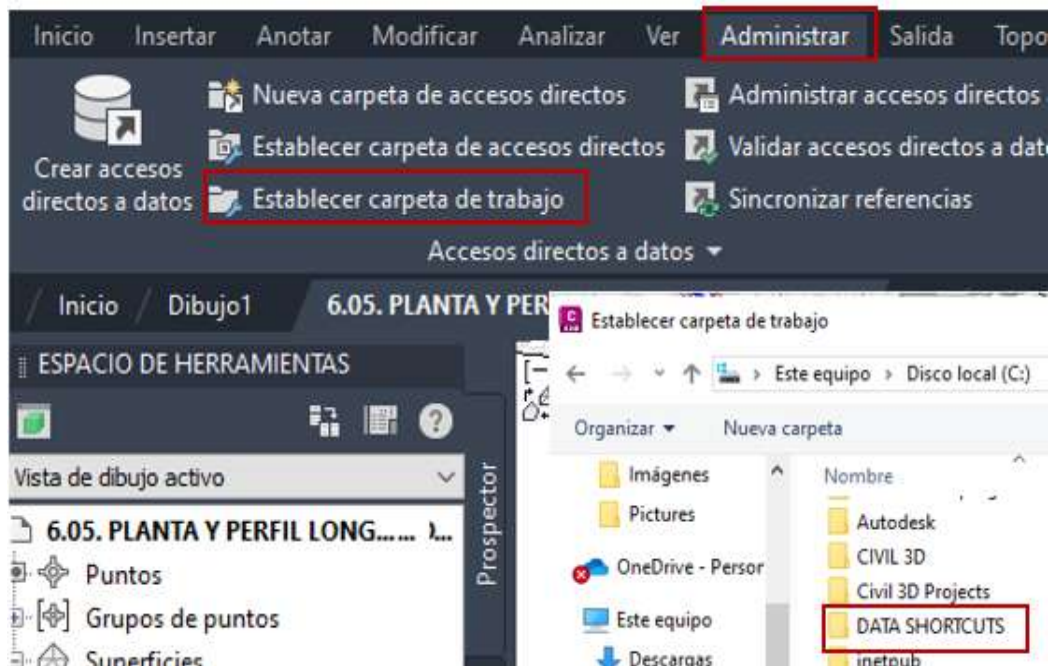


Figura N° 17: Selección de carpeta de trabajo.

– **Crear un nuevo proyecto**

En el panel de **Accesos directos a datos**, en la opción **Nueva carpeta de accesos directos**, se despliega un cuadro de dialogo, en dicho cuadro de dialogo nombramos el proyecto.

Luego seleccionamos la plantilla creada con el nombre “*Plantilla para Carreteras*” de la lista de **Civil 3D Project Templates**.

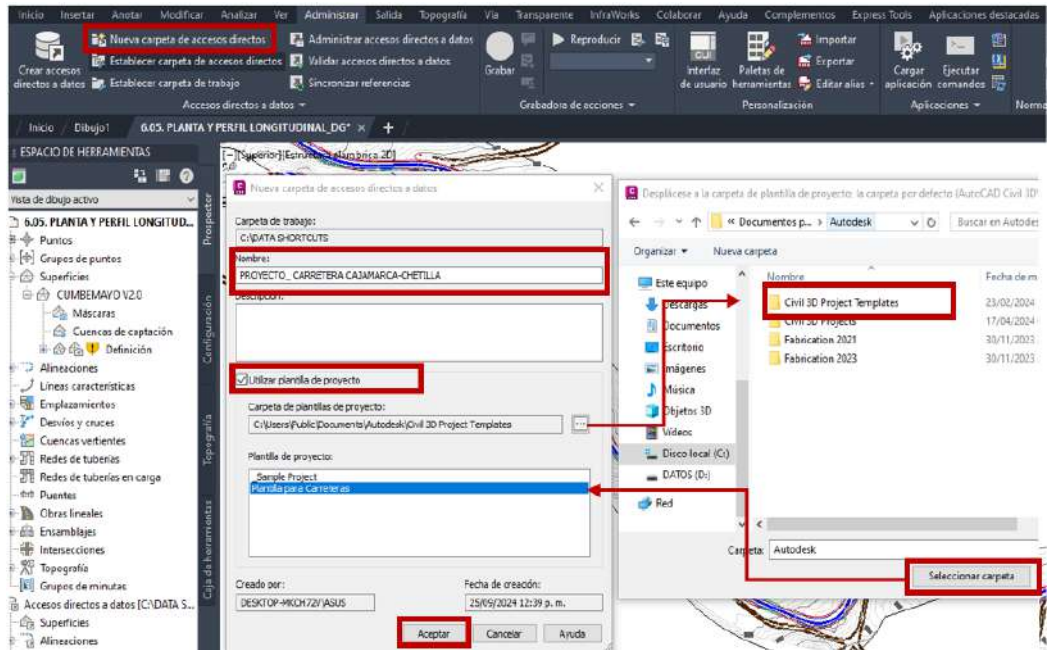


Figura N° 18: Creación de un nuevo proyecto.

Para verificar que este correctamente creada el proyecto, ubicamos **Accesos directos a datos** en el panel de **Espacio de herramientas**, y entre corchetes deberá estar especificado el nombre de la carpeta y el nombre del proyecto

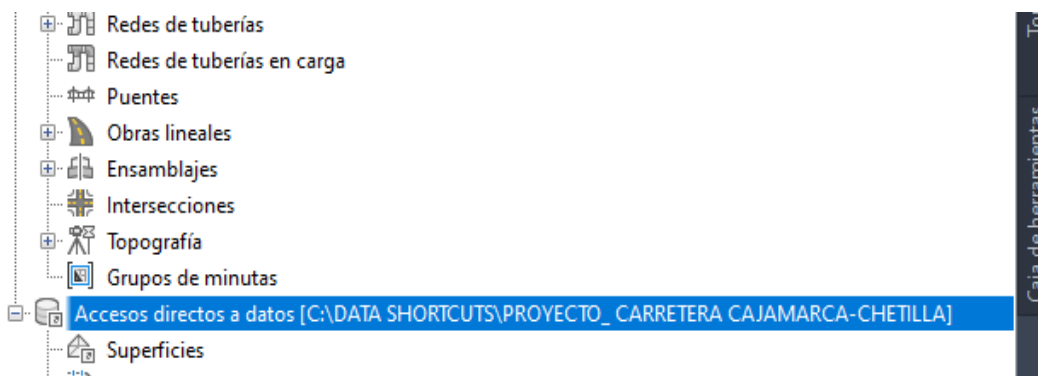


Figura N° 19: Accesos directos a datos con el proyecto establecido

En la carpeta creada (DATA SHORTCUTS), se ubican las sub carpetas de la plantilla del proyecto más una carpeta especial llamada **\_Shortcuts**. En esta carpeta se guardan los archivos XML de accesos directos de datos.



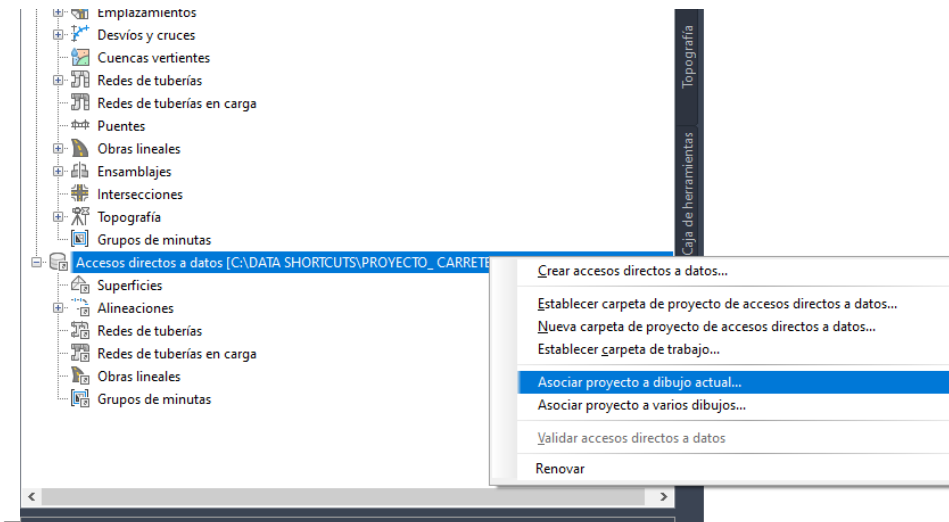


Figura N° 22: Asociacion del dibujo actual a la carpeta del proyecto.

- Creamos los accesos directos a datos.

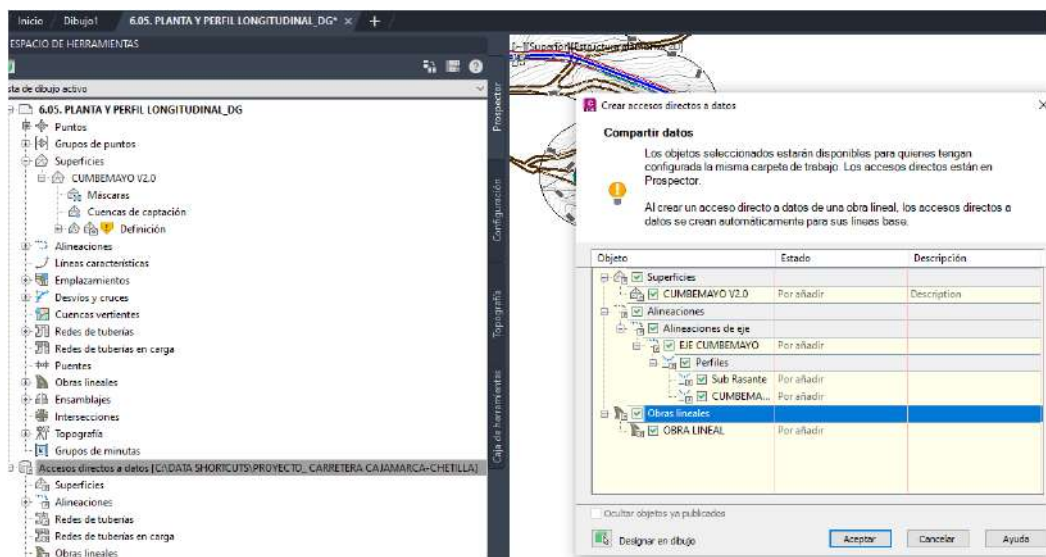


Figura N° 23: creación del acceso directo de datos para la superficie del proyecto.

Como se puede apreciar en la figura anterior, el plano de referencia cuenta con superficie, alineaciones y obras lineales. Al crear los accesos directos, estos componentes se guardarán en formato XML y nos permitirá utilizarlos como base para nuestro modelado.

#### 3.4.3.4. Creación de una referencia de datos

Abrimos un archivo nuevo, en el cual utilizaremos los componentes del diseño geométrico de la carretera que han sido previamente creados como accesos directos a datos para trabajar con el objetivo de crear el modelamiento.

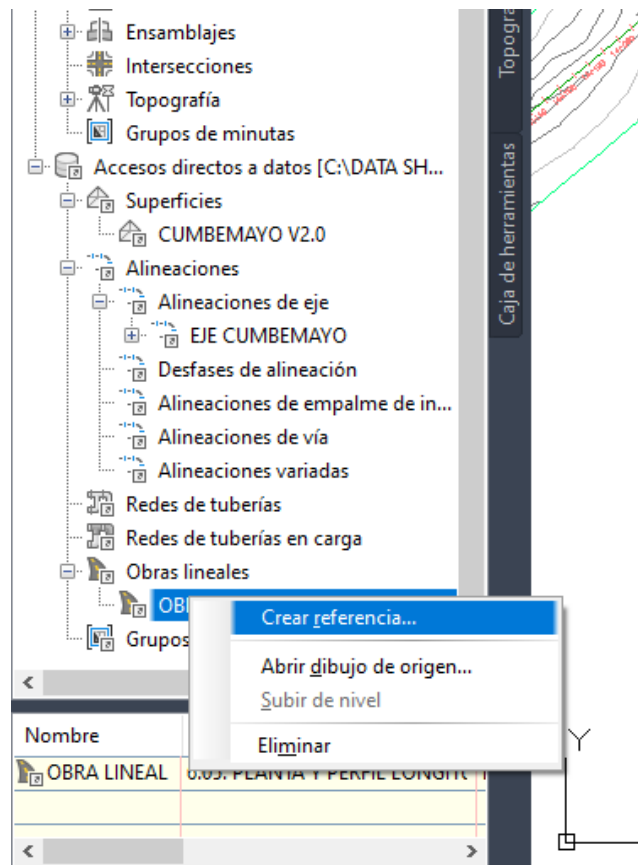


Figura N° 24: creación de referencias de los componentes del proyecto.

#### 3.4.4. Verificación del diseño geométrico.

Se realizó la verificación del diseño geométrico de planta, perfil y secciones transversales, teniendo en cuenta los criterios y controles para el diseño del manual de carreteras: DG-2018.

### 3.4.4.1. Estudio de tráfico

| ESTACION E-1 KM 00+00.00 -<br>RESULTADOS DE EXP. TECNICO |            |                |
|--|------------|----------------|
| Tipo de Vehículos  | IMDa       | Distrib.%      |
| Automóvil  | 145        | 50.00%         |
| Station Wagon  | 5          | 1.72%          |
| Pick Up  | 41         | 14.14%         |
| Panel  | 10         | 3.45%          |
| Rural (combi)  | 44         | 15.17%         |
| Micro  | 1          | 0.34%          |
| Omnibus 2E   | 3          | 1.03%          |
| Omnibus 3E   | 2          | 0.69%          |
| Camión 2E  | 26         | 8.97%          |
| Camión 3E  | 12         | 4.14%          |
| Camión 4E  | 0          | 0.00%          |
| simitrailer 2s3  | 0          | 0.00%          |
| simitrailer 3s2  | 0          | 0.00%          |
| simitrailer >=3S35                                       | 1          | 0.34%          |
| <b>TOTAL IMDa</b>  | <b>290</b> | <b>100.00%</b> |

Figura N° 25: Resultados del estudio de tráfico del expediente técnico

Fuente: Expediente técnico del proyecto

### 3.4.4.2. Datos generales del proyecto

Tabla 4: Datos generales del proyecto

| Descripción           | Características              |
|-----------------------|------------------------------|
| Red Vial              | CA-1306, CA-1305             |
| Distrito              | Cajamarca - Chetilla         |
| Provincia             | Cajamarca                    |
| Regio o Departamento  | Cajamarca                    |
| Uso                   | 17 S                         |
| Punto Datum           | WGS84                        |
| Longitud (km)         | 42+873                       |
| Altura Promedio       | 2952                         |
| Coordenadas Iniciales | 773575.127 E y 9207001.060 N |
| Coordenadas Finales   | 755688.105 E y 9211366.741 N |
| IMDa (Veh/día)        | 290                          |
| Vehículo de Diseño    | C3                           |

Fuente: Expediente técnico del proyecto

### 3.4.4.3. Parámetros de diseño geométrico.

A continuación, se determinó los parámetros de diseño de acuerdo al manual de carreteras: DG-2018. Para luego verificar en los planos del expediente técnico del proyecto.

Tabla 5: Parámetros de diseño geométrico

| Descripción   | Parámetros de diseño       |
|---|----------------------------|
| Clasificación de vía                                | Carretera de tercera clase |
| Orografía   | Accidentado (Tipo 3)       |
| N° Carriles   | 2                          |
| Ancho Mínimo de Carril                              | 3m                         |
| Ancho Mínimo de berma                               | 0.5m                       |
| Velocidad de diseño                                 | 30km/h                     |
| Longitud mínima en tramos en tangente en curvas "S" | 42m                        |
| Longitud mínima en tramos en tangente en curvas "O" | 84m                        |
| Radio mínimo  | 30m                        |
| Ancho de Calzada                                    | 6m                         |
| Distancia de visibilidad de parada                  | 35 m                       |
| Distancia mínima de adelantamiento                  | 200m                       |
| Pendiente mínima                                    | 0.5%                       |
| Pendiente máxima                                    | 10%                        |
| Pendiente máxima extraordinaria                     | 12%                        |
| Bombeo  | 2.5%                       |
| Peralte máximo                                      | 12%                        |

| DATOS DE DISEÑO             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| INDICE MEDIO DIARIO         | : Ver estudio de tráfico          |
| VELOCIDAD DIRECTRIZ         | : 30 Km/H                         |
| PENDIENTE MINIMA            | : 0.5 %                           |
| PENDIENTE MAXIMA            | : 10.00 %                         |
| PENDIENTE MAXIMA EXEPCIONAL | : 12.00 %                         |
| RADIO MINIMO CURVATURA      | : 30.00 m                         |
| RADIO MINIMO EXEPCIONAL     | : 15.00 m                         |
| ANCHO DE CALZADA            | : 5.00 m                          |
| BOMBEO CALZADA %            | : 2.50 %                          |
| ANCHO DE BERMA              | : 0.50 m                          |
| BOMBEO BERMA %              | : 4.00 %                          |
| PERALTE MINIMO              | : 2.20 %                          |
| PERALTE MAXIMO              | : 8.00 %                          |
| TALUD DE CORTE              | : Ver estudio Geoténico           |
| TALUD DE RELLENO            | : Segun clasificación de material |

Figura N° 26: datos de diseño del expediente técnico

Fuente: Plano de planta y perfil del expediente técnico del proyecto

#### **3.4.4.4. Transición de peralte**

La transición de peralte debe ser diseñada con cuidado para garantizar una transición suave y progresiva desde el peralte cero en la recta hacia el peralte máximo en la curva y viceversa.

Civil 3d nos ayuda a generar de manera automática la transición de peraltes, pero también nos permite ingresar estos datos en un formato CSV de Excel. Así evitar posibles errores como se muestra en la siguiente figura:

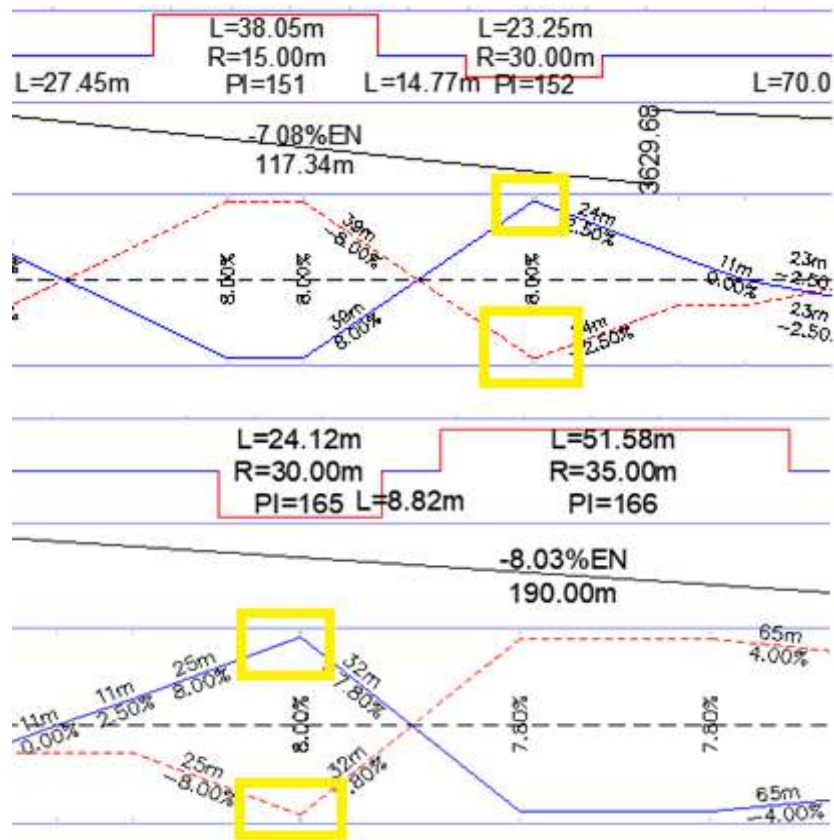


Figura N° 27: Diagrama transición de peralte de las curvas PI 165 y PI 166

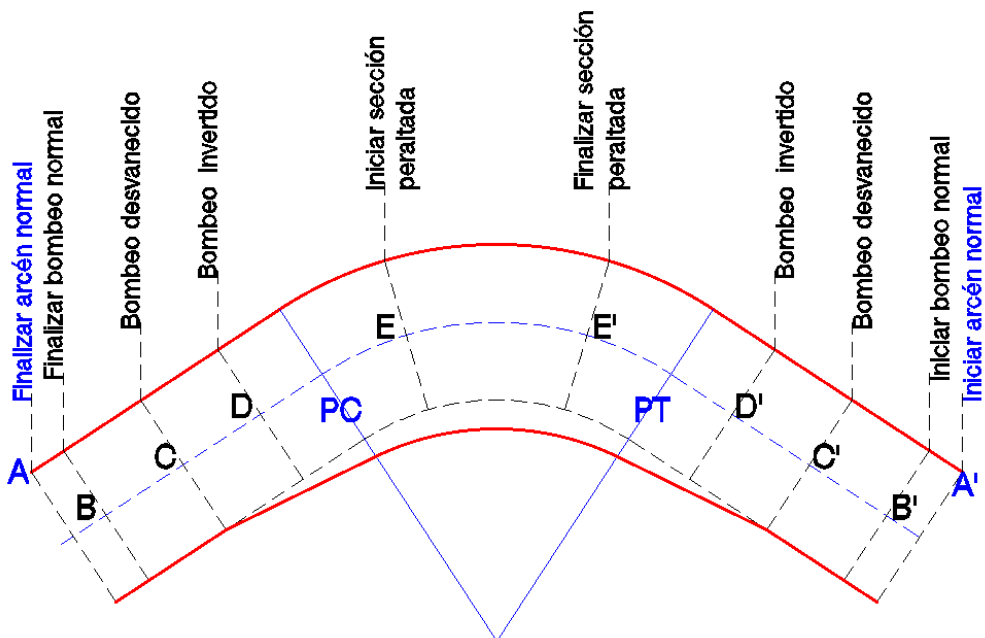


Figura N° 28: Puntos críticos de la transición de peralte

Para el diseño de la transición de peralte utilizamos una hoja de cálculo de Excel. Para ello es necesario calcular la longitud de transición de cada curva con la siguiente formula:

$$L_{min} = \frac{P_f - P_i}{ip_{max}} * B$$

$$ip_{max} = 1.8 - 0.01V$$

Fuente: DG-2018

Donde:

- B = Distancia el borde de la calzada al eje de giro del peralte.
- Pf = Peralte final de la curva
- Pi = Peralte inicia con su signo (Bombeo)
- V =Velocidad de diseño

También utilizaremos la proporción del peralte a desarrollar en tangente según el manual de carreteras DG-2018.

Tabla 6: proporción del peralte a desarrollar en tangente.

| p < 4.5% | 4.5% < p < 7% | p > 7% |
|----------|---------------|--------|
| 0.5 p    | 0.7 p         | 0.8 p  |

Fuente: DG-2018

### 3.4.5. Proceso de trabajo en Autodesk Revit

#### 3.4.5.1. Creación de familias parametrizadas de alcantarillas

Como parte del procedimiento de emplear BIM en nuestro proyecto de infraestructura vial, nos enfocaremos en la creación de familias parametrizadas para

cada tipo de alcantarilla considerado en nuestro proyecto (Alcantarilla de alivio y Alcantarilla de paso).

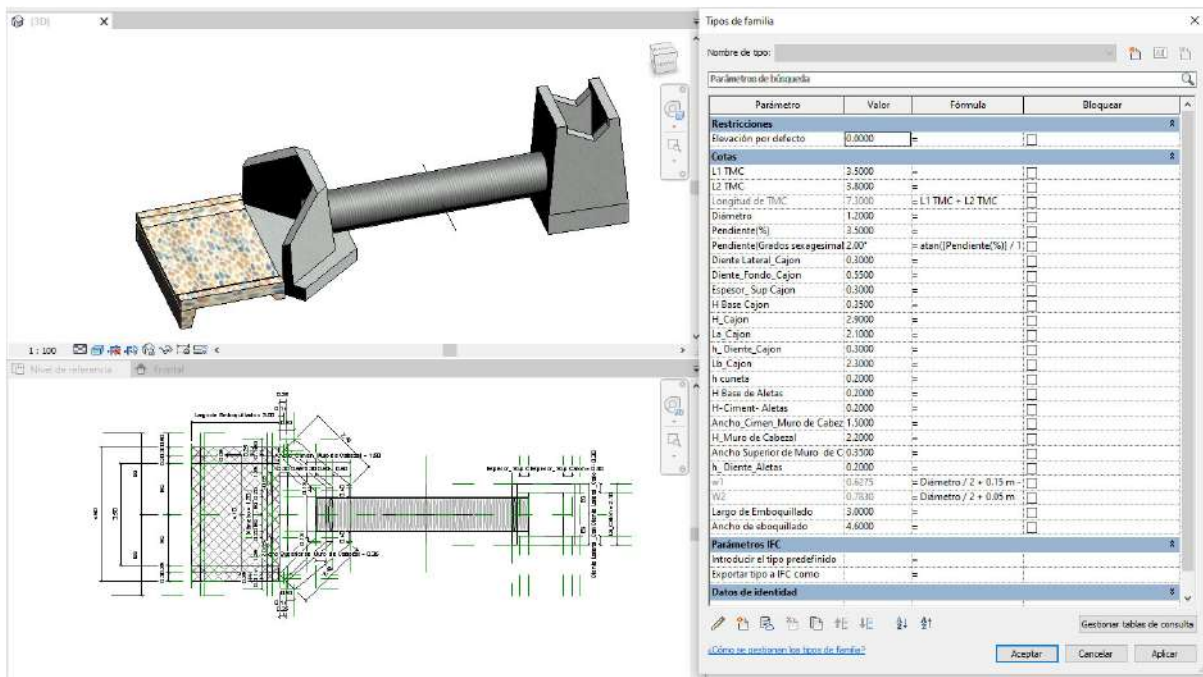


Figura N° 29: Familia de Alcantarilla TMC de Alivio.

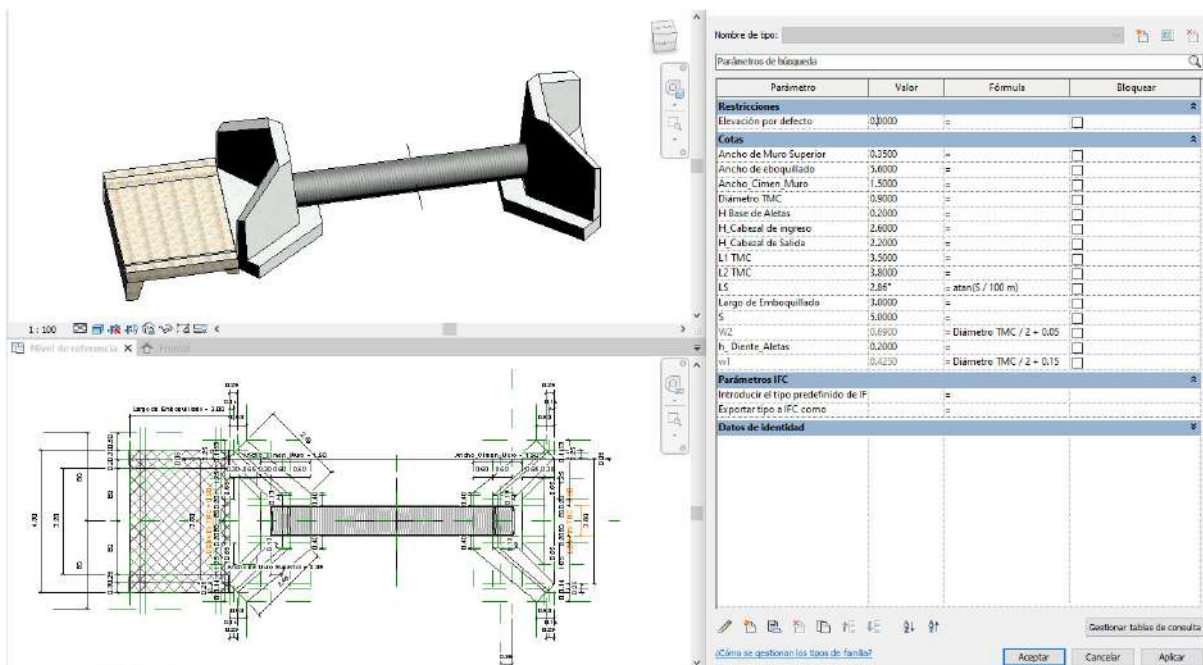


Figura N° 30: Familia de Alcantarilla TMC de Pase.

### 3.4.5.2. Georreferenciación de alcantarilla en Autodesk Revit

Luego de crear las familias de alcantarillas, se procede a georreferenciar cada una de las alcantarillas con sus respectivas dimensiones dentro del entorno de Autodesk Revit.

La importancia de la georreferenciación radica en la capacidad de ubicar con precisión estas estructuras en el entorno geoespacial del proyecto. Esto nos permite gestionar la información con las herramientas de Autodesk Civil 3D, Inroadworks y Naviswork.

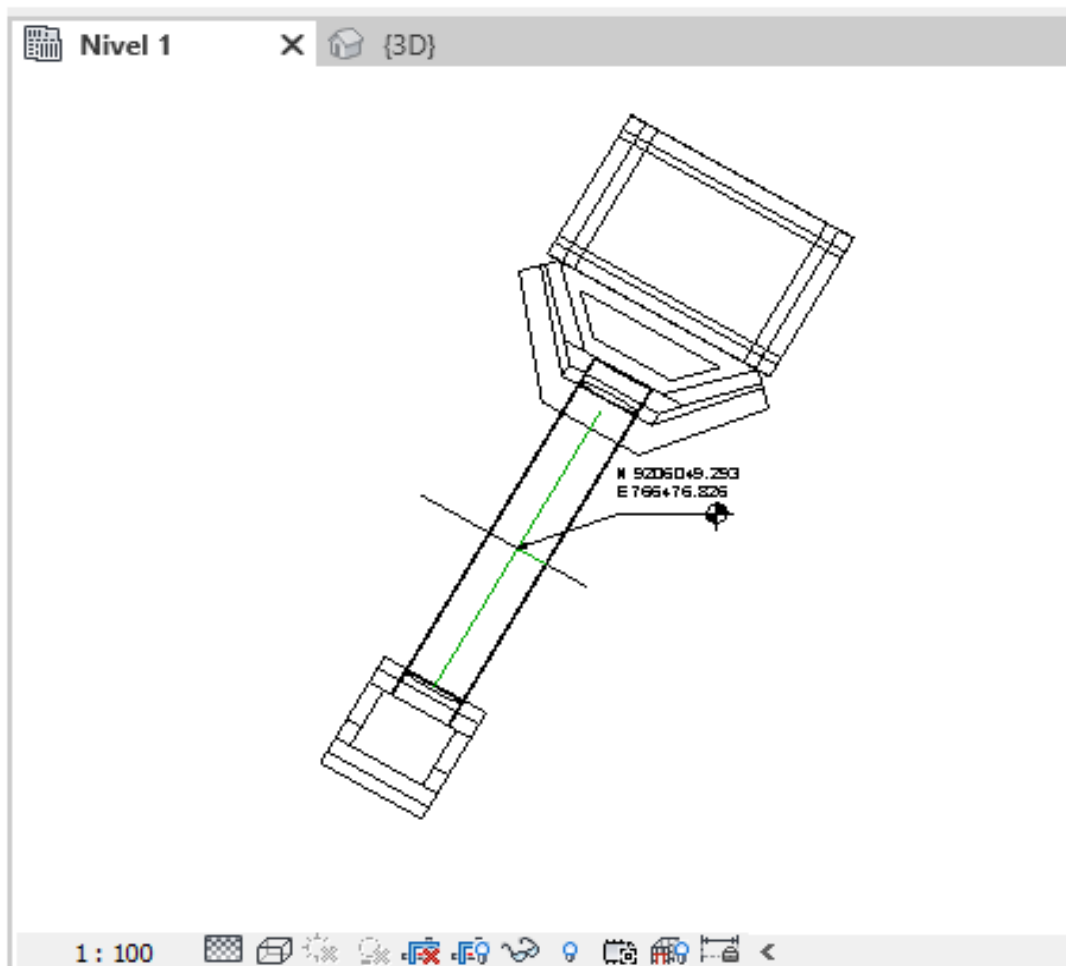


Figura N° 31: Alcantarilla georreferenciada en Autodesk Revit

Para realizar este proceso vamos a importar el Terreno Natural y el Corredor de Autodesk Civil 3D hacia Autodesk Revit, siguiendo los siguientes pasos:



Figura N° 32: Extracción de solido del Corredor.

### 3.4.5.3. Exportación de Autodesk Revit en formato DWG

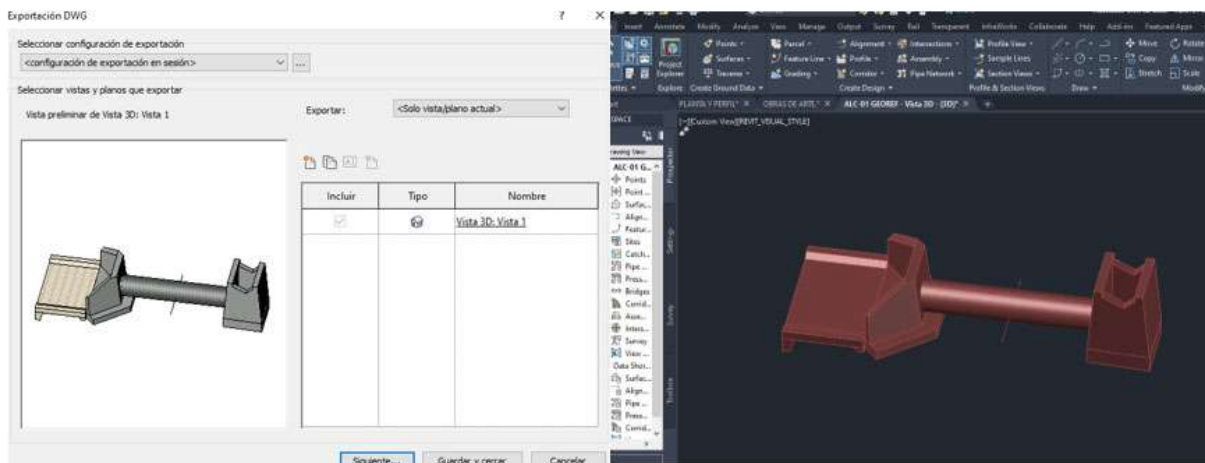


Figura N° 33: Exportación de Alcantarilla de Revit a Civil 3D

### 3.4.5.4. Adaptación de Alcantarilla en Autodesk Civil 3D

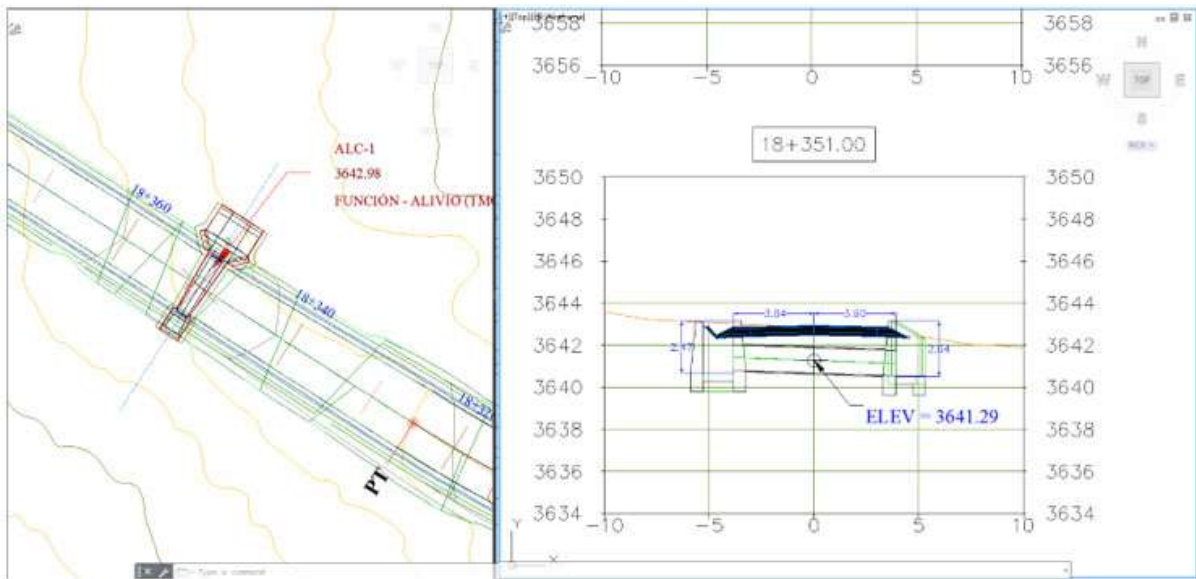


Figura N° 34: Alcantarilla TMC importada en Autodesk Civil 3D

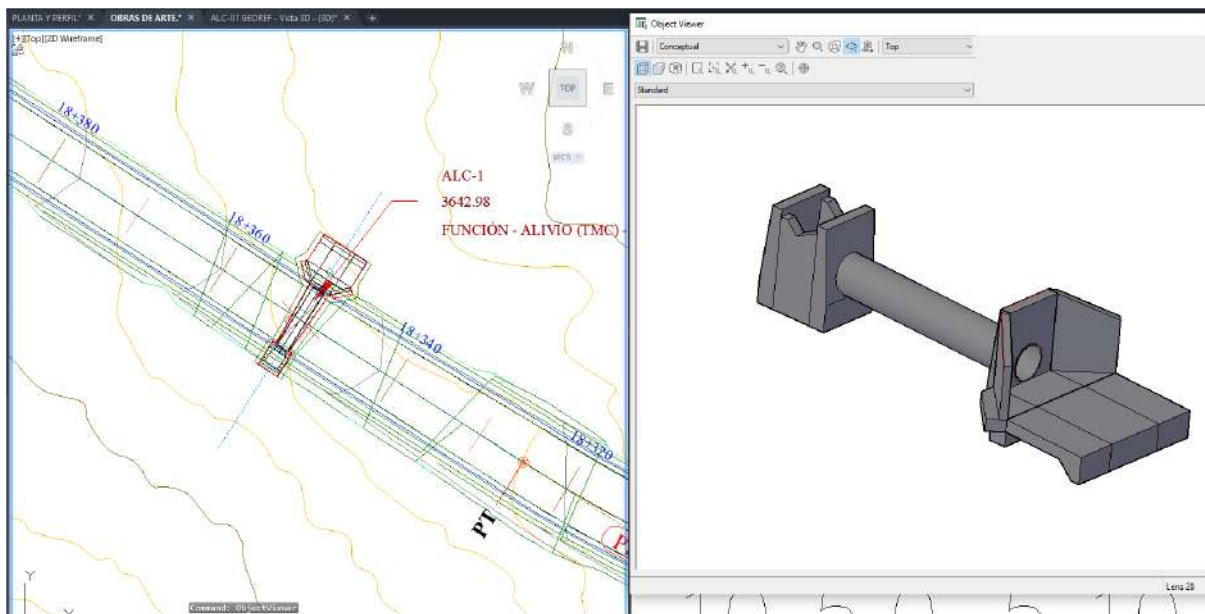


Figura N° 35: Alcantarilla TMC importada con vista como solido en Autodesk Civil 3D

### 3.4.6. Proceso de trabajo en Autodesk InfraWorks

Para realizar el modelamiento de la obra lineal en estudio, se va a utilizar el software Autodesk InfraWorks.

InfraWorks permitió importar los datos geométricos y topográficos generados en Civil 3D, ofreciendo un entorno más dinámico para evaluar el diseño de sus componentes. Este enfoque facilitó la detección temprana de posibles conflictos y permitió realizar ajustes necesarios.



Figura N° 36: visualización 3D de un tramo del modelo integrado de la infraestructura vial.

### 3.4.7. Integración del modelo en Navisworks

La integración del modelo tridimensional de la carretera y las alcantarillas se realizó utilizando Navisworks, un software especializado en la revisión y coordinación de modelos BIM. Este proceso permitió consolidar los componentes de la vía y las estructuras de drenaje en un entorno único y colaborativo, facilitando la detección de interferencias y conflictos entre los elementos del diseño.

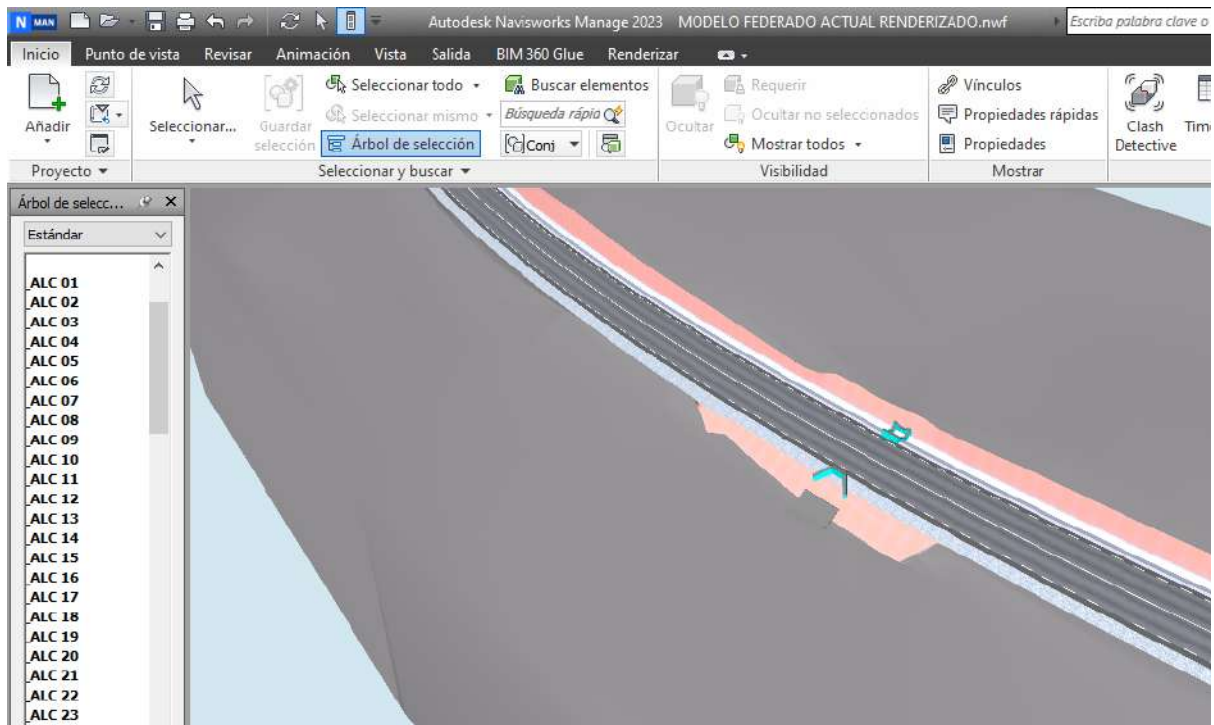


Figura N° 37: Integración del modelo en Navisworks

### 3.4.8. Cuantificación de metrados con la Metodología BIM

Los metrados del proyecto se obtuvieron a partir de los modelados en los Softwares Autodesk Revit y Autodesk Civil 3D.

### 3.4.9. BIM 4D para la planificación.

Este proceso se realizó haciendo uso del software Autodesk Naviswork. Este software nos permite analizar distintos escenarios de ejecución de la obra a través de simulaciones 4D, detectar interferencias entre actividades de manera anticipada y nos permite reducir conflictos entre especialidades al detectar interferencias entre modelos BIM.

### 3.5. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.

#### 3.5.1. Verificación de los parámetros del diseño geométrico

- **Verificación de las curvas horizontales**

Tabla 7: Verificación de los radios de las curvas horizontales

| PI     | RADIO (m) | RADIO MÍNIMO (m) | CONDICIÓN         |
|--------|-----------|------------------|-------------------|
| PI:127 | 150.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:128 | 150.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:129 | 80.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:130 | 90.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:131 | 150.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:132 | 50.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:133 | 200.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:134 | 75.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:135 | 400.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:136 | 50.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:137 | 30.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:138 | 80.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:139 | 90.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:140 | 150.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:141 | 120.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:142 | 700.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:143 | 500.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:144 | 150.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:145 | 150.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:146 | 80.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:147 | 80.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:148 | 100.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:149 | 250.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:150 | 60.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:151 | 15.00     | 30.00            | Radio Excepcional |
| PI:152 | 30.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:153 | 35.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:154 | 35.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:155 | 500.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:156 | 150.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:157 | 250.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:158 | 120.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:159 | 110.00    | 30.00            | Cumple            |
| PI:160 | 80.00     | 30.00            | Cumple            |
| PI:161 | 150.00    | 30.00            | Cumple            |

| <b>PI</b> | <b>RADIO (m)</b> | <b>RADIO MÍNIMO (m)</b> | <b>CONDICIÓN</b>  |
|-----------|------------------|-------------------------|-------------------|
| PI:162    | 70.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:163    | 50.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:164    | 60.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:165    | 30.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:166    | 35.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:167    | 150.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:168    | 300.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:169    | 50.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:170    | 35.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:171    | 100.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:172    | 80.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:173    | 120.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:174    | 15.00            | 30.00                   | Radio Excepcional |
| PI:175    | 90.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:176    | 15.00            | 30.00                   | Radio Excepcional |
| PI:177    | 80.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:178    | 120.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:179    | 80.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:180    | 200.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:181    | 80.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:182    | 30.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:183    | 300.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:184    | 150.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:185    | 100.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:186    | 300.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:187    | 300.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:188    | 70.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:189    | 70.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:190    | 150.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:191    | 80.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:192    | 15.00            | 30.00                   | Radio Excepcional |
| PI:193    | 120.00           | 30.00                   | Cumple            |
| PI:194    | 50.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:195    | 50.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:196    | 20.00            | 30.00                   | Radio Excepcional |
| PI:197    | 20.00            | 30.00                   | Radio Excepcional |
| PI:198    | 25.00            | 30.00                   | Radio Excepcional |
| PI:199    | 35.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:200    | 90.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:201    | 15.00            | 30.00                   | Radio Excepcional |
| PI:202    | 50.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:203    | 50.00            | 30.00                   | Cumple            |
| PI:204    | 20.00            | 30.00                   | Radio Excepcional |

Tabla 8: Verificación de las longitudes de tramos en tangente

| PI     | SENTIDO | PC        | PT        | L.s<br>(m) | L.o<br>(m) | Lmín.s<br>(m) | L<br>mín.o<br>(m) | CONDICIÓN |
|--------|---------|-----------|-----------|------------|------------|---------------|-------------------|-----------|
| PI:127 | I       | 18+157.76 | 18+195.99 | 157.76     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:128 | D       | 18+286.62 | 18+321.57 | 90.63      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:129 | D       | 18+495.31 | 18+556.22 |            | 173.74     | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:130 | D       | 18+671.65 | 18+727.24 |            | 115.43     | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:131 | D       | 18+758.85 | 18+836.51 |            | 31.61      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:132 | I       | 19+009.20 | 19+096.12 | 172.69     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:133 | I       | 19+165.47 | 19+248.75 |            | 69.35      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:134 | D       | 19+370.16 | 19+400.77 | 121.41     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:135 | I       | 19+450.92 | 19+540.85 | 50.15      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:136 | I       | 19+565.38 | 19+597.06 |            | 24.53      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:137 | D       | 19+619.66 | 19+661.03 | 22.60      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:138 | I       | 19+665.45 | 19+743.08 | 4.42       |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:139 | I       | 19+797.45 | 19+848.04 |            | 54.37      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:140 | I       | 20+017.11 | 20+052.72 |            | 169.07     | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:141 | D       | 20+120.73 | 20+192.77 | 68.01      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:142 | I       | 20+316.76 | 20+498.25 | 123.99     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:143 | D       | 20+970.68 | 21+192.87 | 472.43     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:144 | I       | 21+311.97 | 21+358.77 | 119.10     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:145 | D       | 21+489.09 | 21+579.52 | 130.32     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:146 | I       | 21+650.55 | 21+698.39 | 71.03      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:147 | D       | 21+916.41 | 21+959.25 | 218.02     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:148 | I       | 22+050.30 | 22+099.94 | 91.05      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:149 | I       | 22+163.22 | 22+260.20 |            | 63.28      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:150 | I       | 22+293.55 | 22+329.29 |            | 33.35      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:151 | D       | 22+356.73 | 22+394.78 | 27.44      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:152 | I       | 22+409.55 | 22+432.80 | 14.77      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:153 | D       | 22+502.83 | 22+539.36 | 70.03      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:154 | I       | 22+627.93 | 22+682.66 | 88.57      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:155 | I       | 22+735.82 | 22+790.81 |            | 53.16      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:156 | I       | 22+846.93 | 22+898.93 |            | 56.12      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:157 | D       | 22+943.26 | 22+987.97 | 44.33      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:158 | D       | 23+119.76 | 23+215.23 |            | 131.79     | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:159 | I       | 23+275.59 | 23+410.28 | 60.36      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:160 | D       | 23+545.11 | 23+578.94 | 134.83     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:161 | I       | 23+638.71 | 23+677.80 | 59.77      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:162 | D       | 23+737.94 | 23+799.85 | 60.14      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:163 | I       | 23+941.56 | 24+033.24 | 141.71     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:164 | D       | 24+101.36 | 24+157.11 | 68.12      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:165 | I       | 24+264.75 | 24+288.87 | 107.64     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:166 | D       | 24+297.69 | 24+349.27 | 8.82       |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:167 | D       | 24+396.40 | 24+485.43 |            | 47.13      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:168 | I       | 24+501.62 | 24+543.44 | 16.19      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |

| PI     | SENTIDO | PC        | PT        | L.s<br>(m) | L.o<br>(m) | Lmín.s<br>(m) | L<br>mín.o<br>(m) | CONDICIÓN |
|--------|---------|-----------|-----------|------------|------------|---------------|-------------------|-----------|
| PI:169 | D       | 24+617.87 | 24+638.61 | 74.43      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:170 | I       | 24+660.52 | 24+698.58 | 21.91      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:171 | D       | 24+743.90 | 24+792.85 | 45.32      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:172 | I       | 24+836.25 | 24+868.50 | 43.40      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:173 | I       | 24+927.00 | 24+954.56 |            | 58.50      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:174 | D       | 25+004.66 | 25+043.64 | 50.10      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:175 | D       | 25+096.75 | 25+117.73 |            | 53.11      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:176 | I       | 25+139.79 | 25+176.80 | 22.06      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:177 | I       | 25+273.23 | 25+303.50 |            | 96.43      | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:178 | D       | 25+350.59 | 25+418.63 | 47.09      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:179 | I       | 25+470.27 | 25+506.94 | 51.64      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:180 | I       | 25+573.57 | 25+594.74 |            | 66.63      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:181 | D       | 25+720.87 | 25+748.99 | 126.13     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:182 | I       | 25+780.68 | 25+808.58 | 31.69      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:183 | I       | 25+883.64 | 25+919.36 |            | 75.06      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:184 | D       | 25+950.29 | 26+051.94 | 30.93      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:185 | D       | 26+091.90 | 26+181.31 |            | 39.96      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:186 | I       | 26+198.42 | 26+237.54 | 17.11      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:187 | I       | 26+322.43 | 26+469.71 |            | 84.89      | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:188 | D       | 26+540.43 | 26+629.15 | 70.72      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:189 | I       | 26+679.47 | 26+704.58 | 50.32      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:190 | D       | 26+859.93 | 26+883.44 | 155.35     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:191 | D       | 26+919.34 | 26+958.31 |            | 35.90      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:192 | I       | 26+983.69 | 27+015.76 | 25.38      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:193 | I       | 27+034.71 | 27+097.43 |            | 18.95      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:194 | I       | 27+183.21 | 27+219.17 |            | 85.78      | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:195 | D       | 27+392.06 | 27+439.84 | 172.89     |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:196 | D       | 27+482.62 | 27+512.95 |            | 42.78      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:197 | D       | 27+512.96 | 27+543.31 |            | -          | 42.00         | 84.00             | No aplica |
| PI:198 | I       | 27+555.55 | 27+593.84 | 12.24      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:199 | D       | 27+667.82 | 27+690.04 | 73.98      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:200 | I       | 27+767.88 | 27+791.82 | 77.84      |            | 42.00         | 84.00             | Cumple    |
| PI:201 | I       | 27+828.76 | 27+867.25 |            | 36.94      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:202 | D       | 27+879.33 | 27+926.80 | 12.08      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:203 | D       | 27+945.43 | 27+971.38 |            | 18.63      | 42.00         | 84.00             | No Cumple |
| PI:204 | I       | 27+999.55 | 28+026.93 | 28.17      |            | 42.00         | 84.00             | No Cumple |

Tabla 9: Elementos de curvas horizontales

| PI     | SENTIDO | $\Delta$   | RADIO (m) | T (m)  | L (m)  | LC (m) | E (m) | M (m) | PC        | PI        | PT        | PI Norte     | PI Este     | P(%)   | Sa (m) |
|--------|---------|------------|-----------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------|--------|
| PI:127 | I       | 14°36'16"  | 150.00    | 19.22  | 38.23  | 38.13  | 1.23  | 1.22  | 18+157.76 | 18+176.98 | 18+195.99 | 9205976.4045 | 766570.4495 | -4.00% | 0.60   |
| PI:128 | D       | 13°21'05"  | 150.00    | 17.56  | 34.95  | 34.87  | 1.02  | 1.02  | 18+286.62 | 18+304.17 | 18+321.57 | 9206019.6993 | 766450.6294 | 4.00%  | 0.60   |
| PI:129 | D       | 43°37'25"  | 80.00     | 32.02  | 60.91  | 59.45  | 6.17  | 5.73  | 18+495.31 | 18+527.33 | 18+556.22 | 9206142.0377 | 766263.8024 | 5.60%  | 1.00   |
| PI:130 | D       | 35°23'17"  | 90.00     | 28.71  | 55.59  | 54.71  | 4.47  | 4.26  | 18+671.65 | 18+700.36 | 18+727.24 | 9206313.5655 | 766223.7013 | 5.40%  | 0.90   |
| PI:131 | D       | 29°39'38"  | 150.00    | 39.72  | 77.65  | 76.79  | 5.17  | 5.00  | 18+758.85 | 18+798.57 | 18+836.51 | 9206406.1781 | 766261.5513 | 4.00%  | 0.60   |
| PI:132 | I       | 99°36'08"  | 50.00     | 59.17  | 86.92  | 76.38  | 27.47 | 17.73 | 19+009.20 | 19+068.37 | 19+096.12 | 9206573.7915 | 766475.2401 | -6.80% | 1.50   |
| PI:133 | I       | 23°51'35"  | 200.00    | 42.26  | 83.29  | 82.69  | 4.42  | 4.32  | 19+165.47 | 19+207.72 | 19+248.75 | 9206688.6958 | 766348.9075 | -4.00% | 0.50   |
| PI:134 | D       | 23°22'57"  | 75.00     | 15.52  | 30.61  | 30.40  | 1.59  | 1.56  | 19+370.16 | 19+385.68 | 19+400.77 | 9206745.3380 | 766178.9116 | 5.80%  | 1.20   |
| PI:135 | I       | 12°52'52"  | 400.00    | 45.15  | 89.93  | 89.74  | 2.54  | 2.52  | 19+450.92 | 19+496.07 | 19+540.85 | 9206819.2186 | 766096.3109 | -4.00% | 0.40   |
| PI:136 | I       | 36°18'28"  | 50.00     | 16.39  | 31.68  | 31.16  | 2.62  | 2.49  | 19+565.38 | 19+581.77 | 19+597.06 | 9206860.8595 | 766020.9694 | -6.80% | 1.50   |
| PI:137 | D       | 79°00'52"  | 30.00     | 24.74  | 41.37  | 38.17  | 8.88  | 6.85  | 19+619.66 | 19+644.39 | 19+661.03 | 9206852.6756 | 765957.7730 | 8.00%  | 2.40   |
| PI:138 | I       | 55°35'47"  | 80.00     | 42.18  | 77.63  | 74.62  | 10.44 | 9.23  | 19+665.45 | 19+707.63 | 19+743.08 | 9206920.3765 | 765935.2988 | -5.60% | 1.00   |
| PI:139 | I       | 32°12'23"  | 90.00     | 25.98  | 50.59  | 49.93  | 3.68  | 3.53  | 19+797.45 | 19+823.43 | 19+848.04 | 9206954.2319 | 765817.5364 | -5.40% | 9.00   |
| PI:140 | I       | 13°36'02"  | 150.00    | 17.89  | 35.61  | 35.52  | 1.06  | 1.06  | 20+017.11 | 20+035.00 | 20+052.72 | 9206894.9414 | 765613.0175 | -4.00% | 0.60   |
| PI:141 | D       | 34°23'57"  | 120.00    | 37.15  | 72.05  | 70.97  | 5.62  | 5.37  | 20+120.73 | 20+157.87 | 20+192.77 | 9206833.8520 | 765506.2096 | 4.60%  | 0.80   |
| PI:142 | I       | 14°51'19"  | 700.00    | 91.26  | 181.49 | 180.98 | 5.92  | 5.87  | 20+316.76 | 20+408.02 | 20+498.25 | 9206854.2314 | 765254.6447 | 0.00%  | -      |
| PI:143 | D       | 25°27'41"  | 500.00    | 112.96 | 222.19 | 220.37 | 12.60 | 12.29 | 20+970.68 | 21+083.64 | 21+192.87 | 9206734.1308 | 764588.7410 | 0.00%  | -      |
| PI:144 | I       | 17°52'33"  | 150.00    | 23.59  | 46.80  | 46.61  | 1.84  | 1.82  | 21+311.97 | 21+335.57 | 21+358.77 | 9206801.3217 | 764342.0752 | -4.00% | 0.60   |
| PI:145 | D       | 34°32'26"  | 150.00    | 46.63  | 90.43  | 89.06  | 7.08  | 6.76  | 21+489.09 | 21+535.73 | 21+579.52 | 9206792.0902 | 764141.7437 | 4.00%  | 0.60   |
| PI:146 | I       | 34°15'36"  | 80.00     | 24.66  | 47.84  | 47.13  | 3.71  | 3.55  | 21+650.55 | 21+675.21 | 21+698.39 | 9206867.3043 | 764020.9171 | -5.60% | 1.00   |
| PI:147 | D       | 30°41'17"  | 80.00     | 21.95  | 42.85  | 42.34  | 2.96  | 2.85  | 21+916.41 | 21+938.36 | 21+959.25 | 9206856.4173 | 763756.5147 | 5.60%  | 1.00   |
| PI:148 | I       | 28°26'36"  | 100.00    | 25.34  | 49.64  | 49.13  | 3.16  | 3.06  | 22+050.30 | 22+075.64 | 22+099.94 | 9206922.0670 | 763634.7442 | -5.00% | 0.90   |
| PI:149 | I       | 22°13'37"  | 250.00    | 49.11  | 96.98  | 96.38  | 4.78  | 4.69  | 22+163.22 | 22+212.33 | 22+260.20 | 9206921.7956 | 763497.0162 | -4.00% | 0.40   |
| PI:150 | I       | 34°07'15"  | 60.00     | 18.41  | 35.73  | 35.21  | 2.76  | 2.64  | 22+293.55 | 22+311.97 | 22+329.29 | 9206883.4523 | 763403.7103 | -6.40% | 1.30   |
| PI:151 | D       | 145°20'25" | 15.00     | 48.07  | 38.05  | 28.64  | 35.36 | 10.53 | 22+356.73 | 22+404.81 | 22+394.78 | 9206805.1591 | 763351.8119 | 8.00%  | 2.80   |
| PI:152 | I       | 44°24'38"  | 30.00     | 12.25  | 23.25  | 22.68  | 2.40  | 2.22  | 22+409.55 | 22+421.80 | 22+432.80 | 9206880.2287 | 763350.3435 | -8.00% | 1.20   |

| PI     | SENTIDO | Δ          | RADIO (m) | T (m) | L (m)  | LC (m) | E (m) | M (m) | PC        | PI        | PT        | PI Norte     | PI Este     | P(%)   | Sa (m) |
|--------|---------|------------|-----------|-------|--------|--------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------|--------|
| PI:153 | D       | 59°48'37"  | 35.00     | 20.13 | 36.54  | 34.90  | 5.38  | 4.66  | 22+502.83 | 22+522.96 | 22+539.36 | 9206951.9620 | 763277.2676 | 7.80%  | 2.10   |
| PI:154 | I       | 89°36'10"  | 35.00     | 34.76 | 54.74  | 49.33  | 14.33 | 10.17 | 22+627.93 | 22+662.69 | 22+682.66 | 9207090.9826 | 763312.6495 | -7.80% | 2.10   |
| PI:155 | I       | 6°18'05"   | 500.00    | 27.52 | 54.99  | 54.96  | 0.76  | 0.76  | 22+735.82 | 22+763.34 | 22+790.81 | 9207120.2283 | 763200.9828 | 0.00%  | -      |
| PI:156 | I       | 19°51'38"  | 150.00    | 26.26 | 52.00  | 51.74  | 2.28  | 2.25  | 22+846.93 | 22+873.19 | 22+898.93 | 9207136.2363 | 763092.2459 | -4.00% | 0.60   |
| PI:157 | D       | 10°14'52"  | 250.00    | 22.42 | 44.71  | 44.65  | 1.00  | 1.00  | 22+943.26 | 22+965.67 | 22+987.97 | 9207117.7156 | 763001.0990 | 2.80%  | 0.40   |
| PI:158 | D       | 45°34'55"  | 120.00    | 50.42 | 95.47  | 92.97  | 10.16 | 9.37  | 23+119.76 | 23+170.19 | 23+215.23 | 9207113.2943 | 762796.5164 | 4.60%  | 0.80   |
| PI:159 | I       | 70°09'13"  | 110.00    | 77.24 | 134.69 | 126.43 | 24.41 | 19.98 | 23+275.59 | 23+352.83 | 23+410.28 | 9207244.7159 | 762662.0499 | -4.80% | 0.90   |
| PI:160 | D       | 24°13'45"  | 80.00     | 17.17 | 33.83  | 33.58  | 1.82  | 1.78  | 23+545.11 | 23+562.28 | 23+578.94 | 9207144.9045 | 762455.6695 | 5.60%  | 1.00   |
| PI:161 | I       | 14°55'54"  | 150.00    | 19.66 | 39.09  | 38.98  | 1.28  | 1.27  | 23+638.71 | 23+658.36 | 23+677.80 | 9207142.2402 | 762359.1102 | -4.00% | 0.60   |
| PI:162 | D       | 50°40'09"  | 70.00     | 33.14 | 61.90  | 59.91  | 7.45  | 6.73  | 23+737.94 | 23+771.09 | 23+799.85 | 9207110.1396 | 762250.8247 | 6.00%  | 1.20   |
| PI:163 | I       | 105°03'28" | 50.00     | 65.23 | 91.68  | 79.37  | 32.19 | 19.58 | 23+941.56 | 24+006.79 | 24+033.24 | 9207244.9348 | 762052.1598 | -6.80% | 1.50   |
| PI:164 | D       | 53°14'30"  | 60.00     | 30.07 | 55.75  | 53.77  | 7.11  | 6.36  | 24+101.36 | 24+131.43 | 24+157.11 | 9207090.5067 | 761998.6861 | 6.40%  | 1.30   |
| PI:165 | I       | 46°04'00"  | 30.00     | 12.75 | 24.12  | 23.48  | 2.60  | 2.39  | 24+264.75 | 24+277.51 | 24+288.87 | 9207044.8622 | 761855.3077 | -8.00% | 2.40   |
| PI:166 | D       | 84°26'08"  | 35.00     | 31.76 | 51.58  | 47.04  | 12.26 | 9.08  | 24+297.69 | 24+329.45 | 24+349.27 | 9206997.0452 | 761831.7016 | 7.80%  | 2.10   |
| PI:167 | D       | 34°00'29"  | 150.00    | 45.87 | 89.03  | 87.73  | 6.86  | 6.56  | 24+396.40 | 24+442.27 | 24+485.43 | 9207041.1635 | 761715.0080 | 4.00%  | 0.60   |
| PI:168 | I       | 7°59'13"   | 300.00    | 20.94 | 41.82  | 41.79  | 0.73  | 0.73  | 24+501.62 | 24+522.56 | 24+543.44 | 9207108.9180 | 761667.0673 | -4.00% | 0.40   |
| PI:169 | D       | 23°46'12"  | 50.00     | 10.52 | 20.74  | 20.59  | 1.10  | 1.07  | 24+617.87 | 24+628.39 | 24+638.61 | 9207186.0279 | 761594.4817 | 6.80%  | 1.50   |
| PI:170 | I       | 62°18'15"  | 35.00     | 21.16 | 38.06  | 36.21  | 5.90  | 5.05  | 24+660.52 | 24+681.68 | 24+698.58 | 9207236.5483 | 761576.5926 | -7.80% | 2.10   |
| PI:171 | D       | 28°02'47"  | 100.00    | 24.98 | 48.95  | 48.46  | 3.07  | 2.98  | 24+743.90 | 24+768.87 | 24+792.85 | 9207249.5863 | 761486.0824 | 5.00%  | 0.90   |
| PI:172 | I       | 23°05'52"  | 80.00     | 16.35 | 32.25  | 32.03  | 1.65  | 1.62  | 24+836.25 | 24+852.60 | 24+868.50 | 9207299.6782 | 761417.7495 | -5.60% | 1.00   |
| PI:173 | I       | 13°09'29"  | 120.00    | 13.84 | 27.56  | 27.50  | 0.80  | 0.79  | 24+927.00 | 24+940.84 | 24+954.56 | 9207319.8491 | 761331.3830 | -4.60% | 0.80   |
| PI:174 | D       | 148°53'48" | 15.00     | 53.90 | 38.98  | 28.90  | 40.95 | 10.98 | 25+004.66 | 25+058.55 | 25+043.64 | 9207319.8240 | 761213.5505 | 8.00%  | 2.80   |
| PI:175 | D       | 13°21'22"  | 90.00     | 10.54 | 20.98  | 20.93  | 0.61  | 0.61  | 25+096.75 | 25+107.29 | 25+117.73 | 9207380.5711 | 761314.1902 | 5.40%  | 0.90   |
| PI:176 | I       | 141°21'30" | 15.00     | 42.78 | 37.01  | 28.31  | 30.34 | 10.04 | 25+139.79 | 25+182.57 | 25+176.80 | 9207403.5634 | 761385.9775 | -8.00% | 2.80   |
| PI:177 | I       | 21°40'50"  | 80.00     | 15.32 | 30.27  | 30.09  | 1.45  | 1.43  | 25+273.23 | 25+288.54 | 25+303.50 | 9207458.6454 | 761241.5968 | -5.60% | 1.00   |
| PI:178 | D       | 32°29'03"  | 120.00    | 34.96 | 68.03  | 67.13  | 4.99  | 4.79  | 25+350.59 | 25+385.55 | 25+418.63 | 9207457.2884 | 761144.2345 | 4.60%  | 0.80   |
| PI:179 | I       | 26°15'44"  | 80.00     | 18.66 | 36.67  | 36.35  | 2.15  | 2.09  | 25+470.27 | 25+488.94 | 25+506.94 | 9207512.5824 | 761054.6554 | -5.60% | 1.00   |
| PI:180 | I       | 6°03'52"   | 200.00    | 10.59 | 21.17  | 21.16  | 0.28  | 0.28  | 25+573.57 | 25+584.16 | 25+594.74 | 9207521.6446 | 760959.2034 | -4.00% | 0.50   |

| PI     | SENTIDO | Δ          | RADIO (m) | T (m) | L (m)  | LC (m) | E (m) | M (m) | PC        | PI        | PT        | PI Norte     | PI Este     | P(%)   | Sa (m) |
|--------|---------|------------|-----------|-------|--------|--------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------|--------|
| PI:181 | D       | 20°08'22"  | 80.00     | 14.21 | 28.12  | 27.98  | 1.25  | 1.23  | 25+720.87 | 25+735.07 | 25+748.99 | 9207519.9559 | 760808.2821 | 5.60%  | 1.00   |
| PI:182 | I       | 53°18'05"  | 30.00     | 15.06 | 27.91  | 26.91  | 3.57  | 3.19  | 25+780.68 | 25+795.73 | 25+808.58 | 9207540.3001 | 760750.8265 | -8.00% | 2.40   |
| PI:183 | I       | 6°49'15"   | 300.00    | 17.88 | 35.71  | 35.69  | 0.53  | 0.53  | 25+883.64 | 25+901.52 | 25+919.36 | 9207480.2190 | 760661.0892 | -4.00% | 0.40   |
| PI:184 | D       | 38°49'42"  | 150.00    | 52.86 | 101.65 | 99.72  | 9.04  | 8.53  | 25+950.29 | 26+003.16 | 26+051.94 | 9207414.0181 | 760583.9170 | 4.00%  | 0.60   |
| PI:185 | D       | 51°13'37"  | 100.00    | 47.94 | 89.41  | 86.46  | 10.90 | 9.83  | 26+091.90 | 26+139.85 | 26+181.31 | 9207409.6066 | 760443.2184 | 5.00%  | 0.90   |
| PI:186 | I       | 7°28'22"   | 300.00    | 19.59 | 39.13  | 39.10  | 0.64  | 0.64  | 26+198.42 | 26+218.01 | 26+237.54 | 9207473.8982 | 760388.1742 | -4.00% | 0.40   |
| PI:187 | I       | 28°07'44"  | 300.00    | 75.16 | 147.28 | 145.81 | 9.27  | 8.99  | 26+322.43 | 26+397.59 | 26+469.71 | 9207594.0001 | 760254.5922 | -4.00% | 0.40   |
| PI:188 | D       | 72°36'59"  | 70.00     | 51.44 | 88.72  | 82.90  | 16.87 | 13.59 | 26+540.43 | 26+591.86 | 26+629.15 | 9207641.1634 | 760063.0036 | 6.00%  | 1.20   |
| PI:189 | I       | 20°33'00"  | 70.00     | 12.69 | 25.11  | 24.97  | 1.14  | 1.12  | 26+679.47 | 26+692.16 | 26+704.58 | 9207755.3928 | 760055.9091 | -6.00% | 1.20   |
| PI:190 | D       | 8°58'47"   | 150.00    | 11.78 | 23.51  | 23.48  | 0.46  | 0.46  | 26+859.93 | 26+871.71 | 26+883.44 | 9207919.5374 | 759982.4703 | 4.00%  | 0.60   |
| PI:191 | D       | 27°54'39"  | 80.00     | 19.88 | 38.97  | 38.59  | 2.43  | 2.36  | 26+919.34 | 26+939.22 | 26+958.31 | 9207984.7547 | 759964.8438 | 5.00%  | 1.00   |
| PI:192 | I       | 122°29'26" | 15.00     | 27.34 | 32.07  | 26.30  | 16.18 | 7.78  | 26+983.69 | 27+011.02 | 27+015.76 | 9208055.5484 | 759980.9103 | -8.00% | 2.80   |
| PI:193 | I       | 29°56'33"  | 120.00    | 32.09 | 62.71  | 62.00  | 4.22  | 4.07  | 27+034.71 | 27+066.80 | 27+097.43 | 9208029.1208 | 759907.1171 | -4.60% | 0.80   |
| PI:194 | I       | 41°13'02"  | 50.00     | 18.80 | 35.97  | 35.20  | 3.42  | 3.20  | 27+183.21 | 27+202.01 | 27+219.17 | 9207924.9676 | 759818.6216 | -6.80% | 1.50   |
| PI:195 | D       | 54°45'18"  | 50.00     | 25.89 | 47.78  | 45.99  | 6.31  | 5.60  | 27+392.06 | 27+417.95 | 27+439.84 | 9207707.4114 | 759821.9019 | 6.80%  | 1.50   |
| PI:196 | D       | 86°54'17"  | 20.00     | 18.95 | 30.34  | 27.51  | 7.55  | 5.48  | 27+482.62 | 27+501.56 | 27+512.95 | 9207655.7789 | 759751.1188 | 8.00%  | 2.80   |
| PI:197 | D       | 86°56'49"  | 20.00     | 18.96 | 30.35  | 27.52  | 7.56  | 5.49  | 27+512.96 | 27+531.92 | 27+543.31 | 9207685.1619 | 759727.1511 | 8.00%  | 2.80   |
| PI:198 | I       | 87°45'32"  | 25.00     | 24.04 | 38.29  | 34.66  | 9.68  | 6.98  | 27+555.55 | 27+579.59 | 27+593.84 | 9207722.3090 | 759768.0367 | -8.00% | 2.80   |
| PI:199 | D       | 36°22'28"  | 35.00     | 11.50 | 22.22  | 21.85  | 1.84  | 1.75  | 27+667.82 | 27+679.31 | 27+690.04 | 9207806.1815 | 759697.6195 | 7.80%  | 2.10   |
| PI:200 | I       | 15°14'20"  | 90.00     | 12.04 | 23.94  | 23.87  | 0.80  | 0.79  | 27+767.88 | 27+779.92 | 27+791.82 | 9207907.3597 | 759691.1802 | -5.40% | 0.90   |
| PI:201 | I       | 147°02'18" | 15.00     | 50.70 | 38.49  | 28.77  | 37.87 | 10.74 | 27+828.76 | 27+879.46 | 27+867.25 | 9208001.6764 | 759658.9243 | -8.00% | 2.80   |
| PI:202 | D       | 54°23'11"  | 50.00     | 25.69 | 47.46  | 45.70  | 6.21  | 5.53  | 27+879.33 | 27+905.02 | 27+926.80 | 9207915.8609 | 759637.3988 | 6.80%  | 1.50   |
| PI:203 | D       | 29°44'11"  | 50.00     | 13.27 | 25.95  | 25.66  | 1.73  | 1.67  | 27+945.43 | 27+958.70 | 27+971.38 | 9207894.7208 | 759583.8204 | 6.80%  | 1.50   |
| PI:204 | I       | 78°26'32"  | 20.00     | 16.32 | 27.38  | 25.29  | 5.82  | 4.51  | 27+999.55 | 28+015.88 | 28+026.93 | 9207902.9644 | 759526.6417 | -8.00% | -      |

• Verificación de las longitudes de las curvas verticales

|                               |                       |                              |                                    |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Velocidad de diseño = 30 km/h | Pendiente máxima =10% | Distancia de parada Dp =35 m | Distancia de visibilidad Da = 200m |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------------|

| DATOS CIVIL 3D |           |        |        |        |               |               |
|----------------|-----------|--------|--------|--------|---------------|---------------|
| PVI            | Station   | S1     | S2     | A      | Tipo de curva | Tipo de curva |
| 1              | 18+221.01 | 2.14%  | -1.38% | -3.52% | Crest         | Convexa       |
| 2              | 18+351.85 | -1.38% | 1.58%  | 2.96%  | Sag           | Cóncava       |
| 3              | 18+472.88 | 1.58%  | 4.94%  | 3.35%  | Sag           | Cóncava       |
| 4              | 18+621.01 | 4.94%  | 9.24%  | 4.30%  | Sag           | Cóncava       |
| 5              | 18+821.01 | 9.24%  | 9.60%  | 0.36%  | Sag           | Cóncava       |
| 6              | 19+030.20 | 9.60%  | 4.42%  | -5.17% | Crest         | Convexa       |
| 7              | 19+246.27 | 4.42%  | 2.70%  | -1.72% | Crest         | Convexa       |
| 8              | 19+431.01 | 2.70%  | -0.76% | -3.46% | Crest         | Convexa       |
| 9              | 19+625.96 | -0.76% | 5.55%  | 6.31%  | Sag           | Cóncava       |
| 10             | 19+765.13 | 5.55%  | -0.78% | -6.33% | Crest         | Convexa       |
| 11             | 19+941.01 | -0.78% | 3.08%  | 3.86%  | Sag           | Cóncava       |
| 12             | 20+021.01 | 3.08%  | -0.89% | -3.97% | Crest         | Convexa       |
| 13             | 20+154.11 | -0.89% | 3.45%  | 4.33%  | Sag           | Cóncava       |
| 14             | 20+405.59 | 3.45%  | -1.20% | -4.64% | Crest         | Convexa       |
| 15             | 20+554.87 | -1.20% | 0.69%  | 1.89%  | Sag           | Cóncava       |
| 16             | 20+921.01 | 0.69%  | -0.56% | -1.26% | Crest         | Convexa       |
| 17             | 21+441.01 | -0.56% | -2.91% | -2.34% | Crest         | Convexa       |
| 18             | 21+691.01 | -2.91% | -0.50% | 2.40%  | Sag           | Cóncava       |
| 19             | 21+811.01 | -0.50% | -2.66% | -2.15% | Crest         | Convexa       |
| 20             | 22+023.71 | -2.66% | -9.30% | -6.64% | Crest         | Convexa       |

| Longitud mínima de curvas verticales según distancia de visibilidad de parada (Dp =35m) |       |         |       |       |            |
|---|-------|---------|-------|-------|------------|
| Convexa   |       | Concava |       | Lmin  | Lmin Redon |
| Dp>L  | Dp<L  | Dp>L    | Dp<L  |       |            |
| -44.77  | 10.67 | ---     | ---   | 10.67 | 11.00      |
| ---   | ---   | -11.93  | 14.95 | 14.95 | 15.00      |
| ---   | ---   | -2.39   | 16.92 | 16.92 | 17.00      |
| ---   | ---   | 13.60   | 21.72 | 21.72 | 22.00      |
| ---   | ---   | -603.61 | 1.82  | 1.82  | 2.00       |
| -8.14   | 15.68 | ---     | ---   | 15.68 | 16.00      |
| -164.88   | 5.22  | ---     | ---   | 5.22  | 6.00       |
| -46.76  | 10.49 | ---     | ---   | 10.49 | 11.00      |
| ---   | ---   | 31.57   | 31.88 | 31.88 | 32.00      |
| 6.18  | 19.19 | ---     | ---   | 19.19 | 20.00      |
| ---   | ---   | 7.18    | 19.50 | 19.50 | 20.00      |
| -31.76  | 12.04 | ---     | ---   | 12.04 | 13.00      |
| ---   | ---   | 14.00   | 21.87 | 21.87 | 22.00      |
| -17.07  | 14.07 | ---     | ---   | 14.07 | 15.00      |
| ---   | ---   | -58.31  | 9.55  | 9.55  | 10.00      |
| -250.63   | 3.82  | ---     | ---   | 3.82  | 4.00       |
| -102.65   | 7.10  | ---     | ---   | 7.10  | 8.00       |
| ---   | ---   | -31.04  | 12.12 | 12.12 | 13.00      |
| -117.91   | 6.52  | ---     | ---   | 6.52  | 7.00       |
| 9.16  | 20.13 | ---     | ---   | 20.13 | 21.00      |

| Longitud mínima de curvas verticales según distancia de visibilidad de adelantamiento (Da =200m) |        |        |            |
|--|--------|--------|------------|
| Convexa  |        | Lmin   | Lmin Redon |
| Dp>L   | Dp<L   |        |            |
| 131.25   | 148.84 | 148.84 | 149.00     |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| 217.02   | 218.60 | 218.60 | 219.00     |
| -150.00  | 72.73  | 72.73  | 73.00      |
| 126.59   | 146.30 | 146.30 | 147.00     |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| 250.55   | 267.65 | 267.65 | 268.00     |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| 161.71   | 167.86 | 167.86 | 168.00     |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| 196.12   | 196.19 | 196.19 | 197.00     |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| -350.79  | 53.28  | 53.28  | 54.00      |
| -4.27  | 98.94  | 98.94  | 99.00      |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| -40.00   | 90.91  | 90.91  | 91.00      |
| 257.53   | 280.76 | 280.76 | 281.00     |

| DATOS CIVIL 3D |           |         |         |        |               |               |
|----------------|-----------|---------|---------|--------|---------------|---------------|
| PVI            | Station   | S1      | S2      | A      | Tipo de curva | Tipo de curva |
| 21             | 22+198.07 | -9.30%  | -6.37%  | 2.93%  | Sag           | Cóncava       |
| 22             | 22+323.71 | -6.37%  | -7.10%  | -0.73% | Crest         | Convexa       |
| 23             | 22+441.05 | -7.10%  | -6.69%  | 0.41%  | Sag           | Cóncava       |
| 24             | 22+711.01 | -6.69%  | -3.31%  | 3.38%  | Sag           | Cóncava       |
| 25             | 22+912.85 | -3.31%  | -0.33%  | 2.98%  | Sag           | Cóncava       |
| 26             | 23+110.42 | -0.33%  | -2.08%  | -1.75% | Crest         | Convexa       |
| 27             | 23+221.01 | -2.08%  | 3.20%   | 5.27%  | Sag           | Cóncava       |
| 28             | 23+351.01 | 3.20%   | -2.38%  | -5.57% | Crest         | Convexa       |
| 29             | 23+441.01 | -2.38%  | -0.91%  | 1.47%  | Sag           | Cóncava       |
| 30             | 23+561.01 | -0.91%  | 1.38%   | 2.29%  | Sag           | Cóncava       |
| 31             | 23+661.01 | 1.38%   | -0.96%  | -2.34% | Crest         | Convexa       |
| 32             | 23+761.01 | -0.96%  | 1.44%   | 2.40%  | Sag           | Cóncava       |
| 33             | 23+886.01 | 1.44%   | -2.97%  | -4.40% | Crest         | Convexa       |
| 34             | 23+971.01 | -2.97%  | -9.43%  | -6.46% | Crest         | Convexa       |
| 35             | 24+221.01 | -9.43%  | -8.03%  | 1.40%  | Sag           | Cóncava       |
| 36             | 24+411.01 | -8.03%  | -2.49%  | 5.54%  | Sag           | Cóncava       |
| 37             | 24+541.01 | -2.49%  | -6.00%  | -3.51% | Crest         | Convexa       |
| 38             | 24+726.56 | -6.00%  | -8.72%  | -2.73% | Crest         | Convexa       |
| 39             | 25+051.01 | -8.72%  | -1.51%  | 7.21%  | Sag           | Cóncava       |
| 40             | 25+151.01 | -1.51%  | -11.47% | -9.96% | Crest         | Convexa       |
| 41             | 25+326.55 | -11.47% | -11.33% | 0.14%  | Sag           | Cóncava       |
| 42             | 25+824.33 | -11.33% | -11.89% | -0.56% | Crest         | Convexa       |
| 43             | 26+007.01 | -11.89% | -7.40%  | 4.49%  | Sag           | Cóncava       |
| 44             | 26+247.40 | -7.40%  | -10.95% | -3.55% | Crest         | Convexa       |

| Longitud mínima de curvas verticales según distancia de visibilidad de parada (Dp =35m) |       |          |       |       |            |
|---|-------|----------|-------|-------|------------|
| Convexa   |       | Concava  |       | Lmin  | Lmin Redon |
| Dp>L  | Dp<L  | Dp>L     | Dp<L  |       |            |
| ---   | ---   | -12.76   | 14.80 | 14.80 | 15.00      |
| -483.42   | 2.21  | ---      | ---   | 2.21  | 3.00       |
| ---   | ---   | -521.46  | 2.07  | 2.07  | 3.00       |
| ---   | ---   | -1.75    | 17.07 | 17.07 | 18.00      |
| ---   | ---   | -11.38   | 15.05 | 15.05 | 16.00      |
| -160.86   | 5.31  | ---      | ---   | 5.31  | 6.00       |
| ---   | ---   | 23.98    | 26.62 | 26.62 | 27.00      |
| -2.53   | 16.89 | ---      | ---   | 16.89 | 17.00      |
| ---   | ---   | -94.97   | 7.43  | 7.43  | 8.00       |
| ---   | ---   | -35.90   | 11.57 | 11.57 | 12.00      |
| -102.65   | 7.10  | ---      | ---   | 7.10  | 8.00       |
| ---   | ---   | -31.04   | 12.12 | 12.12 | 13.00      |
| -21.82  | 13.34 | ---      | ---   | 13.34 | 14.00      |
| 7.46  | 19.59 | ---      | ---   | 19.59 | 20.00      |
| ---   | ---   | -103.21  | 7.07  | 7.07  | 8.00       |
| ---   | ---   | 26.23    | 27.99 | 27.99 | 28.00      |
| -45.10  | 10.64 | ---      | ---   | 10.64 | 11.00      |
| -77.99  | 8.28  | ---      | ---   | 8.28  | 9.00       |
| ---   | ---   | 36.37    | 36.42 | 36.42 | 37.00      |
| 29.44   | 30.20 | ---      | ---   | 30.20 | 31.00      |
| ---   | ---   | -1662.14 | 0.71  | 0.71  | 1.00       |
| -651.43   | 1.70  | ---      | ---   | 1.70  | 2.00       |
| ---   | ---   | 15.99    | 22.68 | 22.68 | 23.00      |
| -43.80  | 10.76 | ---      | ---   | 10.76 | 11.00      |

| Longitud mínima de curvas verticales según distancia de visibilidad de adelantamiento (Da =200m) |        |        |            |
|--|--------|--------|------------|
| Convexa  |        | Lmin   | Lmin Redon |
| Dp>L   | Dp<L   |        |            |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| -895.89  | 30.87  | 30.87  | 31.00      |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| -140.57  | 74.00  | 74.00  | 74.00      |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| 230.16   | 235.52 | 235.52 | 236.00     |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| -4.27  | 98.94  | 98.94  | 99.00      |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| 185.00   | 186.05 | 186.05 | 187.00     |
| 253.56   | 273.15 | 273.15 | 274.00     |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| 130.48   | 148.41 | 148.41 | 149.00     |
| 53.48  | 115.43 | 115.43 | 116.00     |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| 305.02   | 421.14 | 421.14 | 422.00     |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| -1289.29   | 23.68  | 23.68  | 24.00      |
| ---  | ---    | ---    | ---        |
| 133.52   | 150.11 | 150.11 | 151.00     |

Tabla 10: Verificación de las longitudes de las curvas verticales

| PVI | TIPO DE CURVA | LONGITUD MÍNIMA DE CURVAS VERTICALES (m) |        | LONGITUD (m) | CONDICIÓN (CUMPLE SI/NO) |    |
|-----|---------------|--|--------|--------------|--------------------------|----|
|     |               | Dp                                       | Da     |              | Dp                       | Da |
| 1   | Convexa       | 11.00                                    | 149.00 | 60.00        | SI                       | NO |
| 2   | Cóncava       | 15.00                                    |        | 60.00        | SI                       |    |
| 3   | Cóncava       | 17.00                                    |        | 60.00        | SI                       |    |
| 4   | Cóncava       | 22.00                                    |        | 60.00        | SI                       |    |
| 5   | Cóncava       | 2.00                                     |        | 100.00       | SI                       |    |
| 6   | Convexa       | 16.00                                    | 219.00 | 120.00       | SI                       | NO |
| 7   | Convexa       | 6.00                                     | 73.00  | 70.00        | SI                       | NO |
| 8   | Convexa       | 11.00                                    | 147.00 | 60.00        | SI                       | NO |
| 9   | Cóncava       | 32.00                                    |        | 70.00        | SI                       |    |
| 10  | Convexa       | 20.00                                    | 268.00 | 60.00        | SI                       | NO |
| 11  | Cóncava       | 20.00                                    |        | 60.00        | SI                       |    |
| 12  | Convexa       | 13.00                                    | 168.00 | 60.00        | SI                       | NO |
| 13  | Cóncava       | 22.00                                    |        | 120.00       | SI                       |    |
| 14  | Convexa       | 15.00                                    | 197.00 | 80.00        | SI                       | NO |
| 15  | Cóncava       | 10.00                                    |        | 80.00        | SI                       |    |
| 16  | Convexa       | 4.00                                     | 54.00  | 60.00        | SI                       | SI |
| 17  | Convexa       | 8.00                                     | 99.00  | 60.00        | SI                       | NO |
| 18  | Cóncava       | 13.00                                    |        | 60.00        | SI                       |    |
| 19  | Convexa       | 7.00                                     | 91.00  | 60.00        | SI                       | NO |
| 20  | Convexa       | 21.00                                    | 281.00 | 80.00        | SI                       | NO |
| 21  | Cóncava       | 15.00                                    |        | 60.00        | SI                       |    |
| 22  | Convexa       | 3.00                                     | 31.00  | 60.00        | SI                       | SI |
| 23  | Cóncava       | 3.00                                     |        | 60.00        | SI                       |    |
| 24  | Cóncava       | 18.00                                    |        | 60.00        | SI                       |    |
| 25  | Cóncava       | 16.00                                    |        | 60.00        | SI                       |    |
| 26  | Convexa       | 6.00                                     | 74.00  | 60.00        | SI                       | NO |
| 27  | Cóncava       | 27.00                                    |        | 120.00       | SI                       |    |
| 28  | Convexa       | 17.00                                    | 236.00 | 80.00        | SI                       | NO |
| 29  | Cóncava       | 8.00                                     |        | 60.00        | SI                       |    |
| 30  | Cóncava       | 12.00                                    |        | 60.00        | SI                       |    |
| 31  | Convexa       | 8.00                                     | 99.00  | 60.00        | SI                       | NO |
| 32  | Cóncava       | 13.00                                    |        | 60.00        | SI                       |    |
| 33  | Convexa       | 14.00                                    | 187.00 | 60.00        | SI                       | NO |
| 34  | Convexa       | 20.00                                    | 274.00 | 60.00        | SI                       | NO |
| 35  | Cóncava       | 8.00                                     |        | 60.00        | SI                       |    |
| 36  | Cóncava       | 28.00                                    |        | 60.00        | SI                       |    |
| 37  | Convexa       | 11.00                                    | 149.00 | 60.00        | SI                       | NO |
| 38  | Convexa       | 9.00                                     | 116.00 | 150.00       | SI                       | SI |
| 39  | Cóncava       | 37.00                                    |        | 60.00        | SI                       |    |
| 40  | Convexa       | 31.00                                    | 422.00 | 60.00        | SI                       | NO |
| 41  | Cóncava       | 1.00                                     |        | 100.00       | SI                       |    |
| 42  | Convexa       | 2.00                                     | 24.00  | 70.00        | SI                       | SI |
| 43  | Cóncava       | 23.00                                    |        | 70.00        | SI                       |    |
| 44  | Convexa       | 11.00                                    | 151.00 | 50.00        | SI                       | NO |

Tabla 11: Formato para importar elementos de la transición de peralte a Civil 3D

| Superelevation Region (Region de peralte) | Station (Estación) | Description (Descripción)                     | Smoothing Curve Length (Longitud de la curva de suavizado) | Left Outside Shoulder (Arcén exterior izquierdo) | Left Outside Lane (Carril exterior izquierdo) | Left Inside Lane (Carril interior izquierdo) | Left Inside Shoulder (Arcén interior izquierdo) | Right Outside Shoulder (Arcén exterior derecho) | Right Outside Lane (Carril exterior derecho) | Right Inside Lane (Carril interior derecho) | Right Inside Shoulder (Arcén interior derecho) |
|---|--------------------|---|--|--|---|--|---|---|--|---|--|
| 0   | 18+000.00m         | Begin Alignment (iniciar alineamiento)        | 0  | -4.00%   | -2.50%  | 0.00%  | 0.00%   | -4.00%  | -2.50%                                       | 0.00%                                       | 0.00%  |
| 1   | 18+138.76m         | End Normal Shoulder (Finalizar arcén normal)  | 0  | -4.00%   | -2.50%  | 0.00%  | 0.00%   | -4.00%  | -2.50%                                       | 0.00%                                       | 0.00%  |
| 1   | 18+144.76m         | End Normal Crown (Finalizar bombeo normal)    | 0  | -4.00%   | -2.50%  | 0.00%  | 0.00%   | -2.50%  | -2.50%                                       | 0.00%                                       | 0.00%  |
| 1   | 18+154.76m         | Level Crown (Bombeo desvanecido)              | 0  | -4.00%   | -2.50%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%  | 0.00%                                       | 0.00%  |
| 1   | 18+164.76m         | Reverse Crown (Bombeo invertido)              | 0  | -4.00%   | -2.50%  | 0.00%  | 0.00%   | 2.50%   | 2.50%  | 0.00%                                       | 0.00%  |
| 1   | 18+170.76m         | Begin Full Super (Iniciar sección peraltada)  | 0  | -4.00%   | -4.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 4.00%   | 4.00%  | 0.00%                                       | 0.00%  |
| 1   | 18+182.99m         | End Full Super (Finalizar sección peraltada)  | 0  | -4.00%   | -4.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 4.00%   | 4.00%  | 0.00%                                       | 0.00%  |
| 1   | 18+188.99m         | Reverse Crown (Bombeo invertido)              | 0  | -4.00%   | -2.50%  | 0.00%  | 0.00%   | 2.50%   | 2.50%  | 0.00%                                       | 0.00%  |
| 1   | 18+198.99m         | Level Crown (Bombeo desvanecido)              | 0  | -4.00%   | -2.50%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%  | 0.00%                                       | 0.00%  |
| 1   | 18+208.99m         | Begin Normal Crown (iniciar bombeo normal)    | 0  | -4.00%   | -2.50%  | 0.00%  | 0.00%   | -2.50%  | -2.50%                                       | 0.00%                                       | 0.00%  |
| 1   | 18+214.99m         | Begin Normal Shoulder (Iniciar arcén normal)) | 0  | -4.00%   | -2.50%  | 0.00%  | 0.00%   | -4.00%  | -2.50%                                       | 0.00%                                       | 0.00%  |

### 3.5.2. Identificación de inconsistencias en la información presentada en el expediente técnico del proyecto

- a. En la información presentada, tanto en los planos clave y los cuadros de metrados del tramo en estudio, podemos apreciar inconsistencias en cuanto a la longitud de TMC de dos alcantarillas de alivio.

| Progresiva | Estructura Propuesta | Función de Drenaje | Sentido de flujo | Condición  | Estructura |         | Dimensiones |    |      |
|------------|----------------------|--------------------|------------------|------------|------------|---------|-------------|----|------|
|            |                      |                    |                  |            | Entrada    | Salida  | Und         | Ø  | L(m) |
| 19+600     | TMC                  | Alivio             | D - I            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1           | 36 | 6.88 |

| Progresiva | Estructura Propuesta | Función de Drenaje | Sentido de flujo | Condición  | Estructura |         | Dimensiones |    |      |
|------------|----------------------|--------------------|------------------|------------|------------|---------|-------------|----|------|
|            |                      |                    |                  |            | Entrada    | Salida  | Und         | Ø  | L(m) |
| 19+922     | TMC                  | Alivio             | I - D            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1           | 36 | 2.27 |

| Progresiva | Estructura Propuesta | Función de Drenaje | Sentido de flujo | Condición  | Estructura |         | Dimensiones |    |      |
|------------|----------------------|--------------------|------------------|------------|------------|---------|-------------|----|------|
|            |                      |                    |                  |            | Entrada    | Salida  | Und         | Ø  | L(m) |
| 20+600     | TMC                  | Alivio             | I - D            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1           | 36 | 6.88 |

| Progresiva | Estructura Propuesta | Función de Drenaje | Sentido de flujo | Condición  | Estructura |         | Dimensiones |    |       |
|------------|----------------------|--------------------|------------------|------------|------------|---------|-------------|----|-------|
|            |                      |                    |                  |            | Entrada    | Salida  | Und         | Ø  | L(m)  |
| 20+750     | TMC                  | Alivio             | I - D            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1           | 36 | 20.68 |

Figura N° 38: Cuadro de propiedades de las alcantarillas de alivio.

Fuente: Planos clave del Expediente Técnico del proyecto en estudio.

| 05          |                                  | DRENAJE  |          |                |
|-------------|----------------------------------|----------|----------|----------------|
| 5.03        | ALCANTARILLA DE ALIVIO           |          |          |                |
| 05.01.01    | CONSTRUCCION DE ALCANTARILLA TMC |          |          | 187.78 m       |
| DESCRIPCION | SUMINISTRO TMC                   |          |          | LONGITUD TOTAL |
|             | DIAMETRO                         | LONGITUD | Nº VECES |                |
| 18+351.00   | 48                               | 6.88     | 1        | 6.88           |
| 18+640.00   | 48                               | 6.88     | 1        | 6.88           |
| 18+940.00   | 36                               | 6.89     | 1        | 6.89           |
| 19+170.00   | 36                               | 6.79     | 1        | 6.79           |
| 19+600.00   | 36                               | 6.88     | 1        | 6.88           |
| 19+922.00   | 36                               | 6.27     | 1        | 6.27           |
| 20+125.00   | 36                               | 7.49     | 1        | 7.49           |
| 20+450.00   | 36                               | 6.60     | 1        | 6.60           |
| 20+600.00   | 36                               | 6.68     | 1        | 6.68           |
| 20+750.00   | 36                               | 6.68     | 1        | 6.68           |
| 21+080.00   | 36                               | 7.07     | 1        | 7.07           |
| 21+264.00   | 36                               | 6.68     | 1        | 6.68           |
| 21+420.00   | 36                               | 6.73     | 1        | 6.73           |
| 21+590.00   | 36                               | 6.67     | 1        | 6.67           |
| 21+770.00   | 36                               | 6.67     | 1        | 6.67           |
| 22+100.00   | 36                               | 7.29     | 1        | 7.29           |
| 22+750.00   | 36                               | 7.08     | 1        | 7.08           |
| 22+980.00   | 36                               | 7.17     | 1        | 7.17           |
| 23+090.00   | 36                               | 6.78     | 1        | 6.78           |
| 23+213.00   | 36                               | 7.39     | 1        | 7.39           |
| 23+560.00   | 36                               | 7.69     | 1        | 7.69           |
| 23+760.00   | 36                               | 8.10     | 1        | 8.10           |
| 24+346.00   | 36                               | 8.50     | 1        | 8.50           |
| 24+598.00   | 36                               | 6.78     | 1        | 6.78           |
| 24+862.00   | 36                               | 8.10     | 1        | 8.10           |
| 25+559.00   | 36                               | 7.49     | 1        | 7.49           |
| 26+120.00   | 36                               | 7.88     | 1        | 7.88           |

Figura N° 39: Cuadro de metrados de TMC de alcantarillas de alivio

Fuente: Sustento de metrados del Expediente Técnico del proyecto en estudio.

- b. En el caso de la alcantarilla ALC\_20+125, la inconsistencia radica en que aparece en el plano clave y en el sustento de los metrados, pero no se encuentra en los planos de detalles de las alcantarillas.
- c. En las alcantarillas ALC\_20+750 y ALC\_22+750, la inconsistencia se presenta en relación con el sentido de dichas alcantarillas

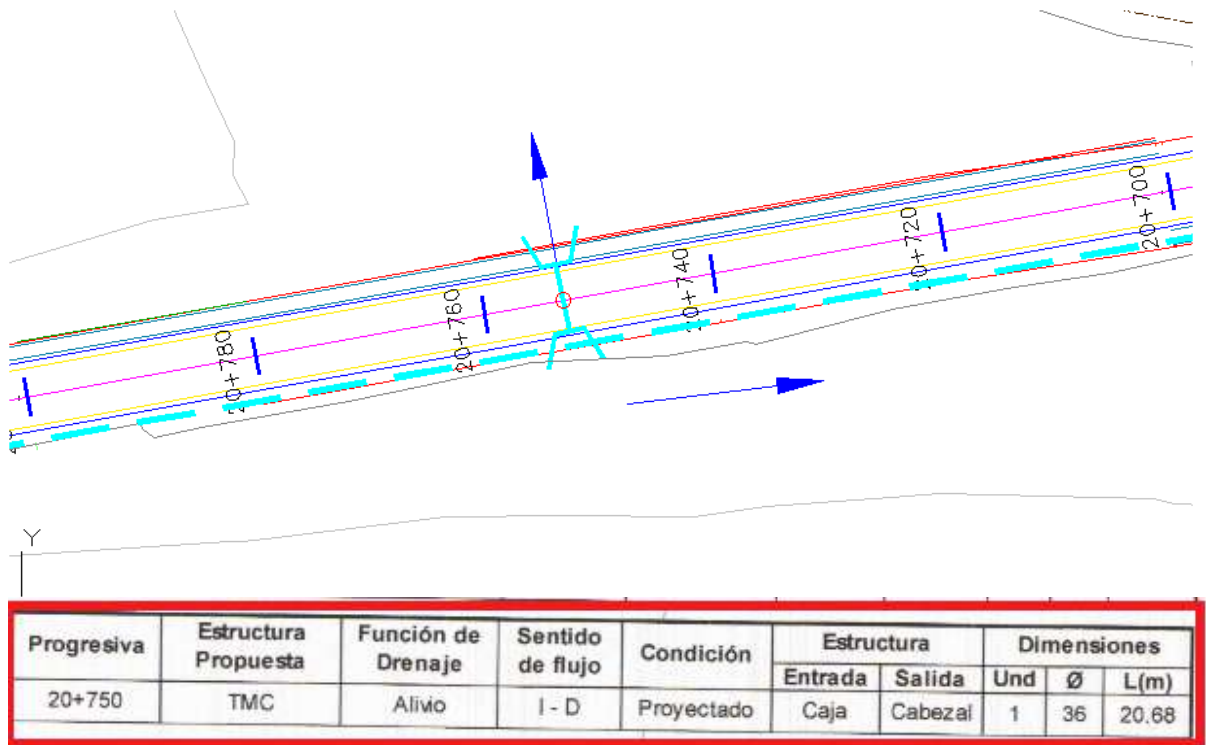


Figura N° 40: Sentido de flujo de la alcantarilla proyectada 20+750 en el plano clave y en el sustento de metrados

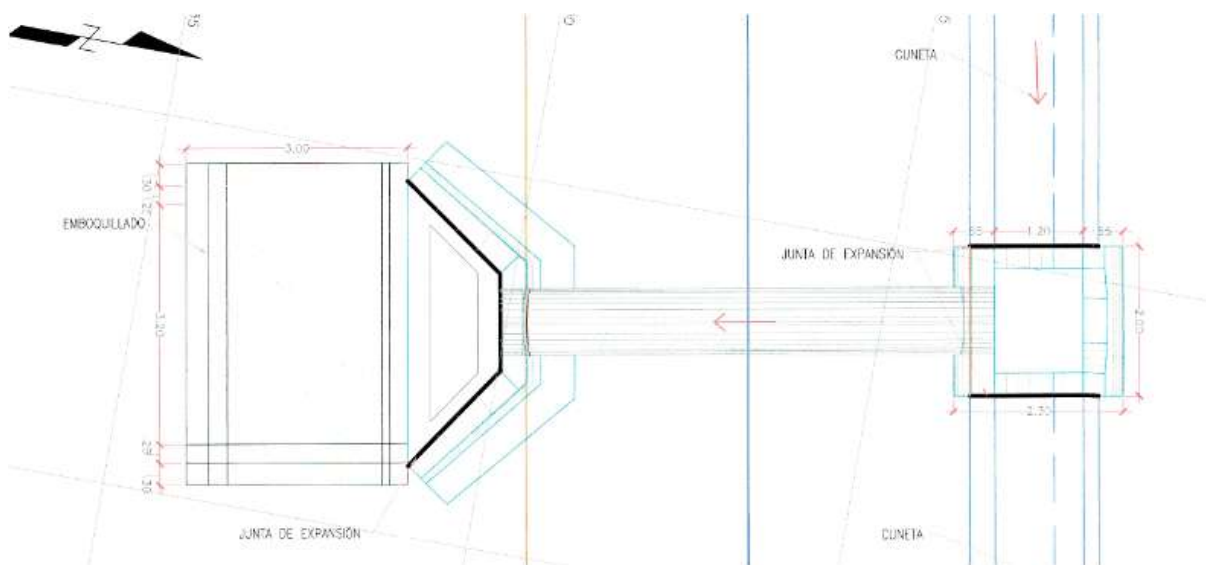


Figura N° 41: Sentido de flujo de la alcantarilla proyectada 20+750 en el plano de Alcantarillas.

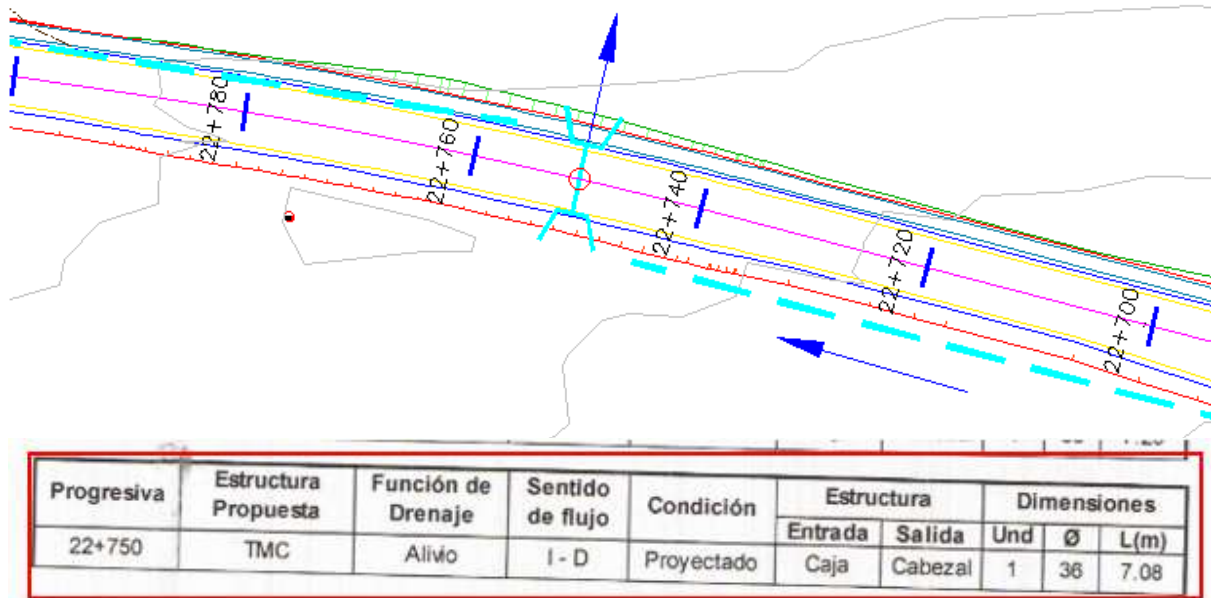


Figura N° 42: Sentido de flujo de la alcantarilla proyectada 22+750 en el plano de Alcantarillas.

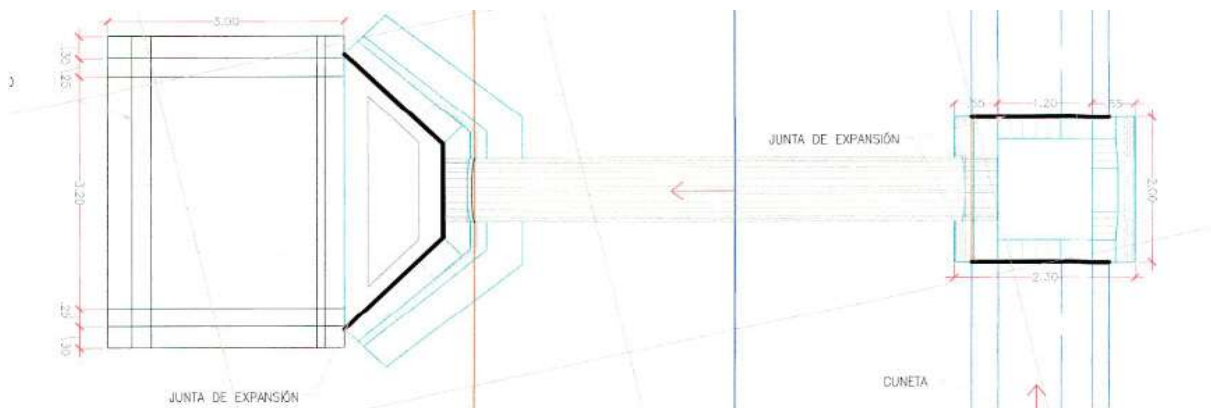


Figura N° 43: Sentido de flujo de la alcantarilla proyectada 22+750 en el plano de Alcantarillas

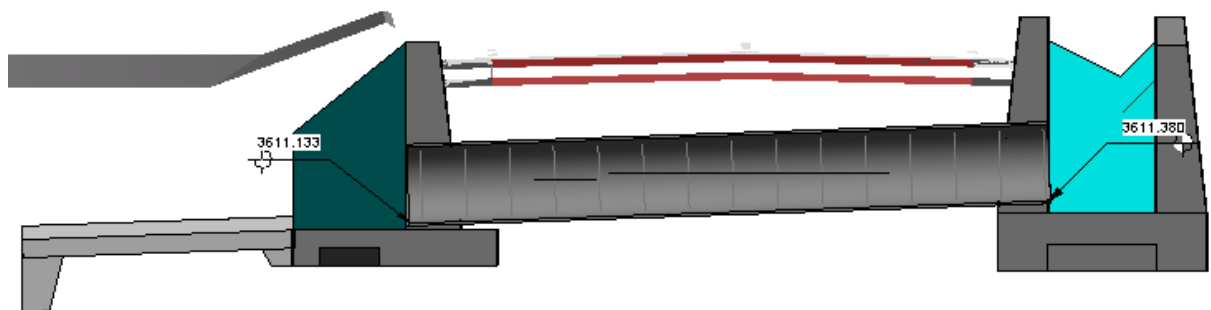


Figura N° 44: ubicación de la alcantarilla en el software Revit

Así mismo, en la información presentada, tanto en los planos de alcantarillas y los planos de las secciones transversales, podemos apreciar inconsistencias en cuanto a la representación de capas de los afirmados. En todos los planos de las alcantarillas se aprecia las dos capas de afirmados, aunque el proyecto cuenta con tramos con una sola capa de afirmado y otros tramos con dos capas de afirmado.

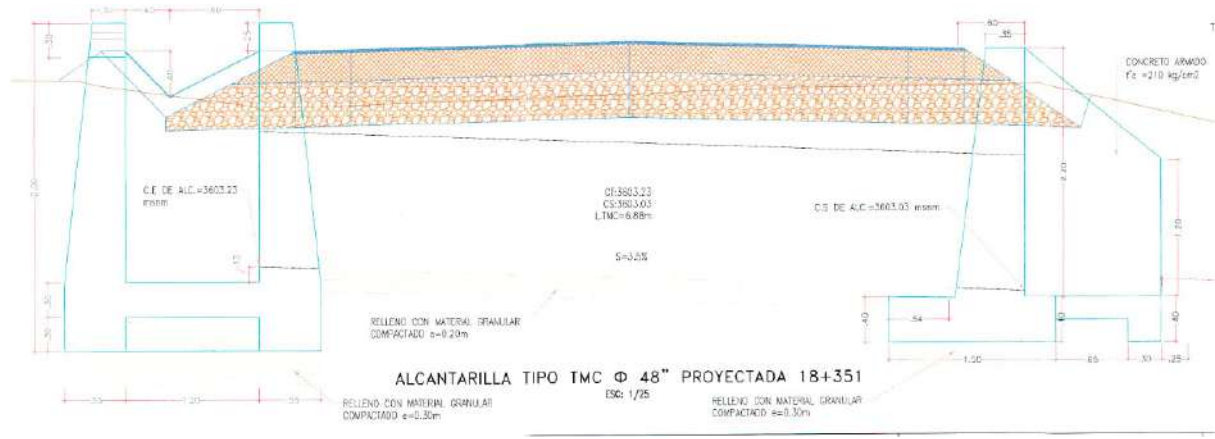


Figura N° 45: Sección transversal de alcantarilla proyectada 18+351 en el plano de Alcantarillas.

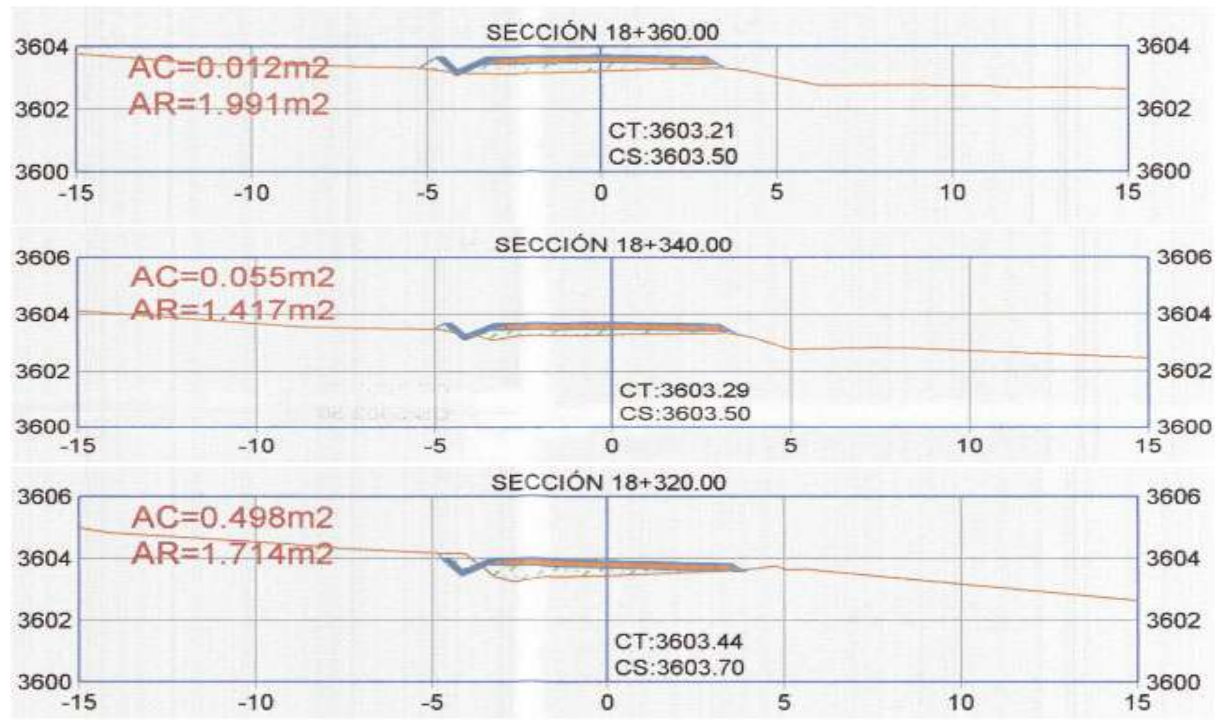


Figura N° 46: Secciones transversales del km 18+320 al km 18+360

### 3.5.3. Identificación de errores en el diseño del proyecto mediante el modelado de la vía y las obras de arte.

#### 3.5.3.1. Identificación de errores en las cunetas.

Al modelar la infraestructura vial en estudio, podemos identificar errores existentes en relación a las cunetas y que estas se pueden identificar en los planos de las secciones transversales, pero son más fáciles de detectar mediante una visualización tridimensional.

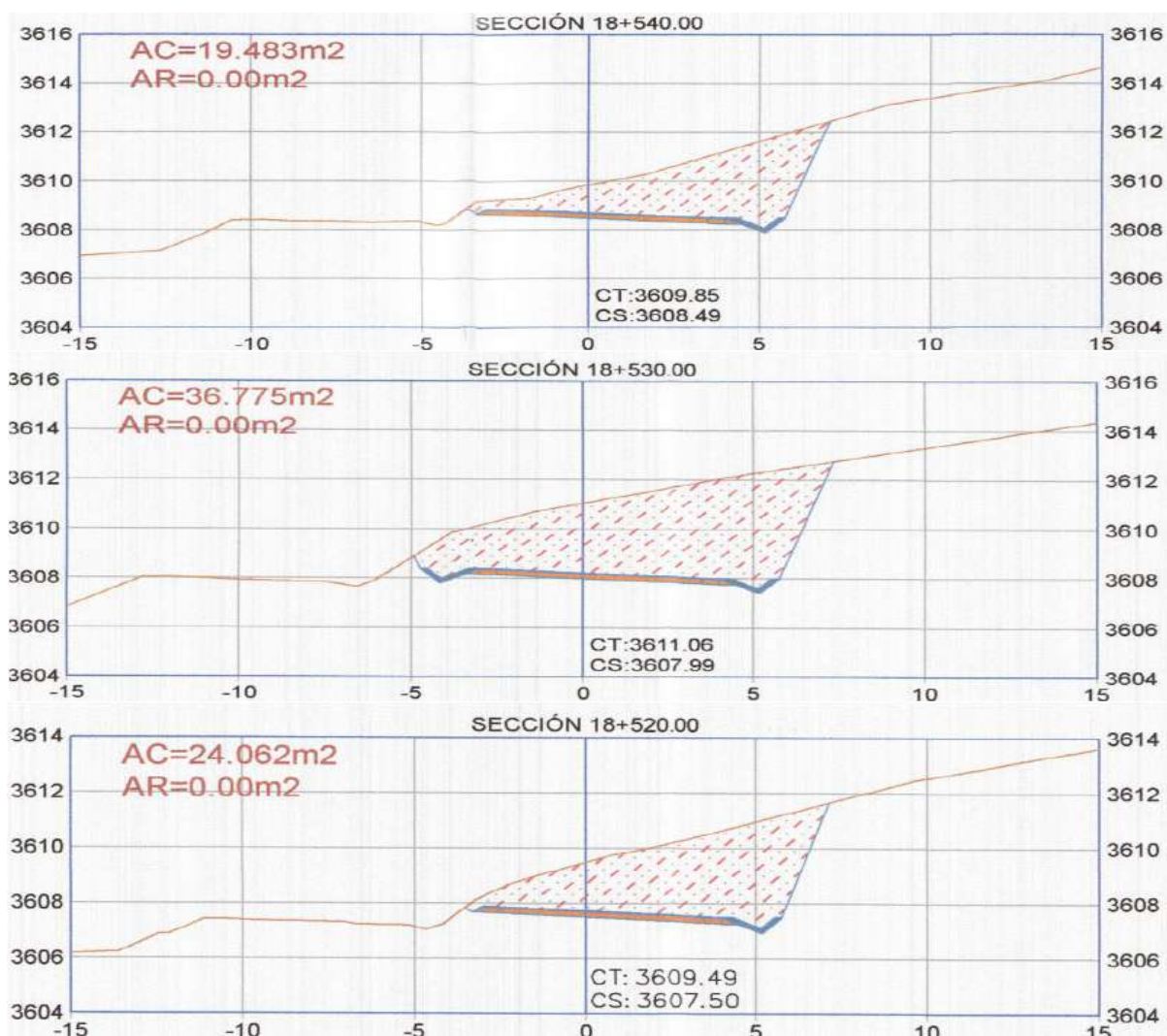


Figura N° 47: Secciones transversales del km 18+520 al km 18+540

Fuente: Plano de Secciones Transversales del Expediente Técnico del proyecto en estudio.



Figura N° 48: Tramo de cuneta innecesaria

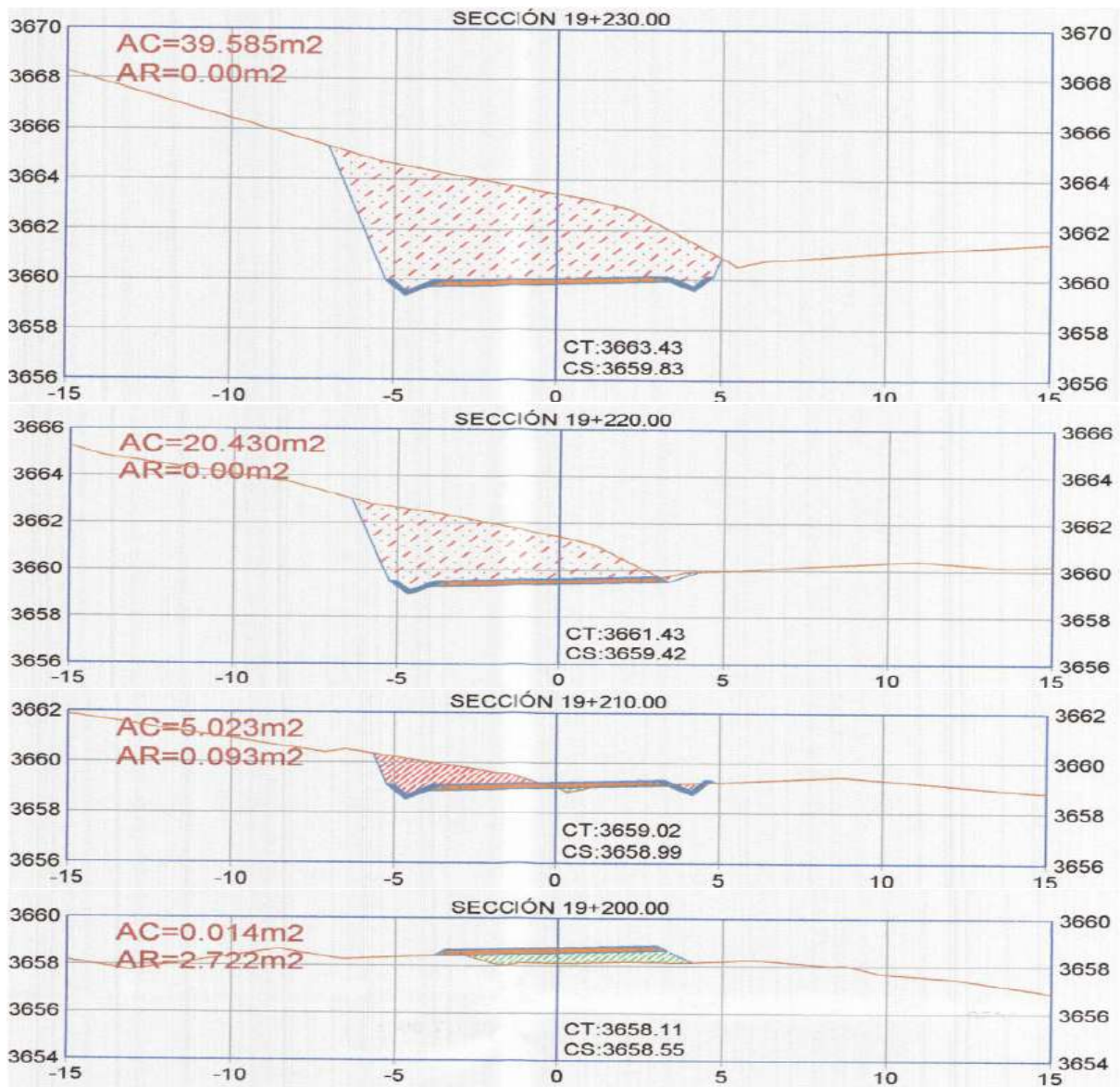


Figura N° 49: Secciones transversales del km 19+200 al km 19+230

Fuente: Plano de Secciones Transversales del Expediente Técnico del proyecto en estudio.

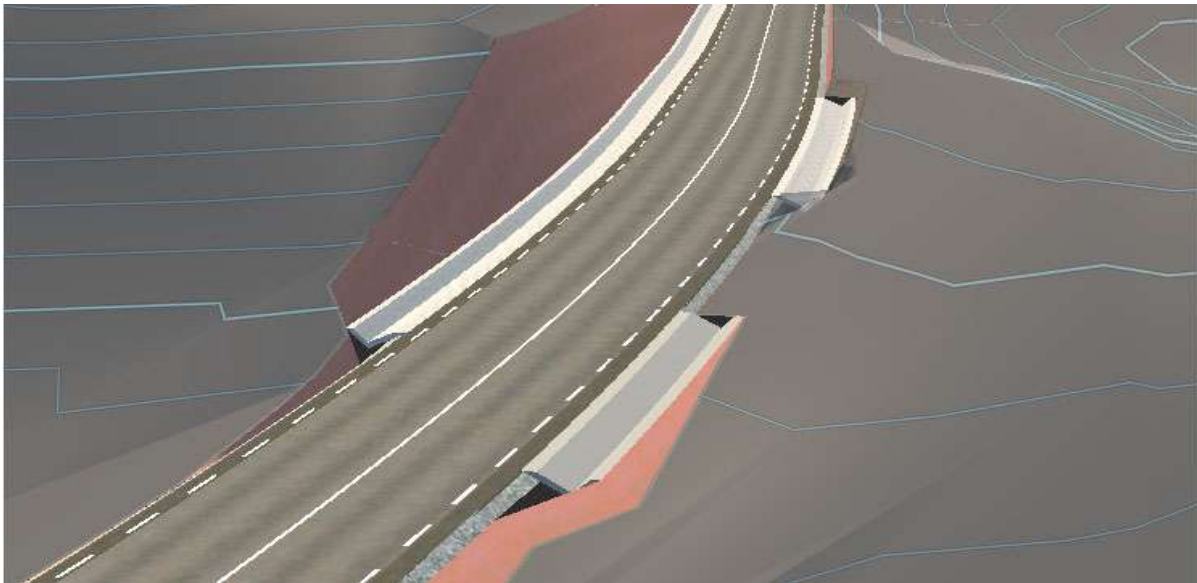


Figura N° 50: Tramo discontinuo de cuneta

### **3.5.3.2. Identificación de errores en la integración del modelado entre la vía y las alcantarillas.**

a) **Incidencia tipo 1:** En la incidencia tipo 1 podemos observar que el TMC de la alcantarilla se encuentra interfiriendo con los componentes del pavimento. Este tipo de incidencia se puede reconocer a través del detector de interferencias de Navisworks.

Las alcantarillas que presentan este tipo de incidencia son los siguientes:

- ALC\_18+351.00
- ALC\_18+640.00
- ALC\_18+940.00
- ALC\_24+346.00
- ALC\_25+559.00
- ALC\_26+120.00

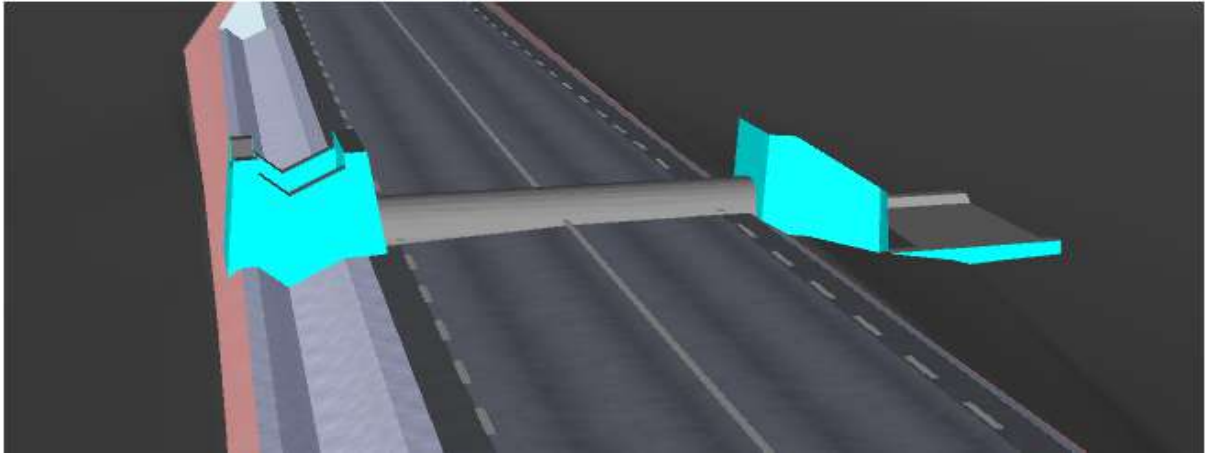


Figura N° 51: Incidencia tipo 1 de la ubicación de la alcantarilla proyectada 18+351(ALC 01)

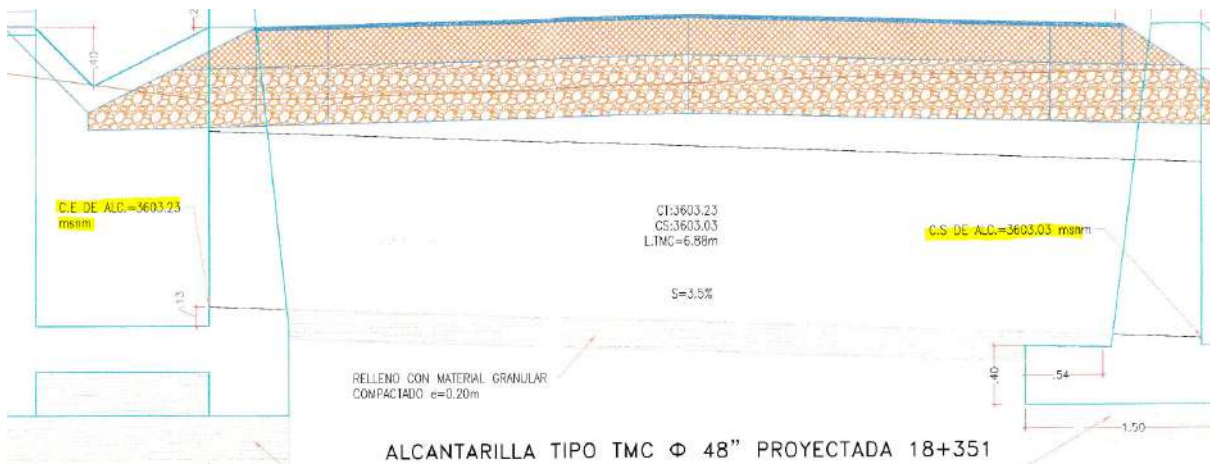


Figura N° 52: Ubicación de la alcantarilla proyectada 18+351 en el plano del expediente técnico.

Fuente: Plano de Alcantarillas tipo TMC del Expediente Técnico del proyecto en estudio.

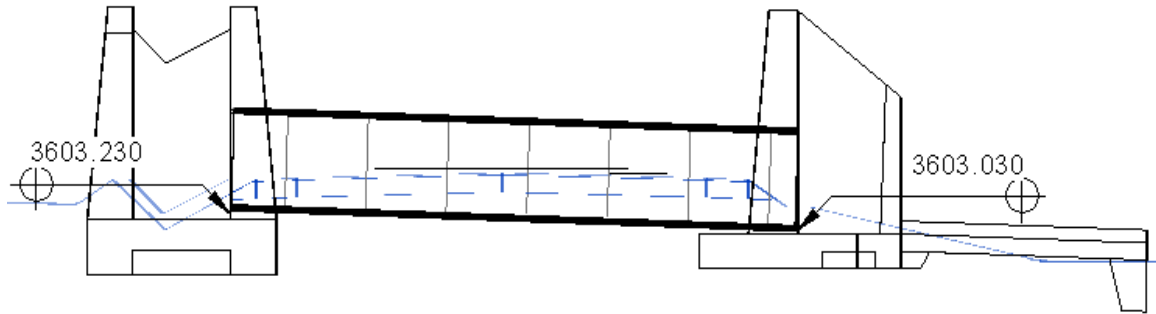


Figura N° 53: Ubicación de la alcantarilla proyectada 18+351 en Revit.

AUTODESK®  
NAVISWORKS®

Informe de conflictos

| ESTRUCTURA | Tolerancia | Conflictos | Nuevo | Activo | Revisado | Aprobado | Resuelto | Tipo     | Estado  |
|------------|------------|------------|-------|--------|----------|----------|----------|----------|---------|
|            | 0.005m     | 252        | 172   | 7      | 0        | 0        | 73       | Estático | Aceptar |

| Imagen | Nombre de conflicto | Estado | Distancia | Descripción | Fecha de detección | Punto de conflicto                      | Elemento 1                    |         |                 | Elemento 2    |                        |         |                 |
|--------|---------------------|--------|-----------|-------------|--------------------|---|-------------------------------|---------|-----------------|---------------|------------------------|---------|-----------------|
|        |                     |        |           |             |                    |   | ID de elemento                | Capa    | Elemento Nombre | Elemento Tipo | ID de elemento         | Capa    | Elemento Nombre |
|        | Conflicto158        | Activo | -0.098    | Estático    | 2024/10/22 14:14   | x:764591.250, y:9206749.441, z:3679.947 | Identificador de entidad: 205 | SubBase | SubBase         | Sólido 3D     | ID de elemento: 860610 | Nivel 1 | TMC             |
|        | Conflicto171        | Activo | -0.089    | Estático    | 2024/10/22 14:14   | x:761803.802, y:9207007.662, z:3571.450 | Identificador de entidad: 331 | Base    | Base            | Sólido 3D     | ID de elemento: 873128 | Nivel 1 | TMC             |
|        | Conflicto172        | Activo | -0.089    | Estático    | 2024/10/22 14:14   | x:761803.802, y:9207007.662, z:3571.450 | Identificador de entidad: 341 | Base    | Base            | Sólido 3D     | ID de elemento: 873128 | Nivel 1 | TMC             |
|        | Conflicto181        | Activo | -0.082    | Estático    | 2024/10/22 14:14   | x:764257.133, y:9206799.910, z:3677.999 | Identificador de entidad: 205 | SubBase | SubBase         | Sólido 3D     | ID de elemento: 861824 | Nivel 1 | TMC             |
|        | Conflicto203        | Activo | -0.057    | Estático    | 2024/10/22 14:14   | x:764410.718, y:9206785.215, z:3678.871 | Identificador de entidad: 205 | SubBase | SubBase         | Sólido 3D     | ID de elemento: 861054 | Nivel 1 | TMC             |
|        | Conflicto219        | Activo | -0.042    | Estático    | 2024/10/22 14:14   | x:761803.805, y:9207007.661, z:3571.603 | Identificador de entidad: 331 | Pave1   | Pave1           | Sólido 3D     | ID de elemento: 873128 | Nivel 1 | TMC             |
|        | Conflicto220        | Activo | -0.042    | Estático    | 2024/10/22 14:14   | x:761803.811, y:9207007.659, z:3571.620 | Identificador de entidad: 340 | Pave1   | Pave1           | Sólido 3D     | ID de elemento: 873128 | Nivel 1 | TMC             |

Figura N° 54: Interferencias generadas en Navisworks

**b) Incidencia tipo 2:**

En la incidencia tipo 2, podemos observar que la alcantarilla está ubicada en una zona donde el terreno presenta pendientes negativas en ambos lados de la carretera. Además, se aprecia que no existe cuneta que une al cajón de la alcantarilla.

Este tipo de incidencia se puede identificar a través de la visualización del modelo federado.

En este tipo de incidencia solo podemos identificar un caso único a lo largo de todo el tramo de estudio del proyecto.

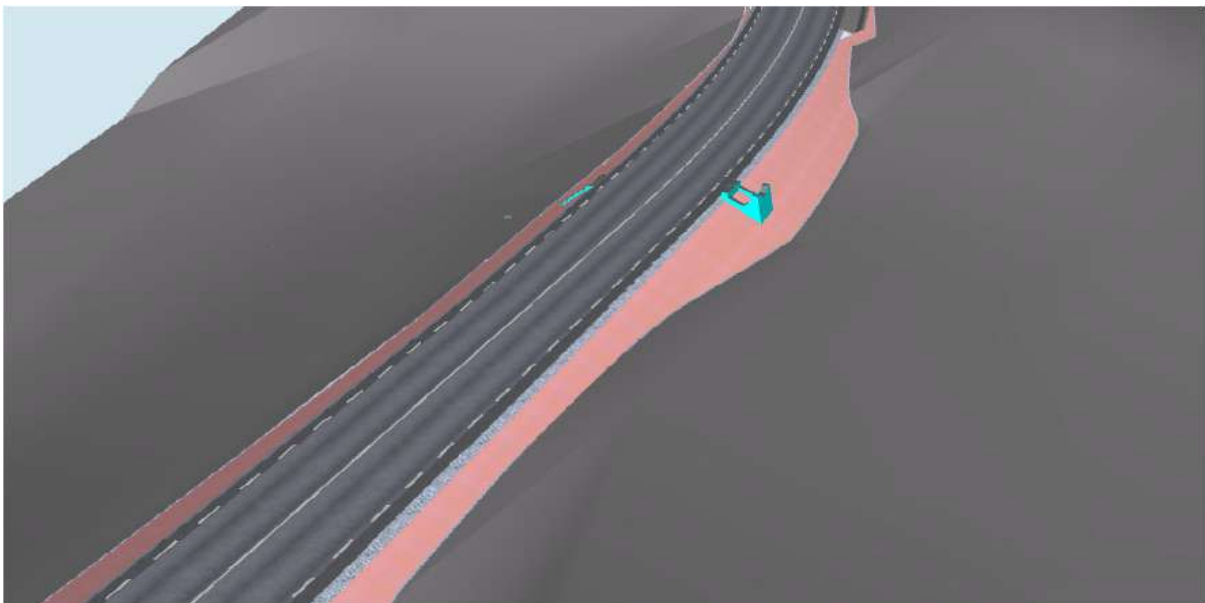


Figura N° 55: Incidencia tipo 2 de la ubicación de la alcantarilla proyectada 19+170 (ALC 04)

### **c) Incidencias tipo 3:**

En la incidencia tipo 3, tenemos a las alcantarillas que necesitan ser desplazadas a otro punto para que cumplan mejor su función.

El software InfraWorks nos permite visualizar el modelado con su respectivo perfil longitudinal y sección transversal para que de ese modo verifiquemos la correcta ubicación de las alcantarillas a lo largo de la vía.

Las alcantarillas que presentan este tipo de incidencia son los siguientes:

- ALC\_19+932.00
- ALC\_22+120.00

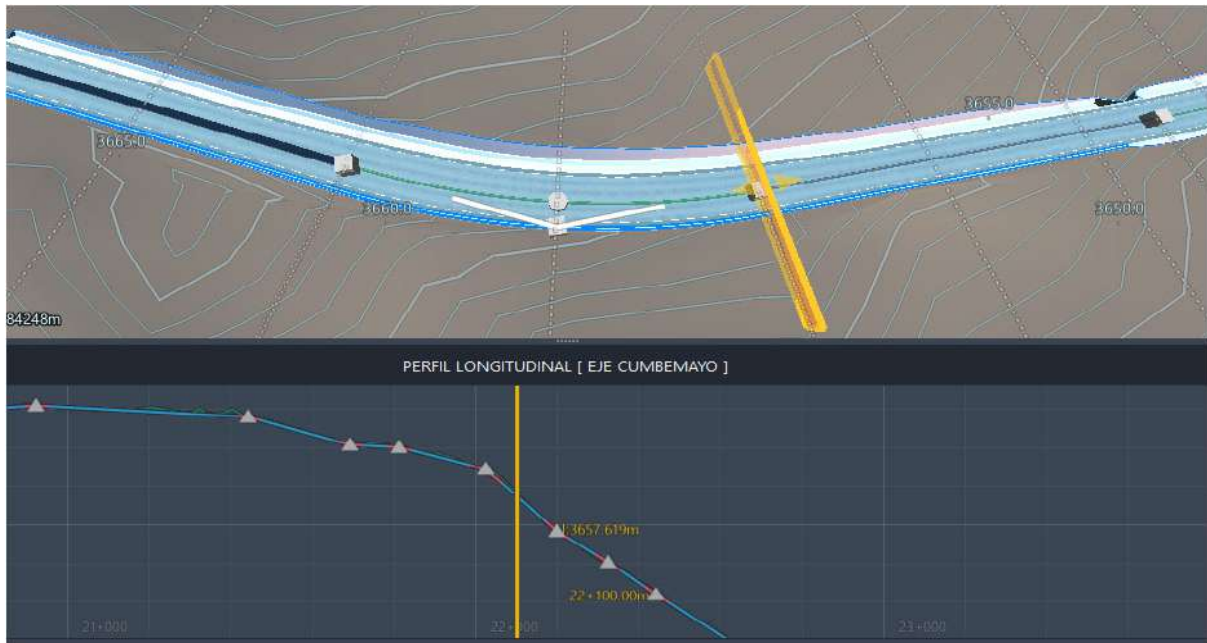


Figura N° 56: Verificación de correcta ubicación de las alcantarillas en la vía con el software InfraWorks

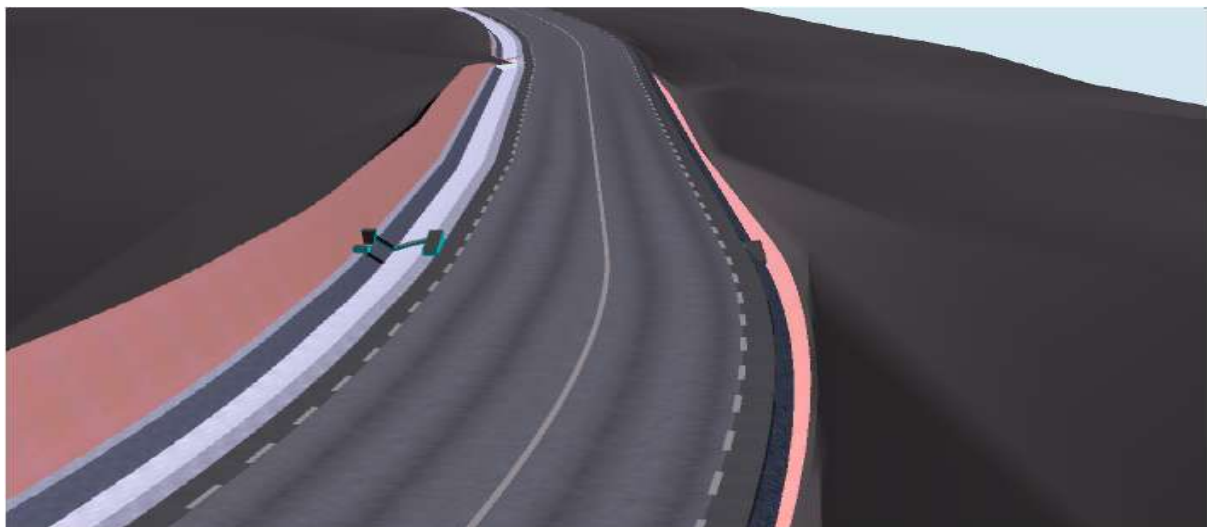


Figura N° 57: Incidencia tipo 3 de la ubicación de la alcantarilla proyectada 22+100 (ALC 16)

**d) Incidencias tipo 4:**

En la incidencia tipo 4, se clasifican aquellas alcantarillas que requieren ser cambiados de tipo, ya que no cumplen una función adecuada. Como es el caso de la

alcantarilla ubicada en la progresiva 19+932, es una alcantarilla de alivio y lo que cumpliría una mejor función en este caso sería una alcantarilla de paso.

En este tipo de incidencia solo podemos identificar un caso único a lo largo de todo el tramo de estudio del proyecto.



Figura N° 58: Incidencia tipo 4 de la alcantarilla proyectada 19+932 (ALC 6)

**e) Incidencias tipo 5:**

En la incidencia tipo 5, agrupamos a las alcantarillas que necesitan ajustar la altura de ubicación del TMC, esto debido a que no cumplen con la altura mínima de relleno del TMC según lo establecido en la ficha técnica de SIDERPERU. En este grupo también están aquellas alcantarillas que solo requieren la modificación de las alturas de sus componentes (cajón, cabezal de ingreso o cabezal de salida)

Las alcantarillas que presentan este tipo de incidencia son los siguientes:

- ALC\_20+450.00
- ALC\_20+560.00
- ALC\_20+750.00
- ALC\_21+080.00
- ALC\_21+264.00
- ALC\_21+420.00
- ALC\_22+980.00

Tabla 12: Altura de cobertura mínimas y máximas

| LUZ (m) | ÁREA (m <sup>2</sup> ) | ESPESOR (mm) | PESO (kg/m) | ALTURA DE RELLENO |            | CAUDAL 80% máx tubo lleno (m <sup>3</sup> /s) | V (m/s) |
|---------|------------------------|--------------|-------------|-------------------|------------|---|---------|
|         |                        |              |             | MÍNIMO (m)        | MÁXIMO (m) |   |         |
| 0.6     | 0.28                   | 1.8          | 36.98       | 0.3               | 26         | 0.54  | 2.14    |
| 0.9     | 0.64                   | 2.0          | 56.14       | 0.3               | 19         | 1.59  | 2.80    |
| 1.2     | 1.13                   | 2.5          | 90.96       | 0.3               | 18         | 2.93  | 3.00    |
| 1.5     | 1.77                   | 3.0          | 133.6       | 0.3               | 17.5       | 4.75  | 3.00    |
| 1.8     | 2.54                   | 3.3          | 175.0       | 0.3               | 16         | 6.34  | 2.82    |

Fuente: Ficha técnica de ALCANTARILLA MINIMULTIPLATE - SIDERPERU

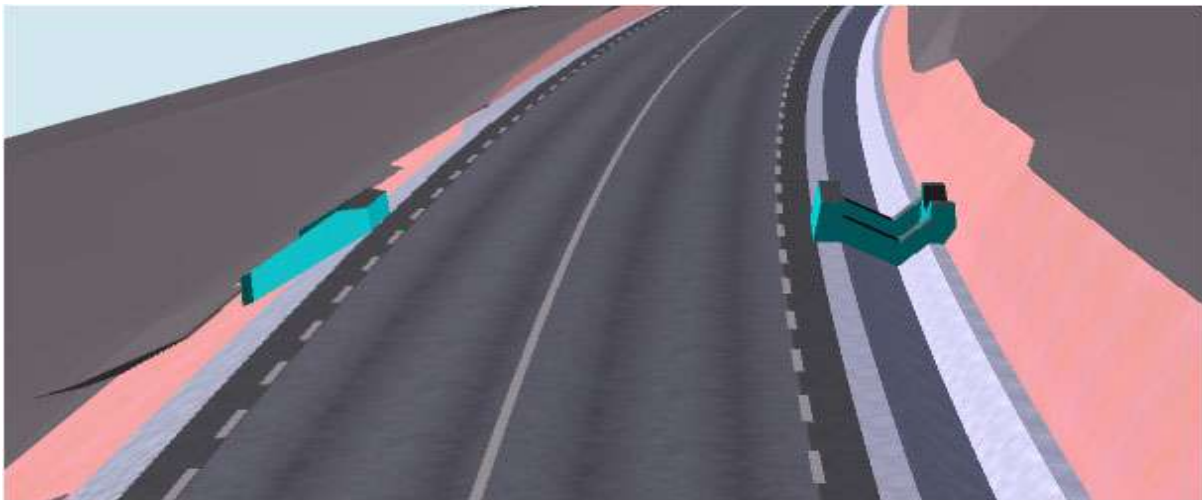


Figura N° 59: Incidencia tipo 5 de la alcantarilla proyectada 21+080 (ALC 11)

Para solucionar estas incidencias, en la mayoría de los casos solo se requiere corregir las cotas de entrada y salida de la ubicación de los TMC, y en otros casos (ALC\_22+120.00 y ALC\_22+120.00), es necesario desplazar la ubicación de las alcantarillas a lo largo del alineamiento de la vía.

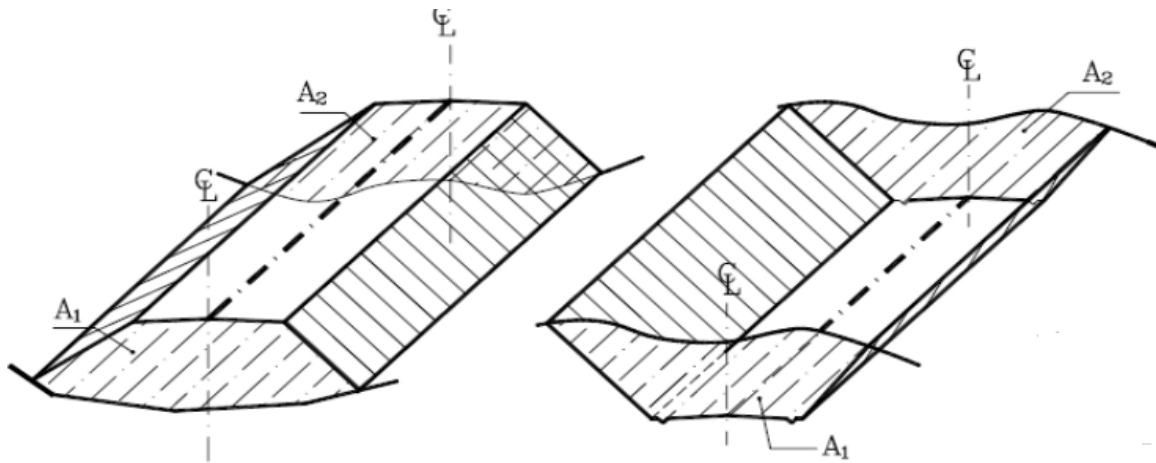
Tabla 13: Tipo de incidencia y cotas corregidas

| DESCRIPCION   | COTAS ACTUALES |         | COTAS MODIFICADAS |         | TIPO DE INCIDENCIA |
|---------------|----------------|---------|-------------------|---------|--------------------|
|               | ENTRADA        | SALIDA  | ENTRADA           | SALIDA  |                    |
| ALC_18+351.00 | 3603.03        | 3603.23 | 3601.71           | 3601.47 | TIPO 1             |
| ALC_18+640.00 | 3614.40        | 3613.88 | 3612.62           | 3212.38 | TIPO 1             |
| ALC_18+940.00 | 2342.30        | 3642.13 | 3641.00           | 3640.76 | TIPO 1             |
| ALC_19+170.00 | 2655.82        | 3655.66 | -                 | -       | TIPO 2             |
| ALC_19+600.00 | 3662.86        | 3662.60 | 3662.86           | 3662.59 | No Existe          |
| ALC_19+932.00 | 3669.19        | 3668.97 | 3669.28           | 3669.05 | TIPO 3 y 4         |
| ALC_20+125.00 | -              | -       | 3670.87           | 3670.61 | No Aplica          |
| ALC_20+450.00 | 3678.52        | 3678.27 | 3678.40           | 3678.15 | TIPO 5             |
| ALC_20+560.00 | 3677.83        | 3677.60 | 3677.48           | 3677.25 | TIPO 5             |
| ALC_20+750.00 | 3678.87        | 3678.60 | 3678.30           | 3678.55 | TIPO 5             |
| ALC_21+080.00 | 3679.11        | 3678.90 | 3678.69           | 3678.44 | TIPO 5             |
| ALC_21+264.00 | 3678.07        | 3677.80 | 3677.75           | 3677.52 | TIPO 5             |
| ALC_21+420.00 | 3677.17        | 3676.90 | 3676.87           | 3676.64 | TIPO 5             |
| ALC_21+590.00 | 3672.51        | 3672.30 | 3672.39           | 3672.16 | TIPO 5             |
| ALC_21+770.00 | 3669.05        | 3568.80 | 3669.03           | 3668.80 | No Existe          |
| ALC_22+120.00 | 3656.03        | 3655.80 | 3654.26           | 3654.01 | TIPO 3             |
| ALC_22+750.00 | 3611.38        | 3611.10 | 3611.33           | 3611.08 | No Aplica          |
| ALC_22+980.00 | 3605.89        | 3605.60 | 3605.75           | 3605.50 | TIPO 5             |
| ALC_23+090.00 | 3605.37        | 3605.13 | 3605.37           | 3605.13 | No Existe          |
| ALC_23+213.00 | 3603.92        | 3606.88 | 3603.92           | 3603.66 | No Existe          |
| ALC_23+560.00 | 3604.17        | 3603.39 | 3604.17           | 3603.90 | No Existe          |
| ALC_23+760.00 | 3604.58        | 3604.29 | 3604.58           | 3604.30 | No Existe          |
| ALC_24+346.00 | 3571.14        | 3570.84 | 3569.84           | 3569.54 | TIPO 1             |
| ALC_24+598.00 | 3558.19        | 3482.20 | 3558.19           | 3557.95 | No Existe          |
| ALC_24+862.00 | 3538.48        | 3538.20 | 3538.48           | 3538.20 | No Existe          |
| ALC_25+559.00 | 3476.48        | 3475.32 | 3474.08           | 3473.82 | TIPO 1             |
| ALC_26+120.00 | 3416.38        | 3415.44 | 3414.18           | 3413.91 | TIPO 1             |

### 3.5.4. Variación en los metrados

#### 3.5.4.1. Metrado de movimiento de tierras

El cálculo de volúmenes de corte y relleno, de acuerdo al sustento de metrados del expediente técnico del proyecto en estudio, podemos apreciar que se ha realizado mediante el uso del método matemático de las **áreas medias**.



$$V = \frac{1}{2}(A_1 + A_2) * d$$

Donde:

V = Volumen entre ambas secciones transversales

A1, A2 = Área de las secciones transversales extremas

d = distancia entre intervalos de secciones

| Progresiva |           | Distancia (m) | EXCAVACIONES EN EXPLANACIONES SIN CLASIFICAR |              |
|------------|-----------|---------------|--|--------------|
| Inicio     | Fin       |               | AREA (m2)                                    | VOLUMEN (m3) |
| -          | 18+000.00 | -             | 2.909  | -            |
| 18+000.00  | 18+020.00 | 20.00         | 0.354  | 32.63        |
| 18+020.00  | 18+040.00 | 20.00         | 0.649  | 10.03        |
| 18+040.00  | 18+060.00 | 20.00         | 0.407  | 10.56        |
| 18+060.00  | 18+080.00 | 20.00         | 0.702  | 11.09        |
| 18+080.00  | 18+100.00 | 20.00         | 0.040  | 7.42         |
| 18+100.00  | 18+120.00 | 20.00         | -  | 0.40         |
| 18+120.00  | 18+140.00 | 20.00         | 0.526  | 5.26         |
| 18+140.00  | 18+160.00 | 20.00         | 2.568  | 30.94        |
| 18+160.00  | 18+170.00 | 10.00         | 2.558  | 25.63        |
| 18+170.00  | 18+180.00 | 10.00         | 1.988  | 22.73        |
| 18+180.00  | 18+190.00 | 10.00         | 1.068  | 15.28        |
| 18+190.00  | 18+200.00 | 10.00         | 0.947  | 10.08        |
| 18+200.00  | 18+220.00 | 20.00         | 2.550  | 34.97        |
| 18+220.00  | 18+240.00 | 20.00         | 1.817  | 43.67        |
| 18+240.00  | 18+260.00 | 20.00         | 0.164  | 19.81        |
| 18+260.00  | 18+280.00 | 20.00         | 0.167  | 3.31         |
| 18+280.00  | 18+290.00 | 10.00         | 0.053  | 1.10         |
| 18+290.00  | 18+300.00 | 10.00         | 0.162  | 1.08         |
| 18+300.00  | 18+310.00 | 10.00         | 0.599  | 3.81         |
| 18+310.00  | 18+320.00 | 10.00         | 0.498  | 5.49         |
| 18+320.00  | 18+340.00 | 20.00         | 0.055  | 5.53         |
| 18+340.00  | 18+360.00 | 20.00         | 0.012  | 0.67         |
| 18+360.00  | 18+380.00 | 20.00         | -  | 0.12         |
| 18+380.00  | 18+400.00 | 20.00         | -  | -            |
| 18+400.00  | 18+420.00 | 20.00         | -  | -            |

Figura N° 60: Sustento de metrado de movimiento de tierras del expediente técnico del proyecto en estudio.

El cálculo de volúmenes de corte y relleno aplicando la Metodología BIM se obtiene a partir del modelado en 3D en el software Civil 3D. Dicho software, a través de sus múltiples herramientas nos permite obtener automáticamente el volumen de corte y de relleno.

El cálculo automático de los volúmenes de corte y relleno del software Civil 3D, está basado en la comparación de superficies existentes y proyectadas, generando calculo mucho más precisos.

| CUADRO DE VOLUMEN TOTAL |                     |                   |                        |                      |                                |                              |                  |
|-------------------------|---------------------|-------------------|------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------|
| PROGRESIVA              | AREA DE RELLENO(m2) | AREA DE CORTE(m2) | VOLUMEN DE RELLENO(m3) | VOLUMEN DE CORTE(m3) | VOL. ACUMULABLE DE RELLENO(m3) | VOL. ACUMULABLE DE CORTE(m3) | VOLUMEN NETO(m3) |
| 18+000.00               | 0.00                | 2.83              | 0.00                   | 28.27                | 0.00                           | 28.27                        | 28.27            |
| 18+020.00               | 0.97                | 0.38              | 9.71                   | 31.88                | 9.71                           | 60.13                        | 50.42            |
| 18+040.00               | 0.88                | 0.81              | 18.32                  | 9.85                 | 28.03                          | 69.78                        | 43.75            |
| 18+060.00               | 1.11                | 0.42              | 17.88                  | 10.27                | 43.71                          | 80.08                        | 38.35            |
| 18+080.00               | 0.78                | 0.73              | 18.83                  | 11.54                | 62.54                          | 91.59                        | 29.05            |
| 18+100.00               | 1.65                | 0.05              | 24.22                  | 7.79                 | 88.75                          | 99.38                        | 12.63            |
| 18+120.00               | 2.90                | 0.00              | 45.47                  | 0.47                 | 132.22                         | 99.85                        | -32.37           |
| 18+140.00               | 0.00                | 0.81              | 29.02                  | 8.06                 | 161.25                         | 107.91                       | -53.34           |
| 18+160.00               | 0.00                | 2.58              | 0.00                   | 33.81                | 161.25                         | 141.72                       | -19.53           |
| 18+170.00               | 0.00                | 2.58              | 0.00                   | 25.41                | 161.25                         | 167.13                       | 5.89             |
| 18+180.00               | 0.00                | 2.02              | 0.00                   | 22.50                | 161.25                         | 189.64                       | 28.39            |
| 18+190.00               | 0.23                | 1.08              | 1.18                   | 15.15                | 182.41                         | 204.78                       | 42.37            |
| 18+200.00               | 0.54                | 0.88              | 3.85                   | 9.54                 | 186.26                         | 214.33                       | 48.07            |
| 18+220.00               | 0.09                | 2.46              | 6.29                   | 33.19                | 172.55                         | 247.52                       | 74.97            |
| 18+240.00               | 0.23                | 1.73              | 3.22                   | 41.91                | 175.77                         | 289.43                       | 113.66           |
| 18+260.00               | 1.99                | 0.18              | 22.21                  | 18.95                | 197.98                         | 308.38                       | 110.40           |
| 18+280.00               | 2.83                | 0.18              | 48.17                  | 3.25                 | 246.15                         | 311.63                       | 65.47            |
| 18+290.00               | 2.85                | 0.05              | 27.40                  | 1.08                 | 273.55                         | 312.69                       | 39.14            |
| 18+300.00               | 2.21                | 0.18              | 24.38                  | 1.07                 | 297.93                         | 313.75                       | 15.82            |
| 18+310.00               | 1.95                | 0.59              | 20.90                  | 3.85                 | 318.83                         | 317.61                       | -1.22            |
| 18+320.00               | 1.71                | 0.50              | 18.42                  | 5.59                 | 337.25                         | 323.20                       | -14.06           |
| 18+340.00               | 1.41                | 0.05              | 31.18                  | 5.50                 | 368.44                         | 328.69                       | -39.74           |
| 18+360.00               | 1.97                | 0.01              | 33.74                  | 0.88                 | 402.18                         | 329.35                       | -72.83           |
| 18+380.00               | 3.42                | 0.00              | 53.83                  | 0.13                 | 456.00                         | 329.48                       | -126.52          |
| 18+400.00               | 3.99                | 0.00              | 74.07                  | 0.00                 | 530.07                         | 329.48                       | -200.59          |
| 18+420.00               | 5.21                | 0.00              | 92.08                  | 0.00                 | 622.13                         | 329.48                       | -292.65          |
| 18+440.00               | 5.57                | 0.00              | 107.85                 | 0.00                 | 729.98                         | 329.48                       | -400.50          |
| 18+460.00               | 3.79                | 2.54              | 93.84                  | 25.40                | 823.82                         | 354.88                       | -468.74          |
| 18+480.00               | 2.24                | 1.81              | 80.37                  | 43.54                | 883.99                         | 398.43                       | -485.56          |
| 18+500.00               | 0.48                | 13.88             | 27.40                  | 155.58               | 911.39                         | 553.98                       | -357.41          |
| 18+510.00               | 0.54                | 16.77             | 5.30                   | 147.38               | 916.89                         | 701.37                       | -215.33          |
| 18+520.00               | 0.00                | 23.92             | 2.80                   | 196.09               | 919.49                         | 897.45                       | -22.04           |
| 18+530.00               | 0.00                | 38.67             | 0.00                   | 294.52               | 919.49                         | 1191.97                      | 272.48           |
| 18+540.00               | 0.00                | 19.42             | 0.00                   | 272.42               | 919.49                         | 1464.38                      | 544.90           |
| 18+550.00               | 0.25                | 13.35             | 1.29                   | 157.07               | 920.78                         | 1621.46                      | 700.68           |
| 18+560.00               | 0.02                | 14.74             | 1.40                   | 136.47               | 922.18                         | 1757.93                      | 835.75           |
| 18+580.00               | 0.00                | 3.27              | 0.25                   | 180.13               | 922.43                         | 1938.06                      | 1015.63          |
| 18+600.00               | 0.00                | 3.88              | 0.00                   | 69.38                | 922.43                         | 2007.43                      | 1085.00          |
| 18+620.00               | 0.03                | 1.65              | 0.32                   | 53.10                | 922.75                         | 2060.53                      | 1137.78          |
| 18+640.00               | 0.00                | 1.98              | 0.37                   | 36.25                | 923.12                         | 2096.78                      | 1173.66          |
| 18+660.00               | 0.00                | 3.00              | 0.08                   | 49.80                | 923.18                         | 2146.58                      | 1223.40          |
| 18+680.00               | 0.00                | 6.32              | 0.01                   | 91.71                | 923.19                         | 2238.29                      | 1315.10          |
| 18+690.00               | 0.00                | 9.45              | 0.00                   | 76.13                | 923.19                         | 2314.42                      | 1391.23          |

Figura N° 61: Tabla de cuantificación de metrados en Civil 3D

### 3.5.4.2. Metrado de afirmados

El cálculo de volúmenes de afirmados (sub base y base), de acuerdo al sustento de metrados del expediente técnico del proyecto en estudio, podemos apreciar que se ha realizado utilizando el área promedio multiplicando por su espesor (metodo de prismas).

| Progresiva |           | Distancia (m) | SUB BASE    |           |              |
|------------|-----------|---------------|-------------|-----------|--------------|
| Inicio     | Fin       |               | ESPESOR (m) | ANCHO (m) | VOLUMEN (m3) |
|            | 20+200.00 | -             | -           | 8.26      | -            |
| 20+200.00  | 20+220.00 | 20.00         | 0.60        | 8.22      | 98.88        |
| 20+220.00  | 20+240.00 | 20.00         | 0.60        | 8.22      | 98.64        |
| 20+240.00  | 20+260.00 | 20.00         | 0.60        | 8.22      | 98.64        |
| 20+260.00  | 20+280.00 | 20.00         | 0.60        | 8.22      | 98.64        |
| 20+280.00  | 20+300.00 | 20.00         | 0.60        | 7.57      | 94.74        |
|            | 20+500.00 | -             | -           | 7.47      | -            |
| 20+500.00  | 20+520.00 | 20.00         | 0.35        | 7.43      | 52.15        |
| 20+520.00  | 20+540.00 | 20.00         | 0.35        | 7.51      | 52.29        |
| 20+540.00  | 20+560.00 | 20.00         | 0.35        | 7.45      | 52.36        |
| 20+560.00  | 20+580.00 | 20.00         | 0.35        | 7.42      | 52.05        |
| 20+580.00  | 20+600.00 | 20.00         | 0.35        | 7.55      | 52.40        |
| 20+600.00  | 20+620.00 | 20.00         | 0.35        | 7.38      | 52.26        |
| 20+620.00  | 20+640.00 | 20.00         | 0.35        | 6.39      | 48.20        |
| 20+640.00  | 20+660.00 | 20.00         | 0.35        | 7.44      | 48.41        |
| 20+660.00  | 20+680.00 | 20.00         | 0.35        | 7.42      | 52.01        |
| 20+680.00  | 20+700.00 | 20.00         | 0.35        | 7.40      | 51.87        |
| 20+700.00  | 20+720.00 | 20.00         | 0.35        | 7.40      | 51.80        |
| 20+720.00  | 20+740.00 | 20.00         | 0.35        | 7.44      | 51.94        |
| 20+740.00  | 20+760.00 | 20.00         | 0.35        | 7.45      | 52.12        |
| 20+760.00  | 20+780.00 | 20.00         | 0.35        | 7.50      | 52.33        |
| 20+780.00  | 20+800.00 | 20.00         | 0.35        | 7.40      | 52.15        |

Figura N° 62: Sustento de metrado de mejoramiento de subrasante del expediente técnico del proyecto en estudio

Aplicando la Metodología BIM se obtiene, al igual que en el cálculo del volumen de corte y relleno, a partir del modelado en 3D en el software Civil 3D.

### 3.5.4.3. Metrado de obras de arte

El metrado de cunetas se ha realizado utilizando Civil 3D, ya que es considerado como un componente de la sección del ensamblaje del corredor.

En relación a las alcantarillas, han sido modelados en Revit, el cual nos permite calcular los metrados automáticamente a partir del modelo tridimensional, mediante las tablas de cuantificación. Para ello se han creado familias parametrizadas para cada tipo de alcantarilla considerado en nuestro proyecto.

- **Cálculo del volumen de concreto**

| <VOLUMEN DE CONCRETO> |          |                   |                     |
|-----------------------|----------|-------------------|---------------------|
| A                     | B        | C                 | D                   |
| Componente            | Recuento | Material          | Volumen             |
| <b>ALC_18+351</b>     |          |                   |                     |
| CAJON                 | 1        | Concreto          | 7.44 m <sup>3</sup> |
| CABEZAL DE SALIDA     | 1        | Concreto          | 7.14 m <sup>3</sup> |
| EMBOQUILLADO          | 1        | Concreto ciclopeo | 4.45 m <sup>3</sup> |
| <b>ALC_18+640</b>     |          |                   |                     |
| CAJON                 | 1        | Concreto          | 7.44 m <sup>3</sup> |
| CABEZAL DE SALIDA     | 1        | Concreto          | 7.14 m <sup>3</sup> |
| EMBOQUILLADO          | 1        | Concreto ciclopeo | 4.45 m <sup>3</sup> |
| <b>ALC_18+940</b>     |          |                   |                     |
| CAJON                 | 1        | Concreto          | 6.37 m <sup>3</sup> |
| CABEZAL DE SALIDA     | 1        | Concreto          | 5.96 m <sup>3</sup> |
| EMBOQUILLADO          | 1        | Concreto ciclopeo | 4.18 m <sup>3</sup> |
| <b>ALC_19+600</b>     |          |                   |                     |
| CABEZAL DE SALIDA     | 1        | Concreto          | 6.36 m <sup>3</sup> |
| EMBOQUILLADO          | 1        | Concreto ciclopeo | 4.18 m <sup>3</sup> |
| CAJON                 | 1        | Concreto          | 6.37 m <sup>3</sup> |
| <b>ALC_19+932</b>     |          |                   |                     |
| CABEZAL DE SALIDA     | 1        | Concreto          | 5.96 m <sup>3</sup> |
| EMBOQUILLADO          | 1        | Concreto ciclopeo | 4.18 m <sup>3</sup> |
| CABEZAL DE INGRESO    | 1        | Concreto          | 5.83 m <sup>3</sup> |
| EMBOQUILLADO          | 1        | Concreto ciclopeo | 3.38 m <sup>3</sup> |
| <b>ALC_20+125</b>     |          |                   |                     |
| CAJON                 | 1        | Concreto          | 6.60 m <sup>3</sup> |
| CABEZAL DE SALIDA     | 1        | Concreto          | 5.57 m <sup>3</sup> |
| EMBOQUILLADO          | 1        | Concreto ciclopeo | 4.18 m <sup>3</sup> |
| <b>ALC_20+450</b>     |          |                   |                     |
| CAJON                 | 1        | Concreto          | 6.60 m <sup>3</sup> |
| CABEZAL DE SALIDA     | 1        | Concreto          | 5.96 m <sup>3</sup> |
| EMBOQUILLADO          | 1        | Concreto ciclopeo | 4.18 m <sup>3</sup> |

Figura N° 63: Tabla de planificación de volumen de concreto.

- **Cálculo de longitud de TMC**

En la creación de familias parametrizadas, a la familia de TMC se le asigna un parámetro compartido de longitud para luego seleccionar dentro del campo de las tablas de cuantificación de materiales.

| <SUMINISTRO Y COLOCACION DE TMC> |                     |                 |
|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| A                                | B                   | C               |
| Comentarios                      | Diámetro (pulgadas) | Longitud de TMC |
| ALC_18+351                       | 48                  | 6.880           |
| ALC_18+640                       | 48                  | 6.880           |
| ALC_18+940                       | 36                  | 6.880           |
| ALC_19+600                       | 36                  | 7.890           |
| ALC_19+932                       | 36                  | 6.540           |
| ALC_20+125                       | 36                  | 7.490           |
| ALC_20+450                       | 36                  | 7.080           |
| ALC_20+560                       | 36                  | 6.680           |
| ALC_20+750                       | 36                  | 7.080           |
| ALC_21+080                       | 36                  | 7.080           |
| ALC_21+264                       | 36                  | 6.680           |
| ALC_21+420                       | 36                  | 6.680           |
| ALC_21+590                       | 36                  | 6.780           |
| ALC_21+770                       | 36                  | 6.680           |
| ALC_22+120                       | 36                  | 7.290           |
| ALC_22+750                       | 36                  | 7.080           |
| ALC_22+980                       | 36                  | 7.180           |
| ALC_23+090                       | 36                  | 6.780           |
| ALC_23+209                       | 36                  | 7.390           |
| ALC_23+560                       | 36                  | 7.690           |
| ALC_23+760                       | 36                  | 8.100           |
| ALC_24+346                       | 36                  | 8.500           |
| ALC_24+598                       | 36                  | 6.780           |
| ALC_24+862                       | 36                  | 8.100           |
| ALC_25+559                       | 36                  | 7.490           |
| ALC_26+120                       | 36                  | 7.880           |
| <b>Total general</b>             |                     | <b>187.560</b>  |

Figura N° 64: Tabla de cuantificación de suministro y colocación de TMC

- **Cálculo de área de encofrado**

Para el cálculo del metrado del encofrado, se ha realizado el modelado del encofrado de manera explícita como elementos separados de la estructura de concreto en el software Revit. Se han asignado parámetros a los elementos de encofrado, como color, espesor y material. Esto facilita la extracción de listados y reportes de las cantidades de encofrado por elemento desde Revit. De esta manera, el cálculo de metrados de encofrado se realiza de forma automatizada, lo cual aumenta la precisión y eficiencia en comparación con la metodología tradicional.

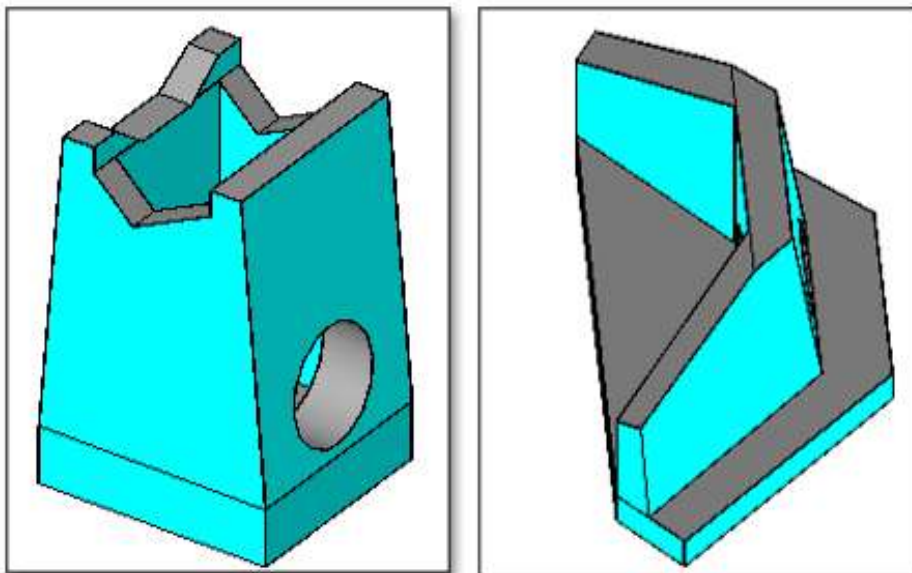


Figura N° 65: Modelado de encofrado de los componentes de las alcantarillas

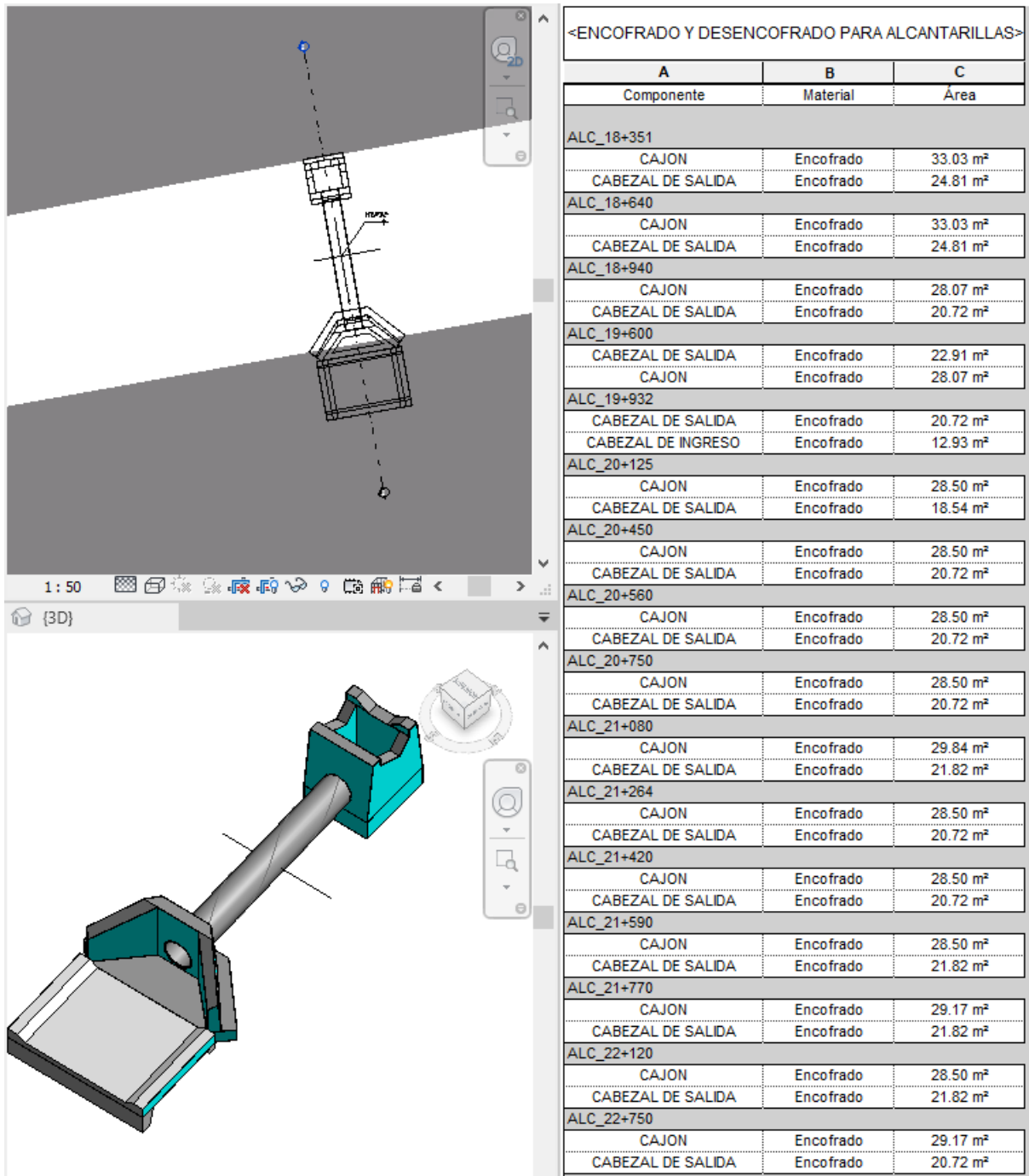


Figura N° 66: Reporte de metrados de encofrado en Revit

- ***Cálculo del acero de refuerzo del concreto armado***

Finalmente, para el cálculo del metrado del acero, se ha realizado el modelado en el software Revit. De esta manera, el cálculo de metrados de acero se realiza de forma automatizada.

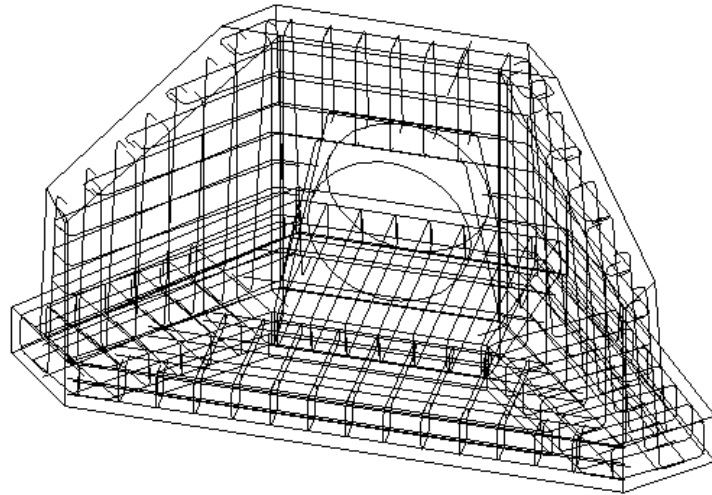


Figura N° 67: Modelado de acero en el cabezal

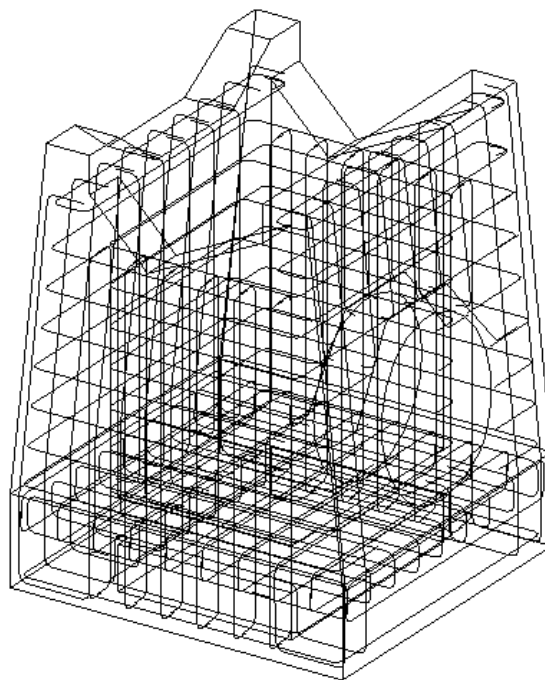


Figura N° 68: Modelado de acero en el cajón receptor

| <METRADO DE ACERO> |                    |                   |                |                |           |
|--------------------|--------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------|
| A                  | B                  | C                 | D              | E              | F         |
| Descripción        | Estructura         | Diametro de barra | Longitud Total | peso por metro | Peso (Kg) |
| ALC_18+351         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 354.93 m       | 1.55 kg/m      | 550.84    |
| ALC_18+351         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 341.83 m       | 1.55 kg/m      | 530.52    |
|                    |                    |                   |                |                | 696.75 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 1081.36   |
| ALC_18+640         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 354.91 m       | 1.55 kg/m      | 550.83    |
| ALC_18+640         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 341.83 m       | 1.55 kg/m      | 530.52    |
|                    |                    |                   |                |                | 696.74 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 1081.34   |
| ALC_18+940         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_18+940         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_19+600         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_19+600         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_19+932         | Cabezal de Ingreso | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.20    |
| ALC_19+932         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
|                    |                    |                   |                |                | 644.58 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 1000.39   |
| ALC_20+125         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_20+125         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_20+450         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_20+450         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_20+560         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_20+560         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_20+750         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_20+750         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_21+080         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_21+080         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_21+264         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_21+264         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_21+420         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_21+420         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_21+590         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_21+590         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_21+770         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_21+770         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_22+120         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_22+120         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_22+750         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_22+750         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                    |                   |                |                | 595.57 m  |
|                    |                    |                   |                |                | 924.32    |
| ALC_22+980         | Cabezal de Salida  | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_22+980         | Cajon_Ingreso      | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |

| <METRADO DE ACERO> |                   |                   |                |                |           |
|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------|
| A                  | B                 | C                 | D              | E              | F         |
| Descripción        | Estructura        | Diametro de barra | Longitud Total | peso por metro | Peso (Kg) |
| ALC_22+980         | Cabezal de Salida | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_22+980         | Cajon_Ingreso     | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                   |                   | 595.57 m       |                | 924.32    |
| ALC_23+090         | Cabezal de Salida | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_23+090         | Cajon_Ingreso     | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                   |                   | 595.57 m       |                | 924.32    |
| ALC_23+209         | Cabezal de Salida | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_23+209         | Cajon_Ingreso     | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                   |                   | 595.57 m       |                | 924.32    |
| ALC_23+560         | Cabezal de Salida | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_23+560         | Cajon_Ingreso     | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                   |                   | 595.57 m       |                | 924.32    |
| ALC_23+760         | Cabezal de Salida | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_23+760         | Cajon_Ingreso     | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                   |                   | 595.57 m       |                | 924.32    |
| ALC_24+346         | Cabezal de Salida | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_24+346         | Cajon_Ingreso     | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                   |                   | 595.57 m       |                | 924.32    |
| ALC_24+598         | Cabezal de Salida | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_24+598         | Cajon_Ingreso     | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                   |                   | 595.57 m       |                | 924.32    |
| ALC_24+863         | Cabezal de Salida | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_24+863         | Cajon_Ingreso     | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                   |                   | 595.57 m       |                | 924.32    |
| ALC_25+559         | Cabezal de Salida | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_25+559         | Cajon_Ingreso     | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                   |                   | 595.57 m       |                | 924.32    |
| ALC_26+120         | Cabezal de Salida | 5/8"              | 322.29 m       | 1.55 kg/m      | 500.19    |
| ALC_26+120         | Cajon_Ingreso     | 5/8"              | 273.28 m       | 1.55 kg/m      | 424.13    |
|                    |                   |                   | 595.57 m       |                | 924.32    |
| Total general      |                   |                   | 15736.16 m     |                | 24422.52  |

Figura N° 69: Reporte de metrado de acero

### 3.5.4.4. Comparación de metrados entre la Metodología tradicional y la Metodología BIM

Los metrados según los lineamientos de la metodología BIM, se obtienen a partir de los modelos 3D. Por otro lado, los metrados bajo los lineamientos de la metodología tradicional se obtienen a partir de la representación 2D, como planos de planta, planos de secciones y planos de corte. Esto implica un proceso más laborioso y propenso a errores, ya que se debe interpretar manualmente la información de los diferentes planos para calcular las cantidades de partidas.

A continuación, se presenta un cuadro resumen que compara los metrados del expediente técnico obtenidos mediante la metodología tradicional con los obtenidos utilizando la metodología BIM. Este cuadro no solo detalla los valores específicos de cada metodología, sino que también ilustra la variación que existe entre ambos enfoques:

Tabla 14: Resumen de metrados

| ITEM        | DESCRIPCION                                    | UNIDAD | MET. TRAD. | MET. BIM | VARIACION | VARIACION % |
|-------------|--|--------|------------|----------|-----------|-------------|
| <b>1.00</b> | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>                   |        |            |          |           |             |
| 1.10        | <b>EXCAVACIONES PARA EXPLANACIONES</b>         |        |            |          |           |             |
| 1.1.1       | EXCAVACION CLASIFICADA EN ROCA FRACTURADA      | m3     | 9137.25    | 9356.15  | 218.89    | 2.40%       |
| 1.1.2       | EXCAVACION CLASIFICADA EN MATERIAL SUELTO      | m3     | 36549.01   | 37424.58 | 875.57    | 2.40%       |
| 1.20        | CONFORMACIONES DE TERRAPLENES                  | m3     | 5576.79    | 5506.27  | -70.51    | -1.26%      |
| <b>2.00</b> | <b>AFIRMADOS</b>                               |        |            |          |           |             |
| 2.10        | MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUB RASANTE  | m3     | 6230.64    | 6214.61  | -16.03    | -0.26%      |
| 2.20        | BASE   | m3     | 11571.15   | 11465.97 | -105.18   | -0.91%      |
| <b>3.00</b> | <b>CAPAS ANTICONTAMINANTES SUB BASES BASES</b> |        |            |          |           |             |
| 3.10        | IMPRIMACION ASFALTICA                          | m2     | 55438.15   | 54019.30 | -1418.85  | -2.56%      |
| 3.20        | TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA                 | m2     | 55438.15   | 54019.30 | -1418.85  | -2.56%      |
|             |  |        |            |          |           |             |

| ITEM        | DESCRIPCION   | UNIDAD | MET.<br>TRAD. | MET.<br>BIM | VARIACION | VARIACION<br>% |
|-------------|---|--------|---------------|-------------|-----------|----------------|
| <b>4.00</b> | <b>DRENAJE</b>  |        |               |             |           |                |
| <b>4.10</b> | <b>CUNETAS</b>  |        |               |             |           |                |
| 4.1.1       | CONFORMACION DE CUNETETA TRIANGULAR REVESTIDA                           | m      | 8300.00       | 8300.00     | 0.00      | 0.00%          |
| <b>4.20</b> | <b>ALCANTARILLAS DE ALIVIO</b>  |        |               |             |           |                |
| 4.2.1       | EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS                              | m3     | 2236.02       | 2239.38     | 3.35      | 0.15%          |
| 4.2.2       | RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR                          | m3     | 343.93        | 344.55      | 0.62      | 0.18%          |
| 4.2.3       | CONCRETO ESTRUCTURAL CLAS D $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$                 | m3     | 346.42        | 322.16      | -24.26    | -7.00%         |
| 4.2.4       | ENCOFRADO Y DEENCOFRADO   | m2     | 1187.46       | 1272.51     | 85.05     | 7.16%          |
| 4.2.5       | ACERO CORRUGADO GRADO 60 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$                   | kg     | 28766.91      | 23422.13    | -5344.78  | -18.58%        |
| 4.2.6       | EMBOQUILLADO DE PIEDRA CON CONCRETO CLASE E $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ | m3     | 126.33        | 105.41      | -20.92    | -16.56%        |
| 4.2.7       | SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA DE ACERO CORRUGADO TMC D = 48"       | m      | 13.76         | 13.76       | 0.00      | 0.00%          |
| 4.2.8       | SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA DE ACERO CORRUGADO TMC D = 36"       | m      | 178.35        | 167.26      | -11.09    | -6.22%         |
| <b>4.40</b> | <b>ALCANTARILLAS DE PASE</b>  |        |               |             |           |                |
| 4.4.1       | EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS                              | m3     | 0.00          |             |           | -              |
| 4.4.2       | RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR                          | m3     | 0.00          |             |           | -              |
| 4.4.3       | CONCRETO ESTRUCTURAL CLAS D $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$                 | m3     | 0.00          | 11.79       | 11.79     | -              |
| 4.4.4       | ENCOFRADO Y DEENCOFRADO   | m2     | 0.00          | 33.65       | 33.65     | -              |
| 4.4.5       | ACERO CORRUGADO GRADO 60 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$                   | kg     | 0.00          | 1000.39     | 1000.39   | -              |
| 4.4.6       | EMBOQUILLADO DE PIEDRA CON CONCRETO CLASE E $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ | m3     | 0.00          | 7.57        | 7.57      | -              |
| 4.4.7       | SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA DE ACERO CORRUGADO TMC D = 48"       | m      | 0.00          | -           | -         | -              |
| 4.4.8       | SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA DE ACERO CORRUGADO TMC D = 36"       | m      | 0.00          | 6.54        | 6.54      | -              |

Por otro lado, podemos apreciar la variación para cada actividad en los siguientes gráficos:

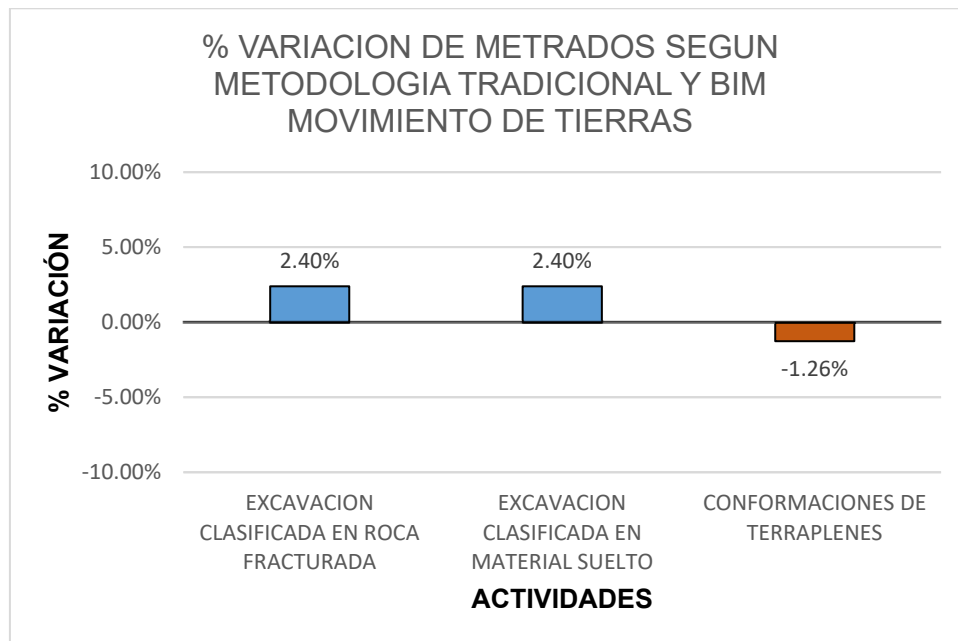


Figura N° 70: Comparación porcentual del metrado según la Metodología Tradicional y BIM – Movimiento de tierras

La variación porcentual para el movimiento de tierras representada en el grafico anterior se aprecia que, para la excavación clasificada, tanto en roca fracturada como en material suelto, hubo un aumento del 2.40 % en el metrado al aplicar la metodología BIM, mientras que, en la conformación de terraplenes hubo una reducción del 1.26% al aplicar BIM.

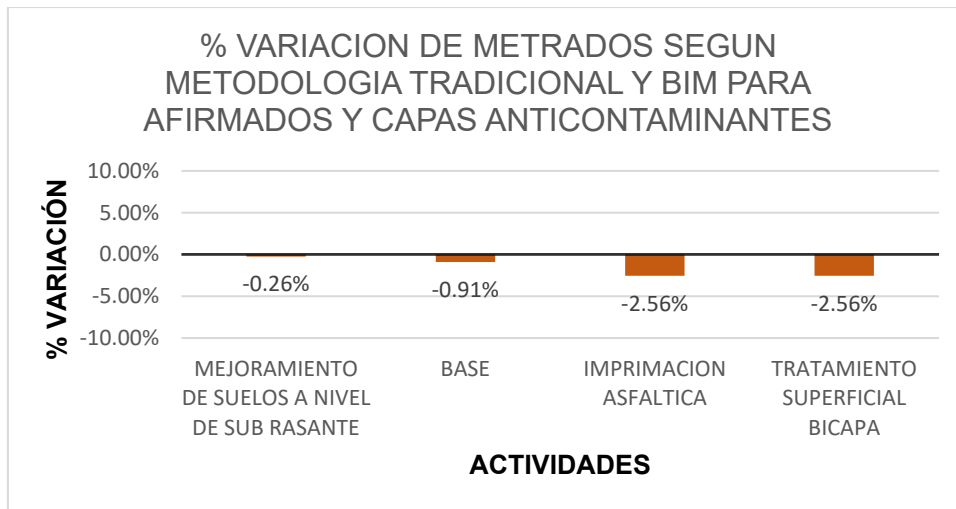


Figura N° 71: Comparación porcentual del metrado según la Metodología Tradicional y BIM – Afirmados y Capas anticontaminantes

El grafico anterior representa la variación porcentual de los afirmados y las capas anticontaminantes que vienen a ser componentes del pavimento como la sub base, base y la capa de rodadura. Se aprecia que en todos ellos hubo una reducción en el metrado al aplicar la metodología BIM.

Los gráficos siguientes representan la variación porcentual de la partida de drenaje, cabe resaltar que dentro de ellas está la subpartida de las cunetas y que tenemos una variación de 4.50% de incremento en el metrado con la metodología BIM.

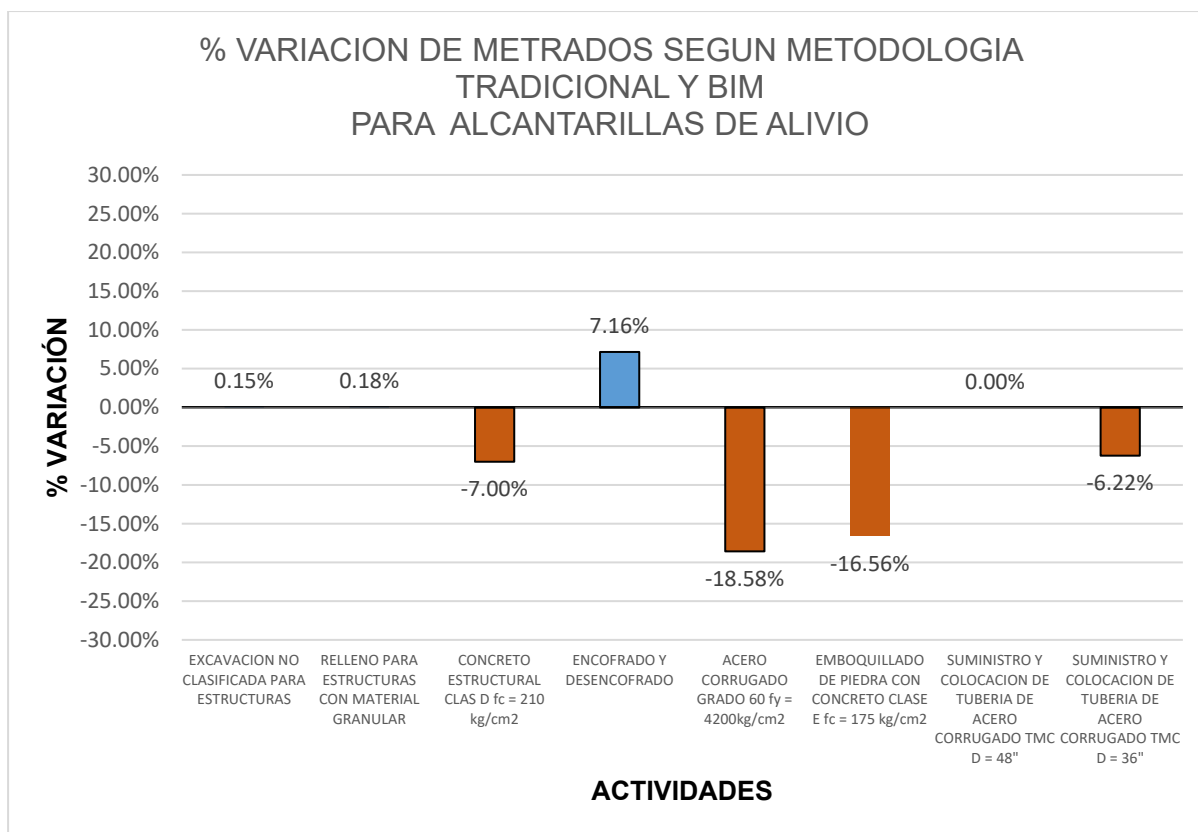


Figura N° 72: Comparación porcentual del metrado según la Metodología Tradicional y BIM – Drenaje – Alcantarillas de alivio

El grafico anterior representa la variación porcentual de las alcantarillas de alivio. Se observa que hay un incremento mínimo en cuanto a las actividades excavación y relleno para la colocación de las alcantarillas. Por otro lado, hay un incremento significativo del metrado en la actividad de encofrado y desencofrado. Además, se observa una reducción significativa en el metrado concreto estructural, acero corrugado, emboquillado de piedra con concreto de f<sub>c</sub> =175 kg/cm<sup>2</sup> y suministro y colocación de tubería de acero corrugado TMC D= 36”.

#### **3.5.4.5. Cronograma y plazo de ejecución elaborado con la implementación de la Metodología BIM**

La dimensión 4D de la metodología BIM consiste en integrar el modelo 3D del proyecto con la información sobre el tiempo de ejecución de las actividades de construcción. Esta integración nos permite establecer vínculos entre los elementos del modelo 3D y las tareas planificadas en el cronograma de obras. Al realizarlo, se puede visualizar de manera dinámica cómo se desarrollará el proyecto en su etapa de construcción, lo que conllevará una mejor planificación, coordinación, y gestión de las fases constructivas.

Para llevar a cabo esta tarea, se ha realizado con MS Project y Navisworks. MS Project es una herramienta que nos ayuda a gestionar y planificar las tareas del cronograma de manera eficiente, mientras que Navisworks nos permite combinar el modelo 3D con la programación de MS Project.

Para el cálculo de la duración de las actividades hemos utilizado los rendimientos utilizados en el expediente técnico existente del proyecto. Obteniendo una duración para el tramo en estudio de 98 días.

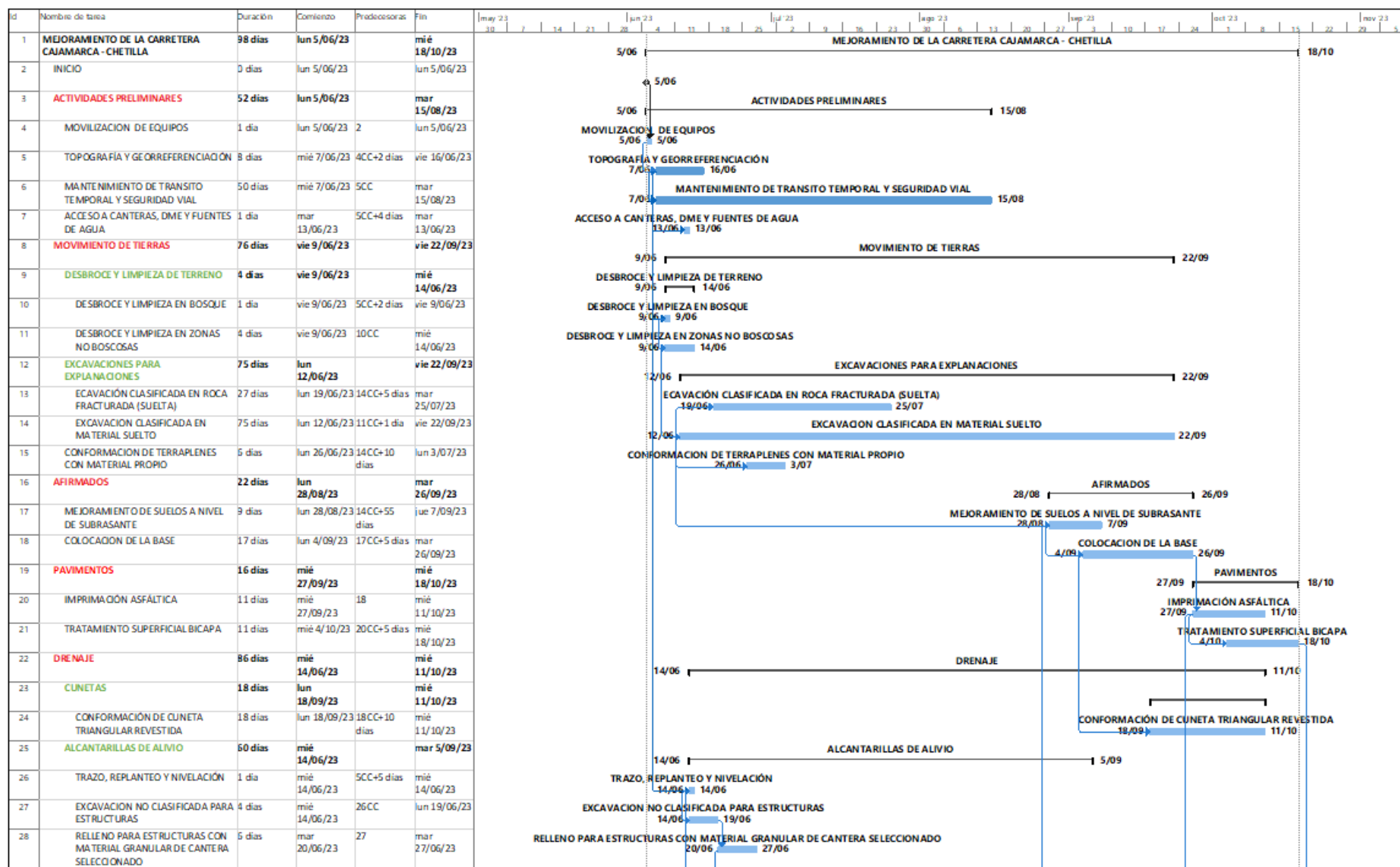


Figura N° 73: Cronograma de obra en MS Project. Parte 1

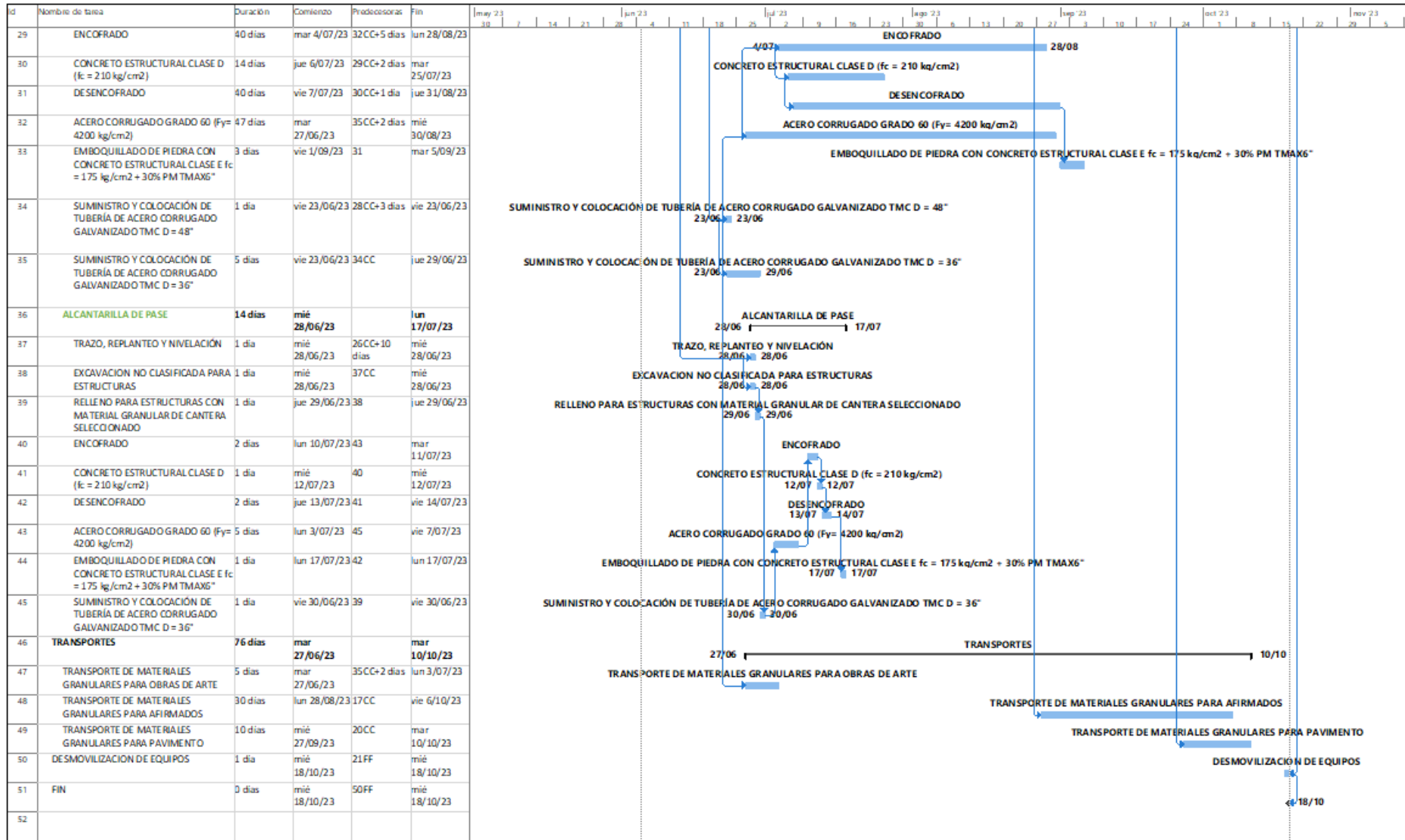


Figura N° 74: Cronograma de obra en MS Project. Parte 2

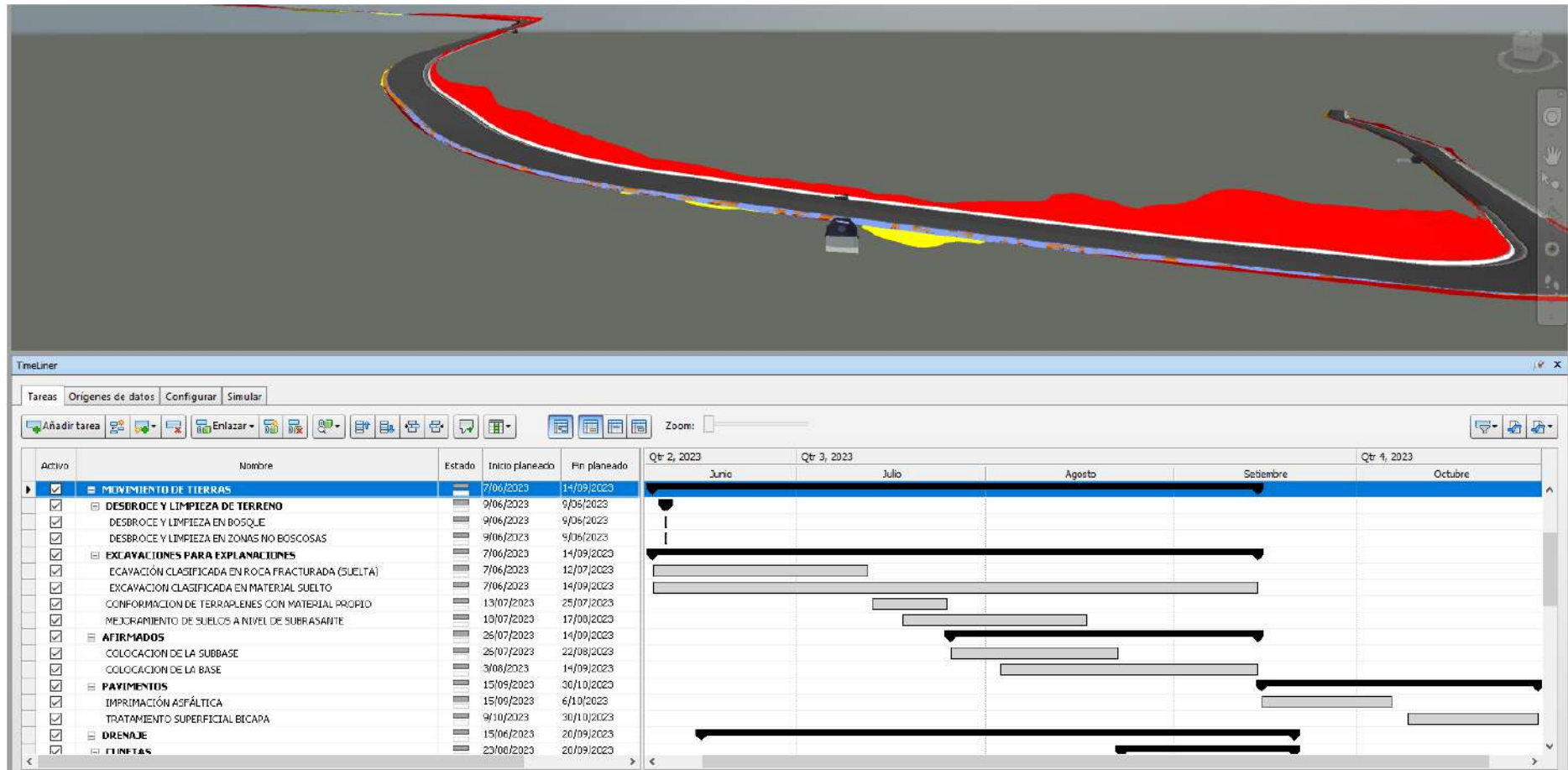


Figura N° 75: Cronograma de obra en NAVISWORKS. Parte 1

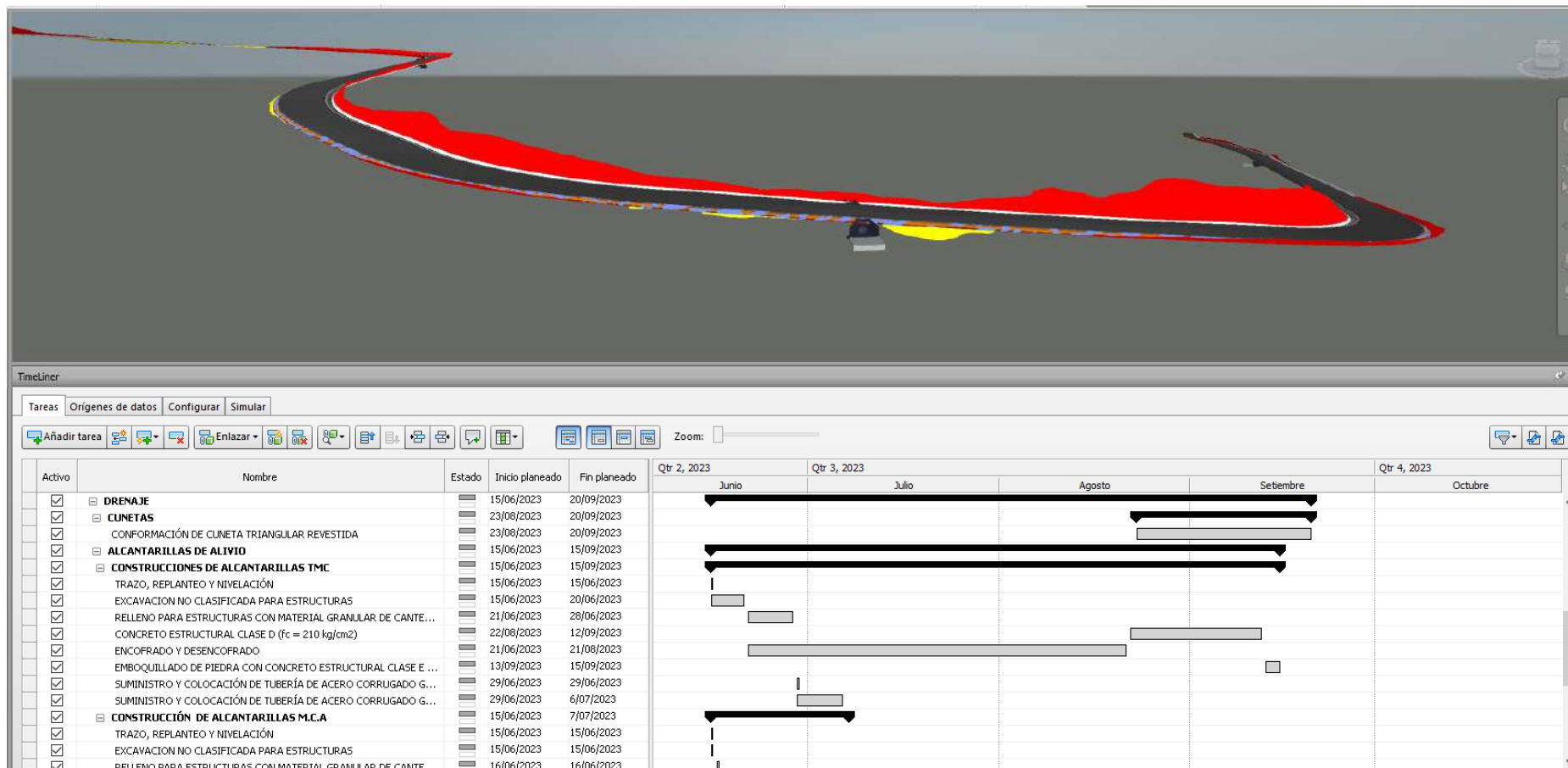


Figura N° 76: Cronograma de obra en NAVISWORKS. Parte 2

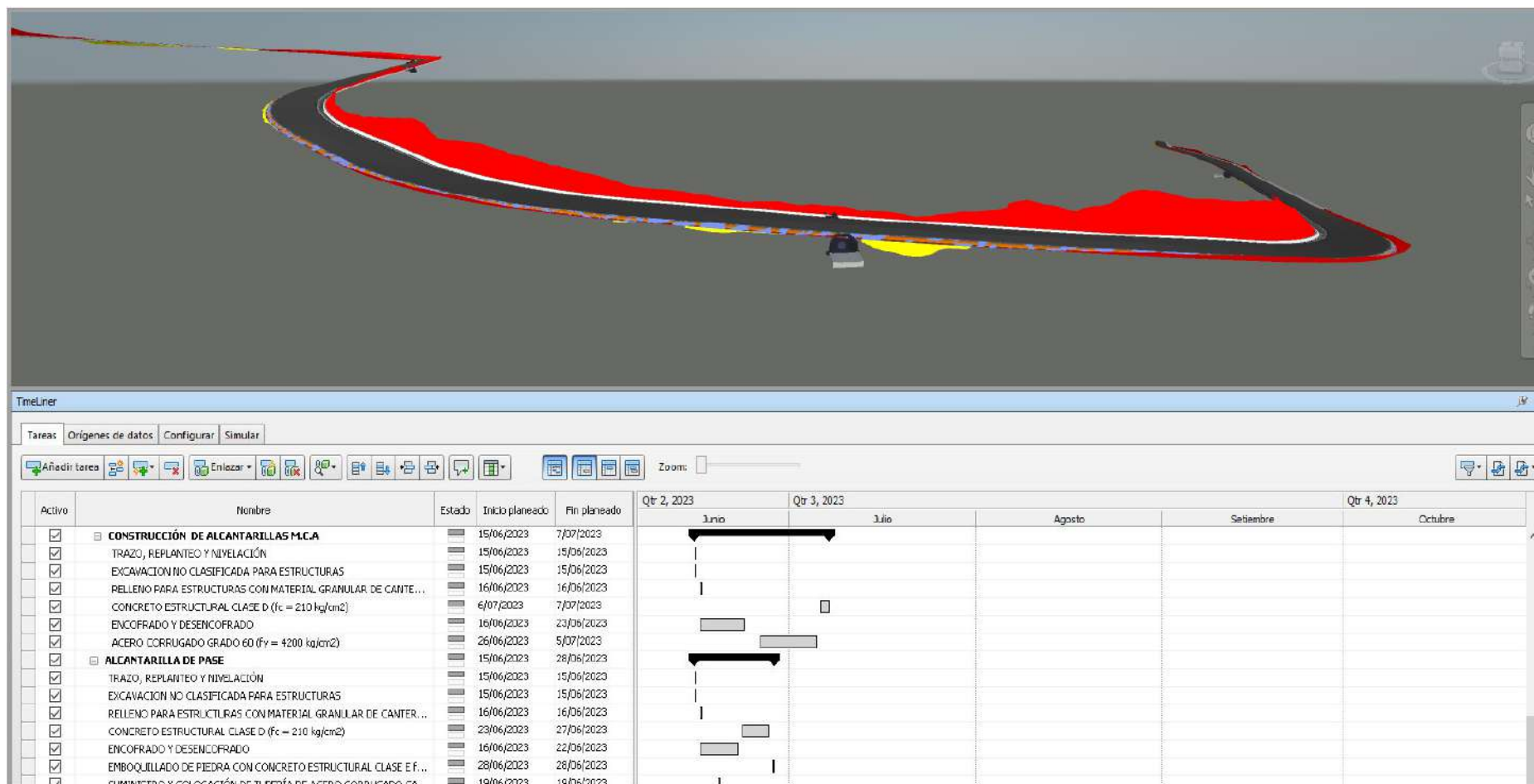


Figura N° 77: Cronograma de obra en NAVISWORKS. Parte 3

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Respecto a la información presentada en el expediente técnico del proyecto de mejoramiento de la carretera Cajamarca – Chetilla, identificamos que existen inconsistencias en los datos presentados, tanto en los planos como en los datos de los metrados. Estas inconsistencias surgen debido a la falta de coordinación entre las diferentes disciplinas involucradas en el diseño con la que se trabaja con los métodos tradicionales.

El modelamiento del diseño de la infraestructura vial, nos permite identificar las incidencias existentes en el diseño del proyecto que podrían afectar el proceso constructivo si no son identificados oportunamente. Entre las principales incidencias se encuentran la ubicación incorrecta de las alcantarillas y las discontinuidades de las cunetas. Estas incidencias, identificadas gracias a una visualización tridimensional, permiten realizar las correcciones oportunas en el diseño a través de la integración de los softwares Revit y Civil 3D.

Los metrados según los lineamientos de la metodología BIM, se obtienen a partir de los modelos 3D paramétricos. Esta técnica permite una mayor precisión y eficiencia, ya que toda la información necesaria sobre las dimensiones y cantidades de los materiales está integrada en el modelo 3D. además, la naturaleza paramétrica de los modelos, permite actualizar los metrados de manera automática frente a cualquier cambio o modificación en el diseño. Por otro lado, los metrados bajo los lineamientos de la metodología tradicional se obtienen a partir de la representación 2D, como planos de planta, planos de secciones y planos de corte. Para ello se hace uso de áreas de corte, longitudes promedios y fórmulas para determinar los metrados. Esto implica un proceso más laborioso y propenso a errores, ya que se debe

interpretar manualmente la información de los diferentes planos para calcular las cantidades de partidas.

La dimensión 4D de la metodología BIM consiste en integrar el modelo 3D del proyecto con la información sobre el tiempo de ejecución de las actividades de construcción. Esta integración nos permite establecer vínculos precisos entre los elementos del modelo 3D y las tareas planificadas en el cronograma de obras. Al realizarlo, se puede visualizar de manera dinámica cómo se desarrollará el proyecto en su etapa de construcción, lo que conllevará una mejor planificación, coordinación, y gestión de las fases constructivas.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

- La implementación de la metodología BIM en el proyecto de mejoramiento de la carretera Cajamarca – Chetilla, específicamente en el tramo del km 18+00 al km 26+300, permitió identificar y corregir errores del diseño, lo que permitirá optimizar el proceso constructivo.
  - Se detectaron inconsistencias en la información del expediente técnico del proyecto, particularmente entre los datos de los planos y los detalles de las estructuras reflejados en los metrados.
  - Mediante el modelado del diseño de la infraestructura vial y sus componentes, se lograron identificar y clasificar cinco tipos de incidencias. Estas incluyen interferencias entre elementos de la vía y componentes de las alcantarillas, alcantarillas innecesarias, necesidad de reubicación, y requerimientos de modificación en el tipo. Del total de 27 alcantarillas existentes en el tramo de estudio, 17 presentaron algún tipo de incidencia.
- Al realizar un análisis comparativo de los metrados en este proyecto, actividades como el movimiento de tierras, afirmados y capas de pavimento mostraron diferencias mínimas debido al uso compartido del software Civil 3D, mientras que los elementos de drenaje, como alcantarillas, presentaron mayores discrepancias. Estas diferencias se atribuyen al enfoque bidimensional de la metodología tradicional, que es más propenso a errores manuales, en contraste con la precisión y automatización de BIM. Este análisis resalta la capacidad de BIM para detectar y corregir inconsistencias, optimizando los cálculos y mejorando la fiabilidad en la planificación de proyectos.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de diversos tipos de software en la implementación de proyectos de infraestructura, sin dejar de lado la formación y conocimientos fundamentales de ingeniería. Si bien es cierto que estas herramientas digitales permiten automatizar tareas complejas. Sin embargo, su uso debe complementarse con una sólida comprensión de los principios fundamentales de ingeniería
- La implementación de BIM debe considerarse de manera integral, abarcando todas las etapas del proyecto desde su concepción hasta su mantenimiento. Limitar su aplicación solo a ciertas fases del proyecto puede generar retrabajos y aumentar el riesgo a cometer errores.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña Correa, F. X. (2016). *Aplicación de Modelo BIM para proyectos de Infraestructura Vial*. [Tesis de grado]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. Repositorio Institucional.
- Álvarez Ormachea, E. S. (12 de enero del 2022). *¿Qué es y cuándo usar InfraWorks?*. Konstruedu. <https://konstruedu.com/es/blog/que-es-y-cuando-usar-infracworks#:~:text=InfraWorks%20es%20un%20software%20de,en%20el%200resultado%20del%20proyecto.>
- Autodesk. (s.f.). *BIM para Infraestructura: Un medio para transformar los negocios*.
- Bañón Blázquez, L. (2021). *Modelado BIM de un tramo de carretera*. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, España. Repositorio Institucional.
- Building Smart. (23 de mayo del 2022). *BIM y la seguridad en la conservación de carreteras*. <https://www.buildingsmart.es/2022/05/23/bim-y-la-seguridad-en-la-conservaci%C3%B3n-de-carreteras/>.
- Caro Durand, A. F. (2023). *Nivel de adopción de BIM en el Sector Construcción en la ciudad de Cajamarca, 2022*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Repositorio Institucional.
- Chavarría Arévalo. (2018). *La metodología BIM para optimizar el diseño de la carretera Luricocha - Pacchancca, Ayacucho 2018*. [Tesis de grado]. Universidad César Vallejo. Lima, Perú. Repositorio Institucional.
- Chiroque Inga, M. P. (2022). *Aplicación de la metodología BIM para el diseño vial de la carretera, la Arena a C.P Casagrande del Distrito de la Arena, Prov. de*

*Piura, Dpto. Piura.* [Tesis de grado]. Universidad César Vallejo. Piura, Perú. Repositorio Institucional.

Culque Chávez, R. M. (2019). *Nivel de implementación de la metodología BIM en empresas constructoras y consultoras de la ciudad de Cajamarca y plan de implementación.* [Tesis de grado]. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Repositorio Institucional.

Díaz Farfán, B. y Rivera Vera, M. N. (2020). *Optimización de costos y tiempos de las partidas de mayor incidencia en proyectos viales de la región sierra centro y sur, mediante la metodología BIM.* [Tesis de grado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Repositorio Institucional.

Díaz Ricardo, M. A. y Cogollo Díaz, C. A. (2021). *Desarrollo de una guía para la implementación de la metodología BIM aplicada a las condiciones de proyectos de infraestructura vial en el territorio colombiano.* [Tesis de grado]. Universidad Santo Tomas. Bogotá, Colombia. Repositorio Institucional.

Esarte Eseverri, Ander. (19 de octubre del 2020). *Civil 3D, de Autodesk ¿Qué es Civil 3D?*. Espacio BIM. <https://www.espaciobim.com/civil-3d>.

Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). 4° Edición. Project Management Institute. Global Standard.

Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos Guía del PMBOK. 7° Edición. Project Management Institute. Global Standard.

Huacallo Limpe, F. A. (2022). *Estudio comparativo entre las metodologías convencional y BIM 4D en la optimización del tiempo programado para la ejecución de una obra de infraestructura vial en etapa de diseño, Arequipa*

2021. [Tesis de grado]. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.  
Repositorio Institucional.

Imasgal. (23 de febrero del 2023). *¿Qué es InfraWorks? Diseño conceptual de Infraestructuras para análisis de soluciones en un entorno BIM.*  
<https://imasgal.com/que-es-infracworks/>.

Jauregui Martinez, A. M. (2022). *Nivel de conocimiento e implementación BIM en el Gobierno Regional de Cajamarca, 2022.* [Tesis de grado]. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Repositorio Institucional.

Marín N., Correa L. y Marín R. (2021). *Implementación de la Metodología BIM en el Perú: Una Revisión.* Revista Pakamuros, Vol. 9, número 2, pág. 29-42.

Ministerio de Economía y Finanzas - MEF. (12 de septiembre de 2023). Avances de la medida de política 1.2: Plan BIM (Plan BIM Perú).

Ministerio de Economía y Finanzas - MEF. (13 de septiembre de 2023). *Avances de la adopción de BIM en entidades y empresas públicas.*

Ministerio de Economía y Finanzas - MEF. (2022). *Lineamientos para la adopción progresiva de BIM en las fases del ciclo de inversión.* Dirección General de Programación Multianual de Inversiones – DGPMI.

Moya Sala, Q, García A., Camacho Torregrosa, F. J. y Campoy Ungría, J. M. (2017). *BIM para infraestructuras de carreteras: Verificación de la Normativa de diseño geométrico.* Universidad Politécnica de Catalunya y Universidad Politécnica de Valencia. Dialnet.

Página Gubernamental Web del Ministerio de Economía y Finanzas - Perú. *Sobre el Plan BIM Perú – Actores involucrados.*  
<https://mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>.

Página Gubernamental Web del Ministerio de Economía y Finanzas - Perú. *Sobre el Plan BIM Perú – Misión y alcance.*  
<https://mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>.

Página Gubernamental Web Oficial del Ministerio de Economía y Finanzas - Perú. *El Ciclo de inversión.*  
[https://www.mef.gob.pe/es/?option=com\\_content&language=es-ES&Itemid=100282&lang=es-ES&view=article&id=5520](https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=100282&lang=es-ES&view=article&id=5520)

Plan BIM Perú. (junio 2021). *Plan de implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú.* Ministerio de Economía y Finanzas – MEF.

Plan Nacional de Infraestructura para la competitividad. (28 de julio de 2019). Decreto Supremo N° 238-2019 –EF. Diario Oficial El Peruano.

Rodríguez Cabellos, J. (2021). *Aplicación de la metodología VDC/BIM para el rediseño y construcción en proyecto de infraestructura vial.* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Repositorio Institucional.

Sedano Huamán, J. J. (2023). *Efecto de la aplicación del sistema de modelamiento de la información para la construcción de carreteras - BIM aplicado al proyecto de la carretera Imperial – Pampas.* [Tesis de grado]. Universidad Continental, Huancayo, Perú. Repositorio Institucional.

Trejo Peraza, H. M. (15 de marzo de 2022). *InfraWorks la mejor herramienta para el diseño y análisis de infraestructuras*. BIM Central. <https://bimcentral.com.mx/infracworks-la-mejor-herramienta/>.

Vitorino Bravo, P. A. (02 de noviembre del 2020). *Las 7 dimensiones de BIM*. Kostruedu.com. <https://konstruedu.com/es/blog/las-7-dimensiones-de-bim>

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 1. PLANO DE UBICACIÓN**

**ANEXO N° 2. PLANO CLAVE**

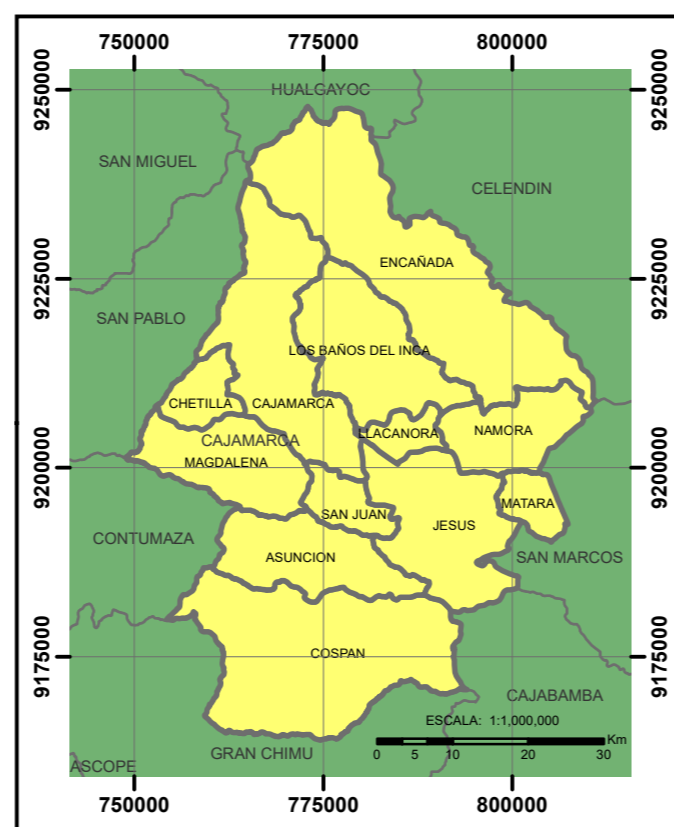
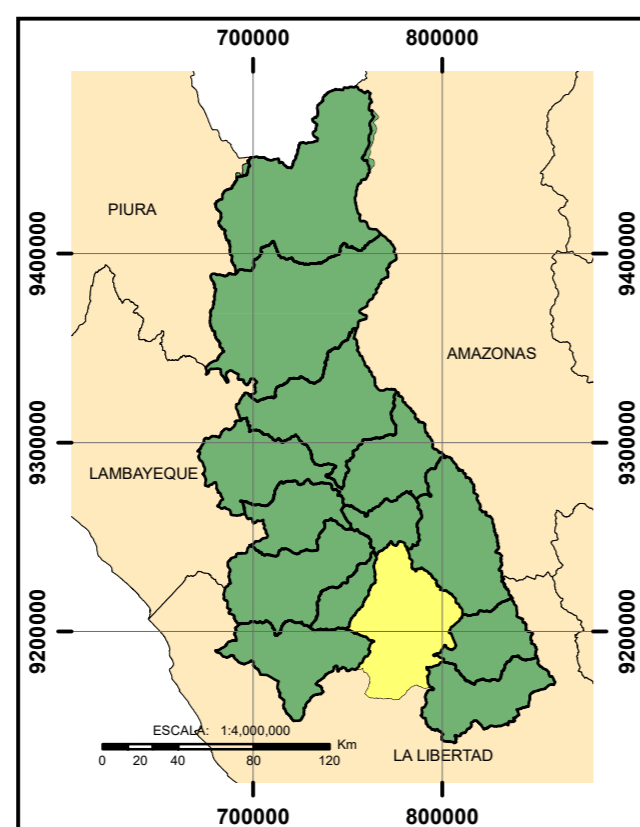
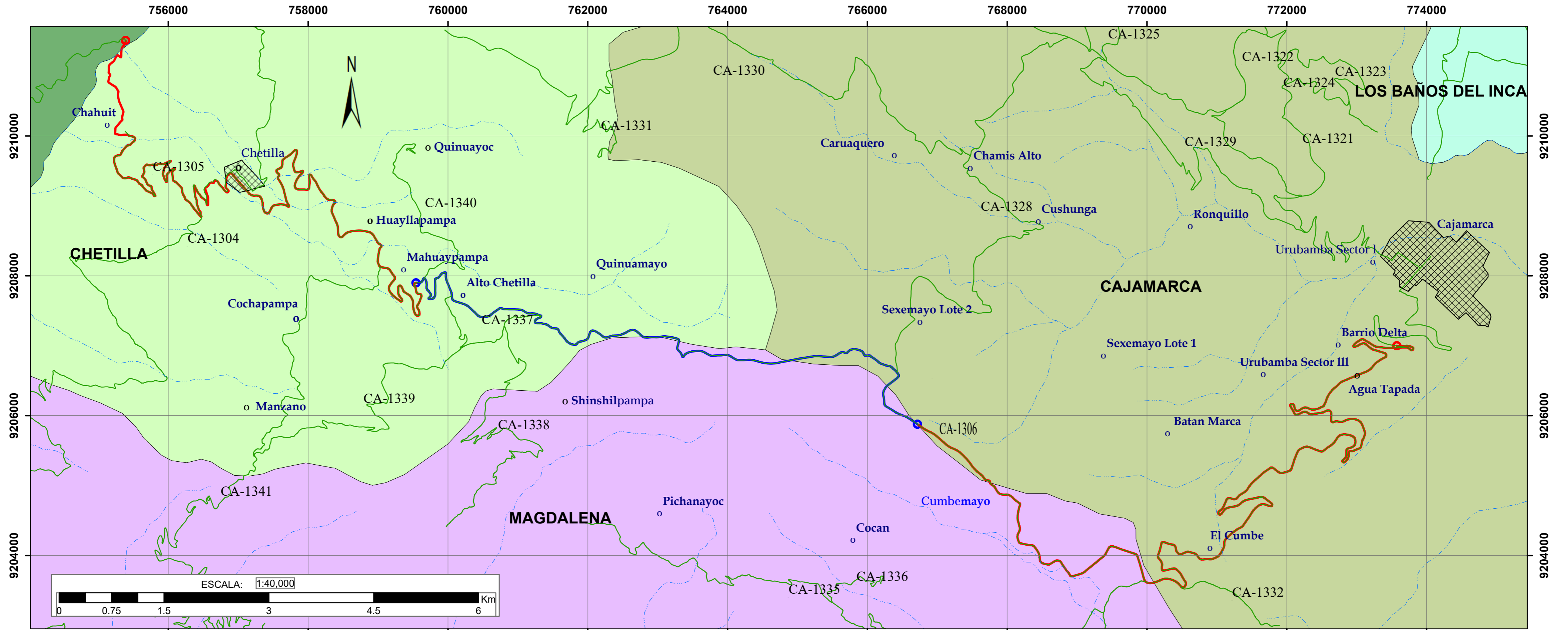
**ANEXO N° 3. PLANO DE PLANTA Y PERFIL**

**ANEXO N° 4. PLANO DE SECCIONES TÍPICAS**

**ANEXO N° 5. PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES**

**ANEXO N° 6. PLANO DE ALCANTARILLAS**

**ANEXO N° 7. CRONOGRAMA DE OBRA**



| LEYENDA                           |  |
|-----------------------------------|--|
| INICIO Y FIN DEL PROYECTO         |  |
| INICIO Y FIN DEL TRAMO EN ESTUDIO |  |
| TRAMO DEL PROYECTO                |  |
| TRAMO DE ESTUDIO                  |  |

| Ubicación Geográfica del proyecto         |          |         |          |
|---|----------|---------|----------|
| Km  | Este     | Norte   | Zona UTM |
| 00+000                                    | 773575.1 | 9207001 | 17S      |
| 42+873                                    | 755388.1 | 9211367 | 17S      |
| Ubicación Geográfica del tramo en estudio |          |         |          |
| 18+000                                    | 766716.1 | 9205878 | 17S      |
| 26+000                                    | 759542.5 | 9207901 | 17S      |



**NOMBRE DEL PROYECTO TESIS:**

**" IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "**

**UBICACIÓN:**

**DISTRITO: CAJAMARCA**  
**PROVINCIA: CAJAMARCA**  
**REGIÓN: CAJAMARCA**

**PLANO:**

**PLANO DE UBICACIÓN**

**SISTEMA DE COORDENADAS**

**PROYECCIÓN: UTM**

**ZONA: 17 Sur**

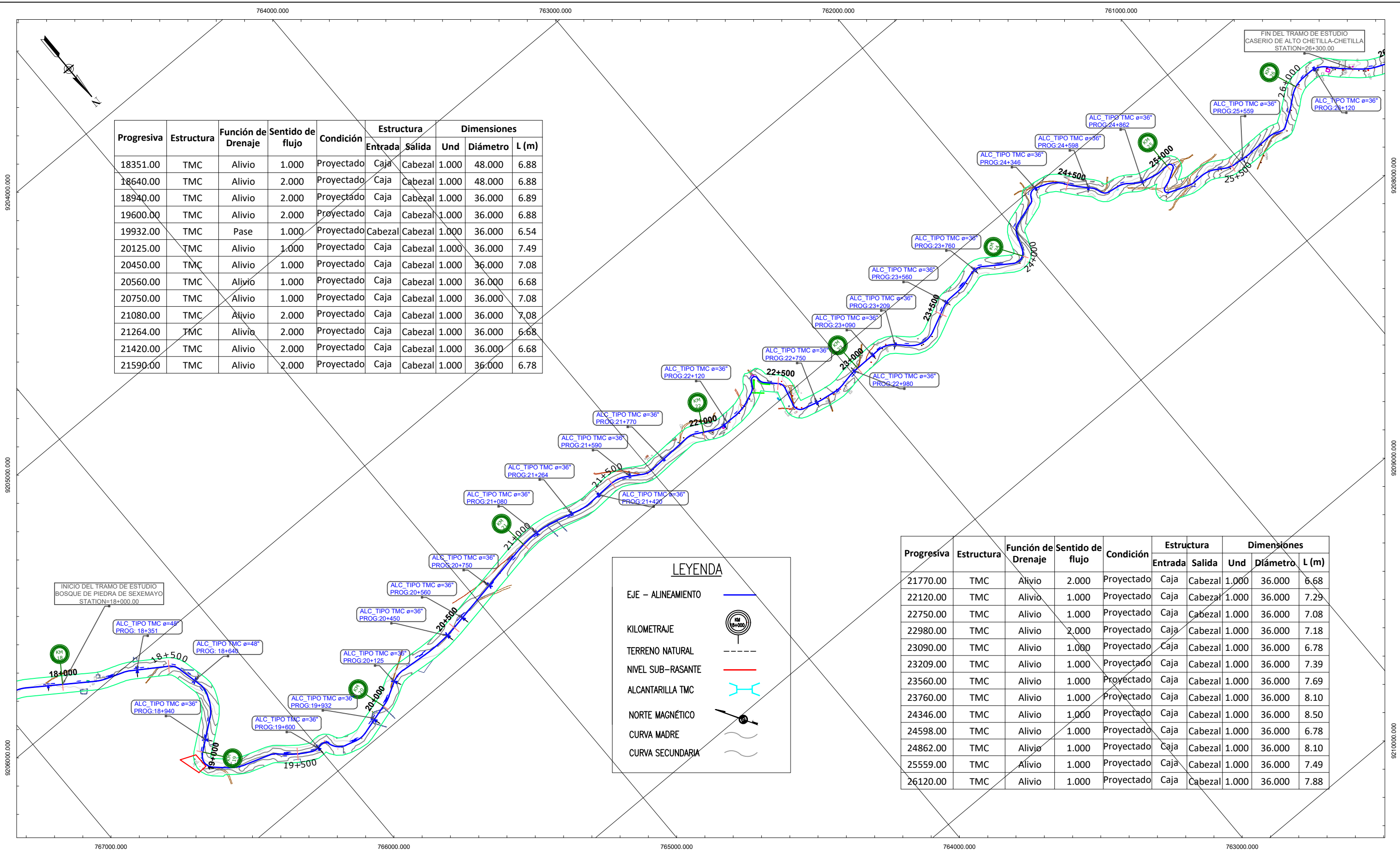
**COORDENADAS: WGS - 84**

**ESCALA**

**INDICADA**

**FECHA:**

**DICIEMBRE- 2023**



| Progresiva | Estructura | Función de Drenaje | Sentido de flujo | Condición  | Estructura |         | Dimensiones |          |       |
|------------|------------|--------------------|------------------|------------|------------|---------|-------------|----------|-------|
|            |            |                    |                  |            | Entrada    | Salida  | Und         | Diámetro | L (m) |
| 18351.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 48.000   | 6.88  |
| 18640.00   | TMC        | Alivio             | 2.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 48.000   | 6.88  |
| 18940.00   | TMC        | Alivio             | 2.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 6.89  |
| 19600.00   | TMC        | Alivio             | 2.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 6.88  |
| 19932.00   | TMC        | Pase               | 1.000            | Proyectado | Cabezal    | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 6.54  |
| 20125.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 7.49  |
| 20450.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 7.08  |
| 20560.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 6.68  |
| 20750.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 7.08  |
| 21080.00   | TMC        | Alivio             | 2.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 7.08  |
| 21264.00   | TMC        | Alivio             | 2.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 6.68  |
| 21420.00   | TMC        | Alivio             | 2.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 6.68  |
| 21590.00   | TMC        | Alivio             | 2.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 6.78  |

| Progresiva | Estructura | Función de Drenaje | Sentido de flujo | Condición  | Estructura |         | Dimensiones |          |       |
|------------|------------|--------------------|------------------|------------|------------|---------|-------------|----------|-------|
|            |            |                    |                  |            | Entrada    | Salida  | Und         | Diámetro | L (m) |
| 21770.00   | TMC        | Alivio             | 2.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 6.68  |
| 22120.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 7.29  |
| 22750.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 7.08  |
| 22980.00   | TMC        | Alivio             | 2.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 7.18  |
| 23090.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 6.78  |
| 23209.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 7.39  |
| 23560.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 7.69  |
| 23760.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 8.10  |
| 24346.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 8.50  |
| 24598.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 6.78  |
| 24862.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 8.10  |
| 25559.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 7.49  |
| 26120.00   | TMC        | Alivio             | 1.000            | Proyectado | Caja       | Cabezal | 1.000       | 36.000   | 7.88  |

**LEYENDA**

- EJE - ALINEAMIENTO
- KILOMETRAJE
- TERRENO NATURAL
- NIVEL SUB-RASANTE
- ALCANTARILLA TMC
- NORTE MAGNÉTICO
- CURVA MADRE
- CURVA SECUNDARIA



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

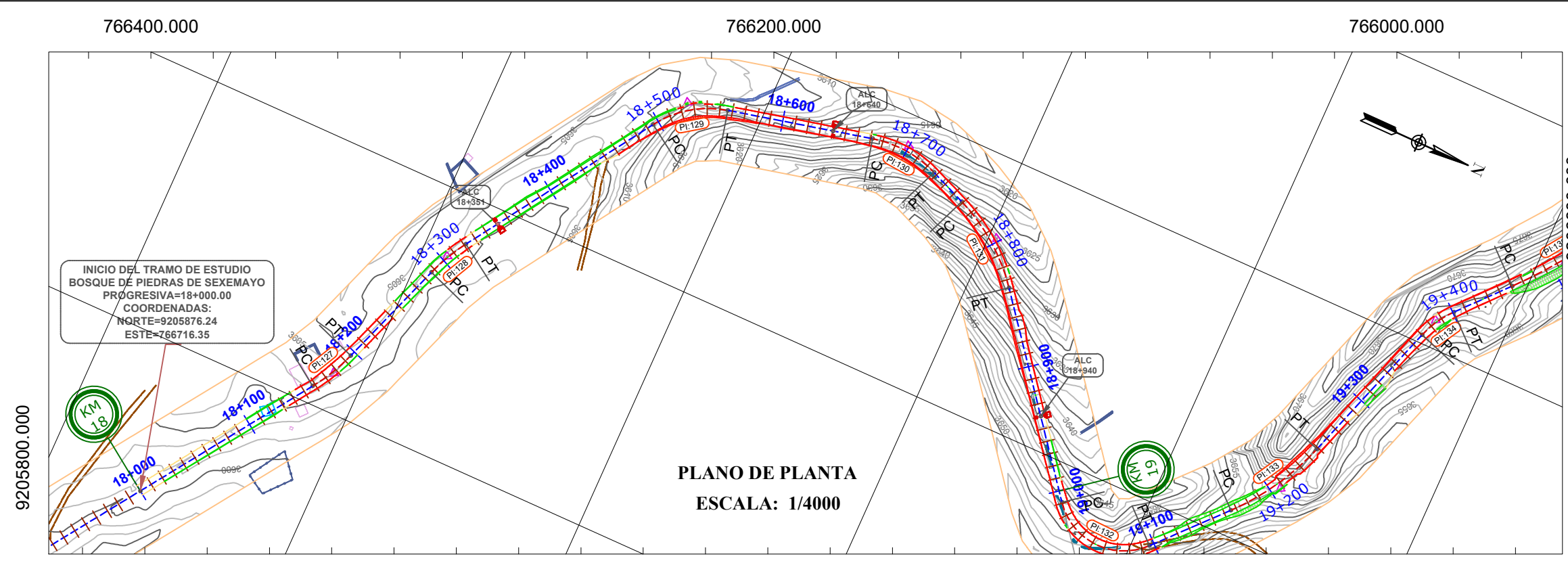
**TESIS:**  
"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

**UBICACIÓN:**  
**REGIÓN:** CAJAMARCA  
**PROVINCIA:** CAJAMARCA  
**DISTRITOS:** CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**  
Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA  
**TESISTA:**  
Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:** PLANO CLAVE  
**ESCALA:** 1/8000

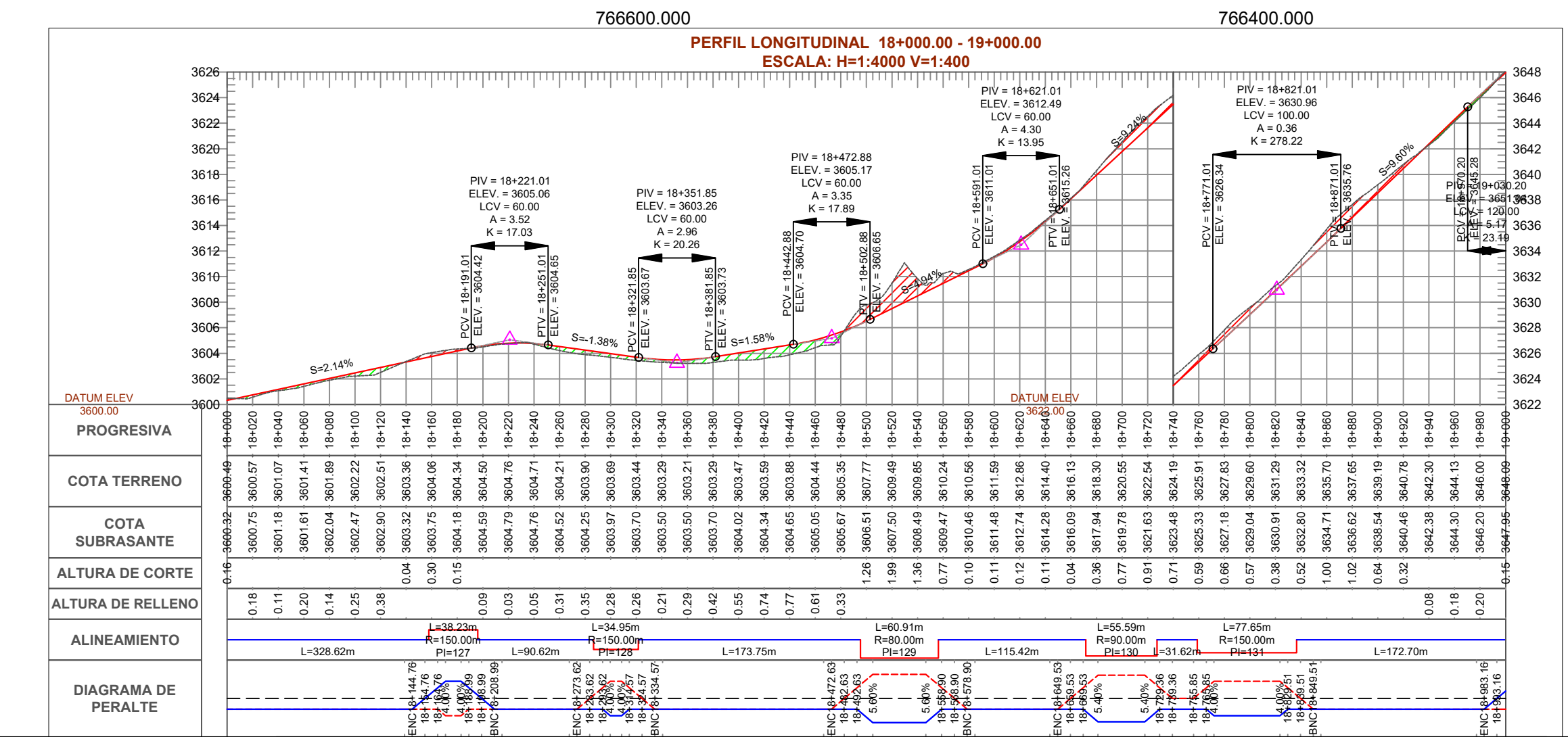
**FECHA:** JULIO DEL 2024  
**LAMINA:** PC - 01



| TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA |               |         |           |           |       |       |        |       |       |
|-----------------------------|---------------|---------|-----------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|
| PI                          | RUMBO         | SENTIDO | $\Delta$  | RADIO (m) | T (m) | L (m) | LC (m) | E (m) | M (m) |
| PI-127                      | N62° 49' 53"W | I       | 14°36'16" | 150.00    | 19.22 | 38.23 | 38.13  | 1.23  | 1.22  |
| PI-128                      | N63° 27' 29"W | D       | 13°21'05" | 150.00    | 17.56 | 34.95 | 34.87  | 1.02  | 1.02  |
| PI-129                      | N34° 58' 14"W | D       | 43°37'25" | 80.00     | 32.02 | 60.91 | 59.45  | 6.17  | 5.73  |
| PI-130                      | N4° 32' 07"E  | D       | 35°23'17" | 90.00     | 28.71 | 55.59 | 54.71  | 4.47  | 4.26  |
| PI-131                      | N37° 03' 35"E | D       | 29°39'38" | 150.00    | 39.72 | 77.65 | 76.79  | 5.17  | 5.00  |

|        | PC        | PI        | PT        | PI Norte     | PI Este     | P(%)   | Sa (m) |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------|--------|
| PI-127 | 18+157.76 | 18+176.98 | 18+195.99 | 9205976.4045 | 766570.4495 | -4.00% | 0.60   |
| PI-128 | 18+286.62 | 18+304.17 | 18+321.57 | 9206019.6993 | 766450.6294 | 4.00%  | 0.60   |
| PI-129 | 18+495.31 | 18+527.33 | 18+556.22 | 9206142.0377 | 766263.8024 | 5.60%  | 1.00   |
| PI-130 | 18+671.65 | 18+700.36 | 18+727.24 | 9206313.5655 | 766223.7013 | 5.40%  | 0.90   |
| PI-131 | 18+758.85 | 18+798.57 | 18+836.51 | 9206406.1781 | 766261.5513 | 4.00%  | 0.60   |

| DATOS DE DISEÑO             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| INDICE MEDIO DIARIO         | : Ver estudio de tráfico          |
| VELOCIDAD DIRECTRIZ         | : 30 Km/H                         |
| PENDIENTE MINIMA            | : 0.5 %                           |
| PENDIENTE MAXIMA            | : 10.00 %                         |
| PENDIENTE MAXIMA EXEPCIONAL | : 12.00 %                         |
| RADIO MINIMO CURVATURA      | : 30.00 m                         |
| RADIO MINIMO EXEPCIONAL     | : 15.00 m                         |
| ANCHO DE CALZADA            | : 6.00 m                          |
| BOMBEO CALZADA %            | : 2.50 %                          |
| ANCHO DE BERMA              | : 0.50 m                          |
| BOMBEO BERMA %              | : 4.00 %                          |
| PERALTE MINIMO              | : 2.20 %                          |
| PERALTE MAXIMO              | : 8.00 %                          |
| TALUD DE CORTE              | : Ver estudio Geotécnico          |
| TALUD DE RELLENO            | : Segun clasificación de material |



| LEYENDA            |  |
|--------------------|--|
| NORTE MAGNÉTICO    |  |
| CURVA MADRE        |  |
| CURVA SECUNDARIA   |  |
| CAMINOS            |  |
| CASAS              |  |
| QUEBRADAS          |  |
| EJE - ALINEAMIENTO |  |
| KILOMETRAJE        |  |
| POLIGONAL          |  |
| ALCANTARILLA TMC   |  |
| CORTE              |  |
| RELLENO            |  |



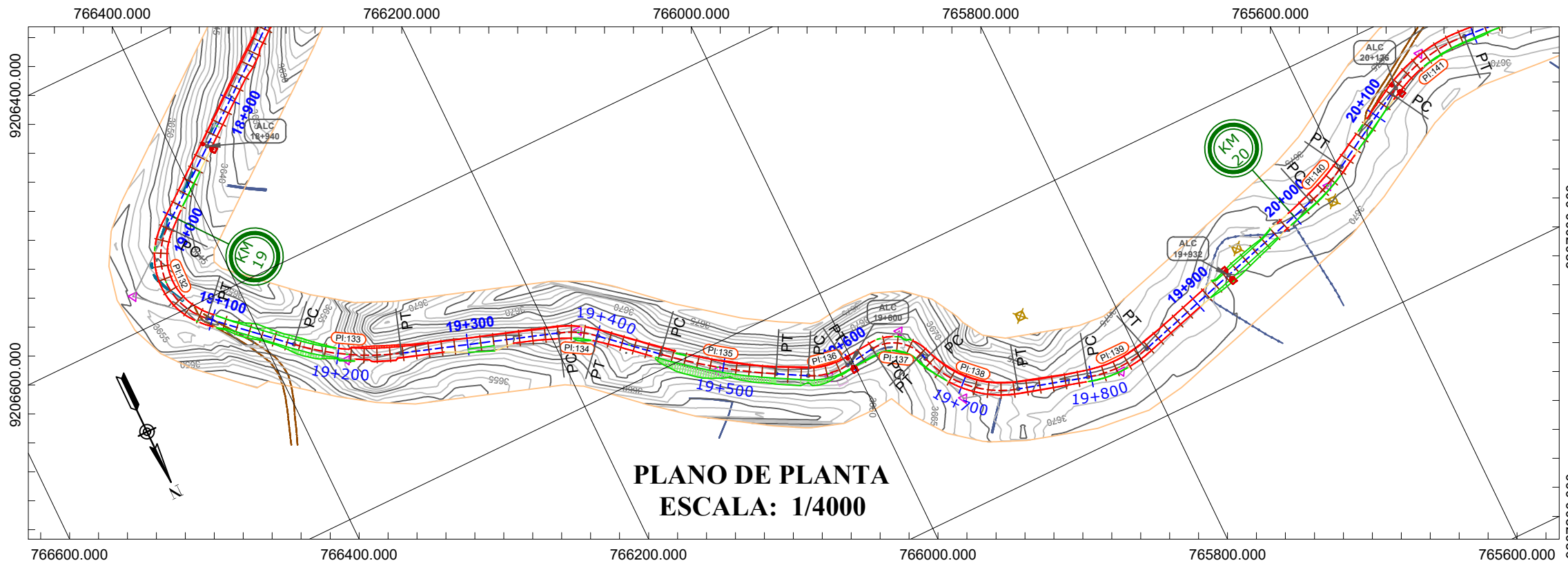
**TESIS:**  
"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**  
REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**  
Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA  
**TESISTA:**  
Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**  
PLANTA Y PERFIL  
**ESCALA:**  
INDICADA

**FECHA:**  
JULIO DEL 2024  
**PLANO:**  
PP-01



**TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA**

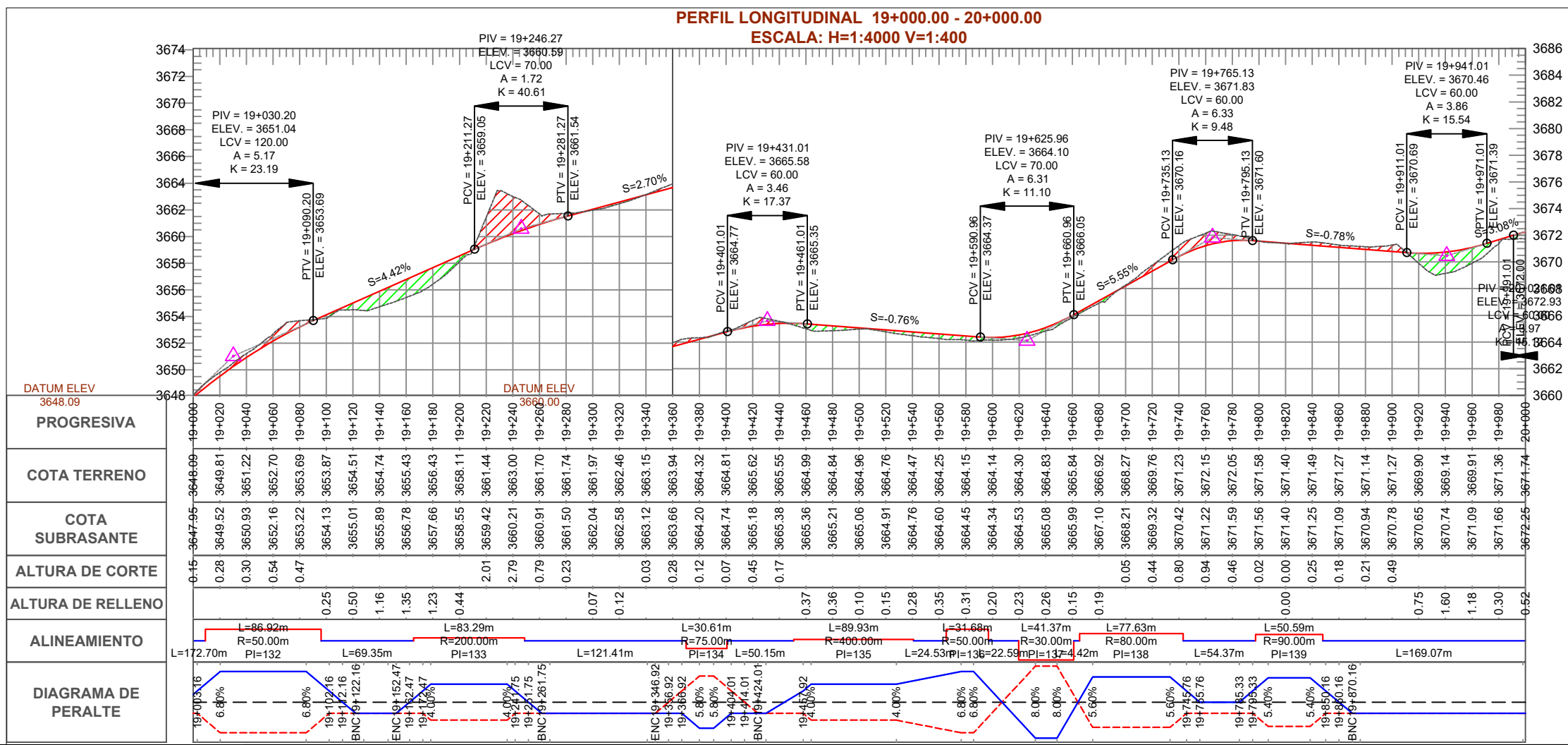
| PI     | RUMBO         | SENTIDO | Δ         | RADIO (m) | T (m) | L (m) | LC (m) | E (m) | M (m) |
|--------|---------------|---------|-----------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|
| PI-132 | N2° 05' 20"E  | I       | 99°36'08" | 50.00     | 59.17 | 86.92 | 76.38  | 27.47 | 17.73 |
| PI-133 | N59° 38' 32"W | I       | 23°51'35" | 200.00    | 42.26 | 83.29 | 82.69  | 4.42  | 4.32  |
| PI-134 | N59° 52' 51"W | D       | 23°22'57" | 75.00     | 15.52 | 30.61 | 30.40  | 1.59  | 1.56  |
| PI-135 | N54° 37' 49"W | I       | 12°52'52" | 400.00    | 45.15 | 89.93 | 89.74  | 2.54  | 2.52  |
| PI-136 | N79° 13' 29"W | I       | 36°18'28" | 50.00     | 16.39 | 31.68 | 31.16  | 2.62  | 2.49  |
| PI-137 | N57° 52' 17"W | D       | 79°00'52" | 30.00     | 24.74 | 41.37 | 38.17  | 8.88  | 6.85  |
| PI-138 | N46° 09' 45"W | I       | 55°35'47" | 80.00     | 42.18 | 77.63 | 74.62  | 10.44 | 9.23  |
| PI-139 | S89° 56' 10"W | I       | 32°12'23" | 90.00     | 25.98 | 50.59 | 49.93  | 3.68  | 3.53  |

|        | PC        | PI        | PT        | PI Norte     | PI Este     | P(%)   | Sa (m) |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------|--------|
| PI-132 | 19+009.20 | 19+068.37 | 19+096.12 | 9206573.7915 | 766475.2401 | -6.80% | 1.50   |
| PI-133 | 19+165.47 | 19+207.72 | 19+248.75 | 9206688.6958 | 766348.9075 | -4.00% | 0.50   |
| PI-134 | 19+370.16 | 19+385.68 | 19+400.77 | 9206745.3380 | 766178.9116 | 5.80%  | 1.20   |
| PI-135 | 19+450.92 | 19+496.07 | 19+540.85 | 9206819.2186 | 766096.3109 | -4.00% | 0.40   |
| PI-136 | 19+565.38 | 19+581.77 | 19+597.06 | 9206860.8595 | 766020.9694 | -6.80% | 1.50   |
| PI-137 | 19+619.66 | 19+644.39 | 19+661.03 | 9206852.6756 | 765957.7730 | 8.00%  | 2.40   |
| PI-138 | 19+665.45 | 19+707.63 | 19+743.08 | 9206920.3765 | 765935.2988 | -5.60% | 1.00   |
| PI-139 | 19+797.45 | 19+823.43 | 19+848.04 | 9206954.2319 | 765817.5364 | -5.40% | 9.00   |

**DATOS DE DISEÑO**

|                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| INDICE MEDIO DIARIO          | : Ver estudio de tráfico          |
| VELOCIDAD DIRECTRIZ          | : 30 Km/H                         |
| PENDIENTE MINIMA             | : 0.5 %                           |
| PENDIENTE MAXIMA             | : 10.00 %                         |
| PENDIENTE MAXIMA EXCEPCIONAL | : 12.00 %                         |
| RADIO MINIMO CURVATURA       | : 30.00 m                         |
| RADIO MINIMO EXCEPCIONAL     | : 15.00 m                         |
| ANCHO DE CALZADA             | : 6.00 m                          |
| BOMBEO CALZADA %             | : 2.50 %                          |
| ANCHO DE BERMA               | : 0.50 m                          |
| BOMBEO BERMA %               | : 4.00 %                          |
| PERALTE MINIMO               | : 2.20 %                          |
| PERALTE MAXIMO               | : 8.00 %                          |
| TALUD DE CORTE               | : Ver estudio Geotécnico          |
| TALUD DE RELLENO             | : Segun clasificación de material |

**PERFIL LONGITUDINAL 19+000.00 - 20+000.00**  
**ESCALA: H=1:4000 V=1:400**



**LEYENDA**

|                  |  |                    |  |
|------------------|--|--------------------|--|
| NORTE MAGNÉTICO  |  | EJE - ALINEAMIENTO |  |
| CURVA MADRE      |  | KILOMETRAJE        |  |
| CURVA SECUNDARIA |  | POLIGONAL          |  |
| CAMINOS          |  | ALCANTARILLA TMC   |  |
| CASAS            |  | CORTE              |  |
| QUEBRADAS        |  | RELLENO            |  |



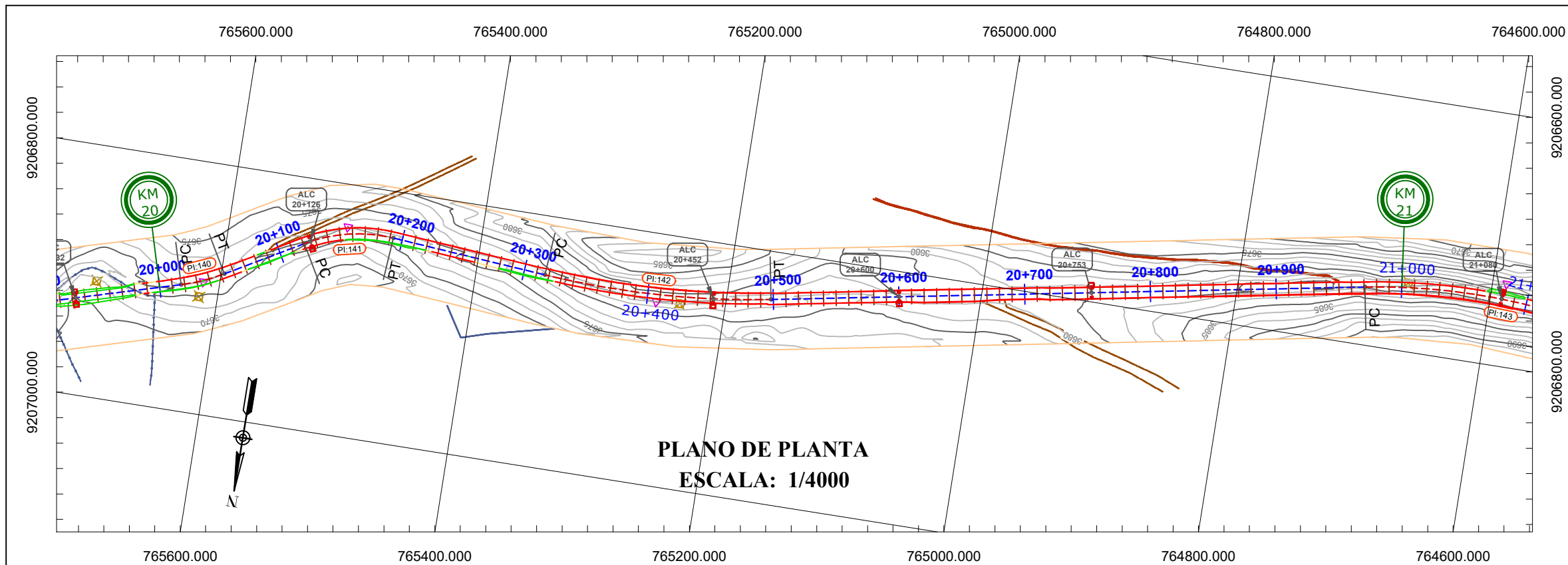
**TESIS:**  
 "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**  
 REGIÓN: CAJAMARCA  
 PROVINCIA: CAJAMARCA  
 DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**  
 Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA  
**TESISTA:**  
 Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**  
 PLANTA Y PERFIL  
**ESCALA:**  
 INDICADA

**FECHA:**  
 JULIO DEL 2024  
**PLANO:**  
 PP-02



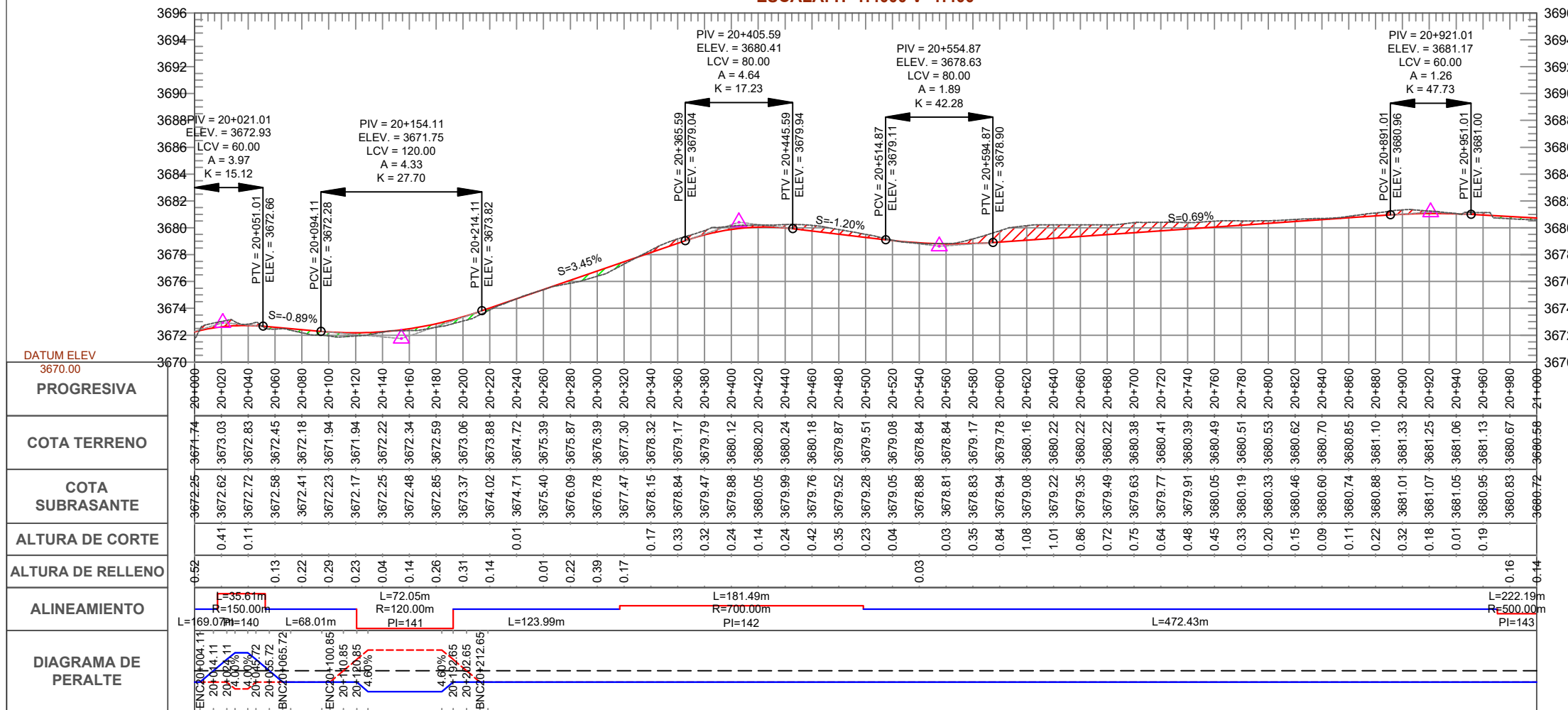
**PLANO DE PLANTA**  
**ESCALA: 1/4000**

| TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA |               |         |           |           |        |        |        |       |       |
|-----------------------------|---------------|---------|-----------|-----------|--------|--------|--------|-------|-------|
| PI                          | RUMBO         | SENTIDO | Δ         | RADIO (m) | T (m)  | L (m)  | LC (m) | E (m) | M (m) |
| PI:140                      | S67° 01' 58"W | I       | 13°36'02" | 150.00    | 17.89  | 35.61  | 35.52  | 1.06  | 1.06  |
| PI:141                      | S77° 25' 55"W | D       | 34°23'57" | 120.00    | 37.15  | 72.05  | 70.97  | 5.62  | 5.37  |
| PI:142                      | S87° 12' 14"W | I       | 14°51'19" | 700.00    | 91.26  | 181.49 | 180.98 | 5.92  | 5.87  |
| PI:143                      | N87° 29' 35"W | D       | 25°27'41" | 500.00    | 112.96 | 222.19 | 220.37 | 12.60 | 12.29 |

|        | PC        | PI        | PT        | PI Norte     | PI Este     | P(%)   | Sa (m) |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------|--------|
| PI:140 | 20+017.11 | 20+035.00 | 20+052.72 | 9206894.9414 | 765613.0175 | -4.00% | 0.60   |
| PI:141 | 20+120.73 | 20+157.87 | 20+192.77 | 9206833.8520 | 765506.2096 | 4.60%  | 0.80   |
| PI:142 | 20+316.76 | 20+408.02 | 20+498.25 | 9206854.2314 | 765254.6447 | 0.00%  | -      |
| PI:143 | 20+970.68 | 21+083.64 | 21+192.87 | 9206734.1308 | 764588.7410 | 0.00%  | -      |

| DATOS DE DISEÑO              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| INDICE MEDIO DIARIO          | : Ver estudio de tráfico          |
| VELOCIDAD DIRECTRIZ          | : 30 Km/H                         |
| PENDIENTE MINIMA             | : 0.5 %                           |
| PENDIENTE MAXIMA             | : 10.00 %                         |
| PENDIENTE MAXIMA EXCEPCIONAL | : 12.00 %                         |
| RADIO MINIMO CURVATURA       | : 30.00 m                         |
| RADIO MINIMO EXCEPCIONAL     | : 15.00 m                         |
| ANCHO DE CALZADA             | : 6.00 m                          |
| BOMBEO CALZADA %             | : 2.50 %                          |
| ANCHO DE BERMA               | : 0.50 m                          |
| BOMBEO BERMA %               | : 4.00 %                          |
| PERALTE MINIMO               | : 2.20 %                          |
| PERALTE MAXIMO               | : 8.00 %                          |
| TALUD DE CORTE               | : Ver estudio Geotécnico          |
| TALUD DE RELLENO             | : Segun clasificación de material |

**PERFIL LONGITUDINAL 20+000.00 - 21+000.00**  
**ESCALA: H:1:4000 V:1:400**



**LEYENDA**

- NORTE MAGNÉTICO: [Symbol]
- CURVA MADRE: [Symbol]
- CURVA SECUNDARIA: [Symbol]
- CAMINOS: [Symbol]
- CASAS: [Symbol]
- QUEBRADAS: [Symbol]
- EJE - ALINEAMIENTO: [Symbol]
- KILOMETRAJE: [Symbol]
- POLIGONAL: [Symbol]
- ALCANTARILLA TMC: [Symbol]
- CORTE: [Symbol]
- RELLENO: [Symbol]



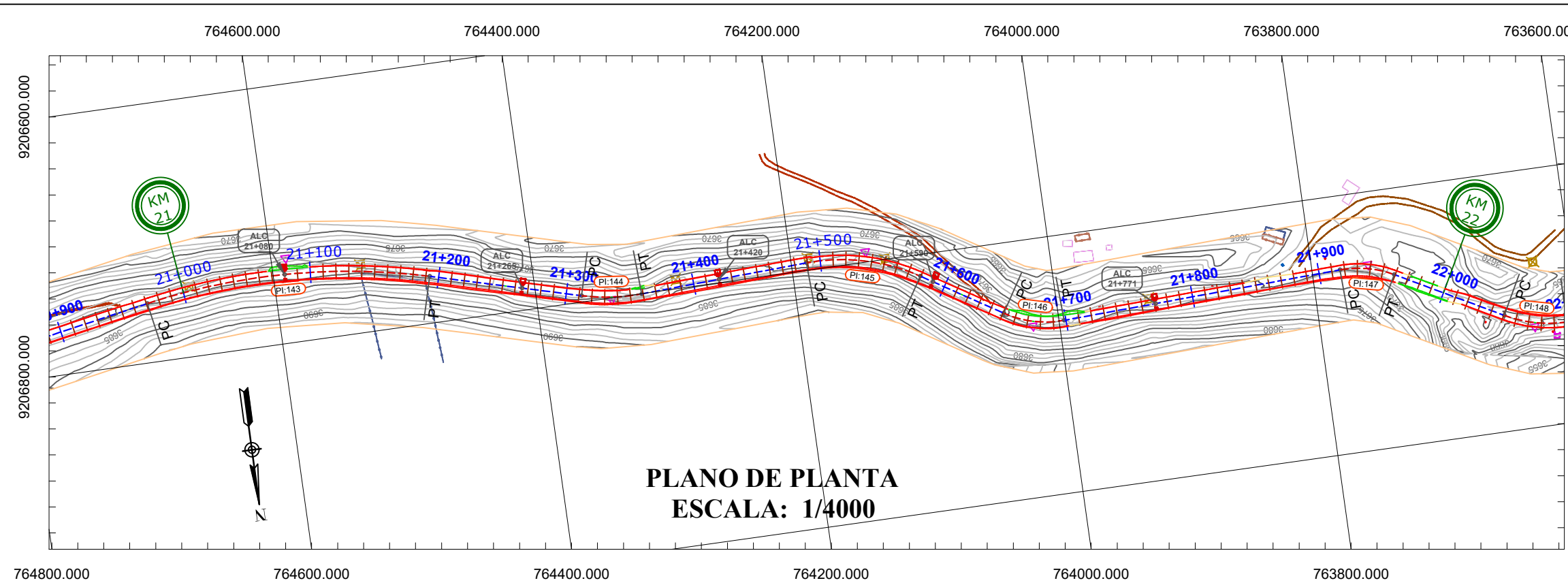
**TESIS:**  
"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**  
REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**  
Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA  
**TESISTA:**  
Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**  
PLANTA Y PERFIL  
**ESCALA:**  
INDICADA

**FECHA:**  
JULIO DEL 2024  
**PLANO:**  
PP-03

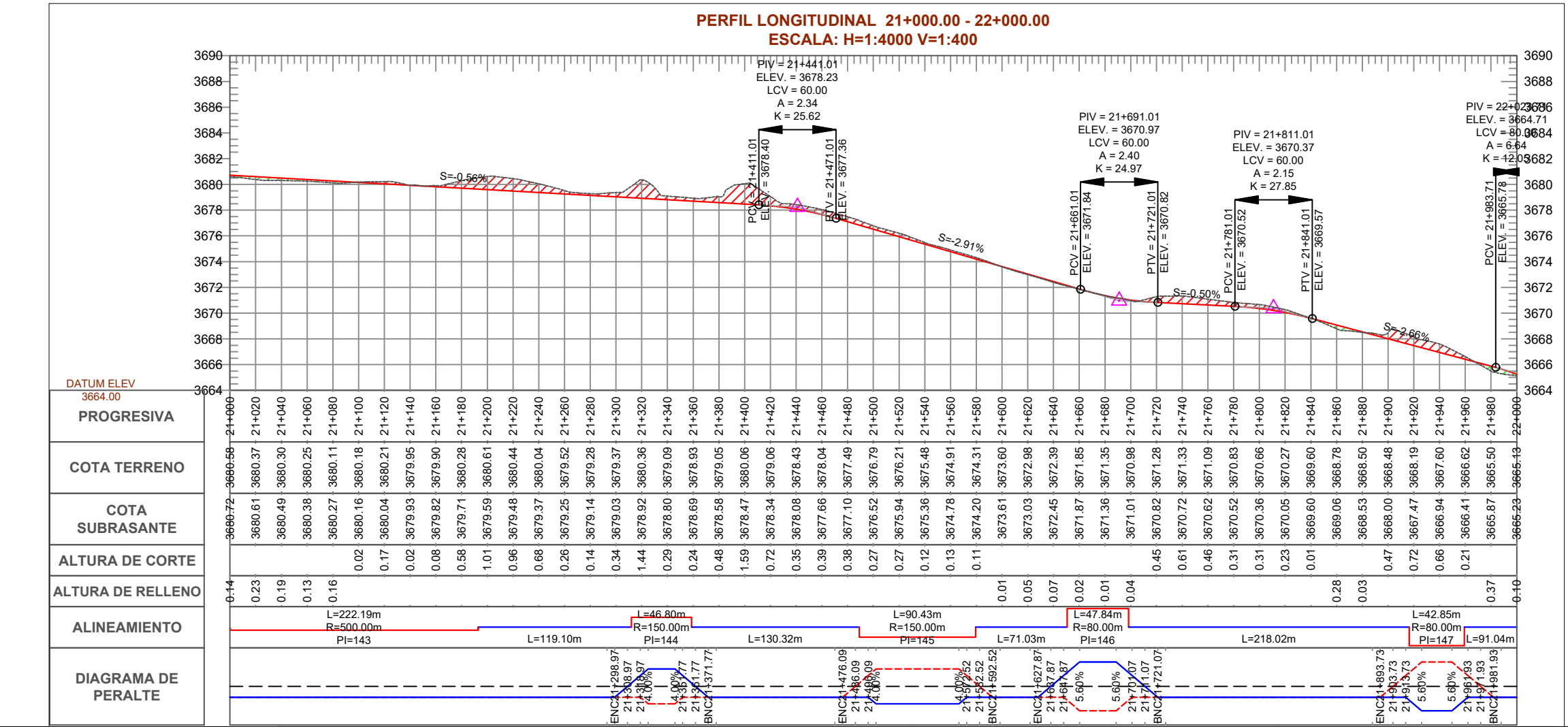


**PLANO DE PLANTA**  
**ESCALA: 1/4000**

| TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA |               |         |             |           |       |       |        |       |       |
|-----------------------------|---------------|---------|-------------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|
| PI                          | RUMBO         | SENTIDO | Δ           | RADIO (m) | T (m) | L (m) | LC (m) | E (m) | M (m) |
| PI:144                      | N83° 42' 02"W | I       | 17° 52' 33" | 150.00    | 23.59 | 46.80 | 46.61  | 1.84  | 1.82  |
| PI:145                      | N75° 22' 05"W | D       | 34° 32' 26" | 150.00    | 46.63 | 90.43 | 89.06  | 7.08  | 6.76  |
| PI:146                      | N75° 13' 40"W | I       | 34° 15' 36" | 80.00     | 24.66 | 47.84 | 47.13  | 3.71  | 3.55  |
| PI:147                      | N77° 00' 50"W | D       | 30° 41' 17" | 80.00     | 21.95 | 42.85 | 42.34  | 2.96  | 2.85  |

| PC     | PI        | PT        | PI Norte  | PI Este      | P(%)        | Sa (m) |      |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------|------|
| PI:144 | 21+311.97 | 21+335.57 | 21+358.77 | 9206801.3217 | 764342.0752 | -4.00% | 0.60 |
| PI:145 | 21+489.09 | 21+535.73 | 21+579.52 | 9206792.0902 | 764141.7437 | 4.00%  | 0.60 |
| PI:146 | 21+650.55 | 21+675.21 | 21+698.39 | 9206867.3043 | 764020.9171 | -5.60% | 1.00 |
| PI:147 | 21+916.41 | 21+938.36 | 21+959.25 | 9206856.4173 | 763756.5147 | 5.60%  | 1.00 |

| DATOS DE DISEÑO             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| INDICE MEDIO DIARIO         | : Ver estudio de tráfico          |
| VELOCIDAD DIRECTRIZ         | : 30 Km/H                         |
| PENDIENTE MINIMA            | : 0.5 %                           |
| PENDIENTE MAXIMA            | : 10.00 %                         |
| PENDIENTE MAXIMA EXEPCIONAL | : 12.00 %                         |
| RADIO MINIMO CURVATURA      | : 30.00 m                         |
| RADIO MINIMO EXEPCIONAL     | : 15.00 m                         |
| ANCHO DE CALZADA            | : 6.00 m                          |
| BOMBEO CALZADA %            | : 2.50 %                          |
| ANCHO DE BERMA              | : 0.50 m                          |
| BOMBEO BERMA %              | : 4.00 %                          |
| PERALTE MINIMO              | : 2.20 %                          |
| PERALTE MAXIMO              | : 8.00 %                          |
| TALUD DE CORTE              | : Ver estudio Geotécnico          |
| TALUD DE RELLENO            | : Segun clasificación de material |



**LEYENDA**

- NORTE MAGNÉTICO: [Symbol]
- CURVA MADRE: [Symbol]
- CURVA SECUNDARIA: [Symbol]
- CAMINOS: [Symbol]
- CASAS: [Symbol]
- QUEBRADAS: [Symbol]
- EJE - ALINEAMIENTO: [Symbol]
- KILOMETRAJE: [Symbol]
- POLIGONAL: [Symbol]
- ALCANTARILLA TMC: [Symbol]
- CORTE: [Symbol]
- RELLENO: [Symbol]



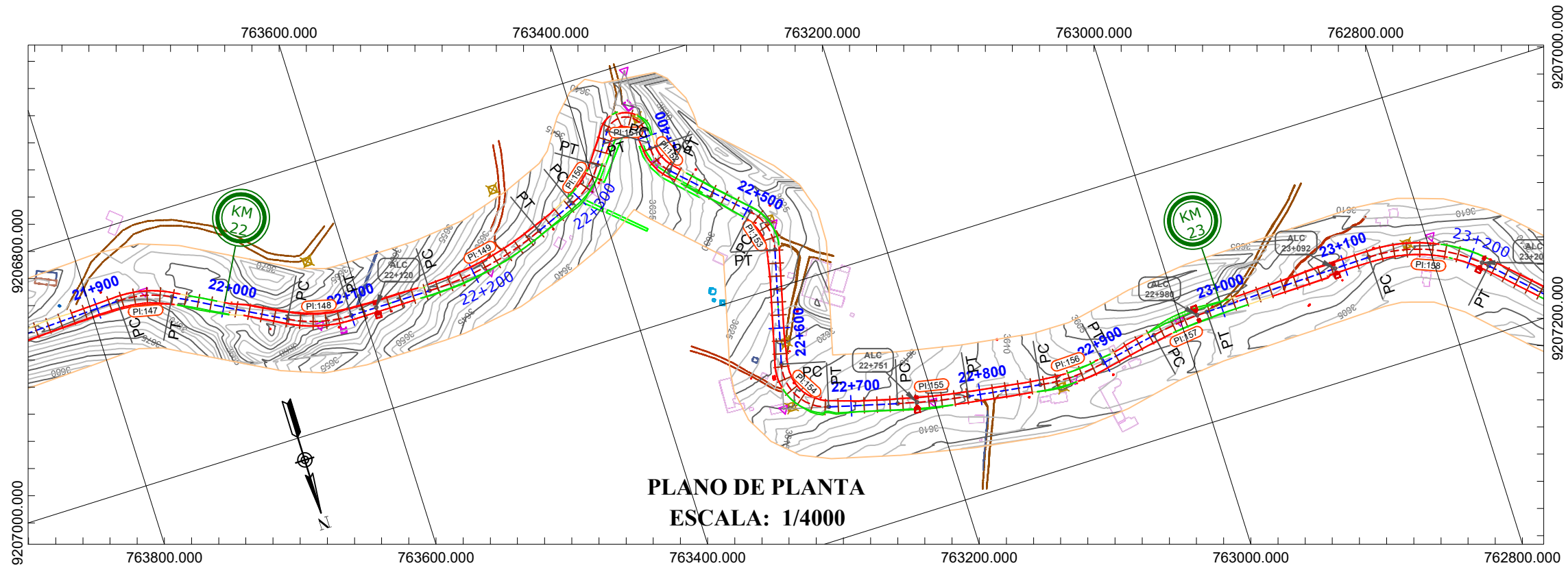
**TESIS:**  
"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**  
REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**  
Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA  
**TESISTA:**  
Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**  
PLANTA Y PERFIL  
**ESCALA:**  
INDICADA

**FECHA:**  
JULIO DEL 2024  
**PLANO:**  
PP-04



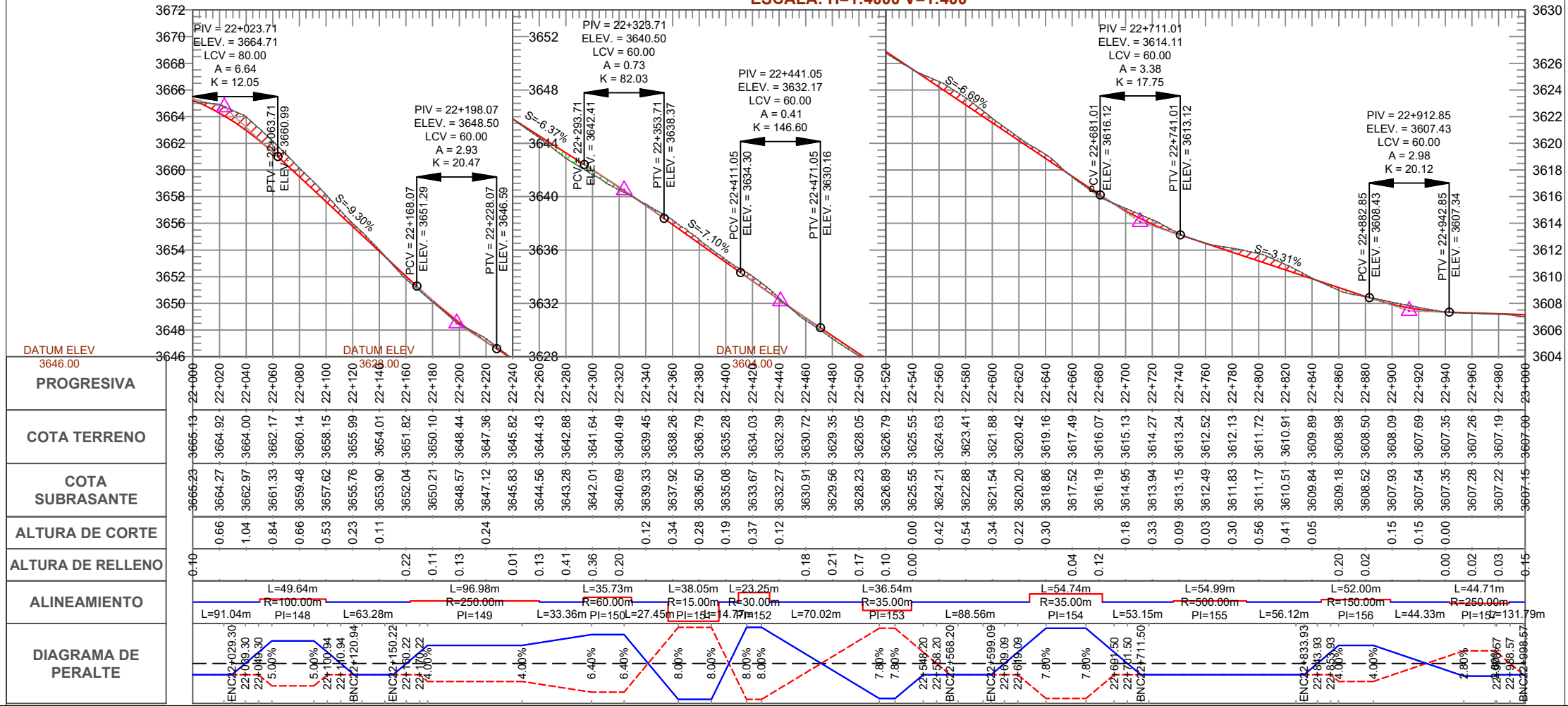
**PLANO DE PLANTA**  
**ESCALA: 1/4000**

| TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA |               |         |            |           |       |       |        |       |       |
|-----------------------------|---------------|---------|------------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|
| PI                          | RUMBO         | SENTIDO | Δ          | RADIO (m) | T (m) | L (m) | LC (m) | E (m) | M (m) |
| PI:148                      | N75° 53' 29"W | I       | 28°26'36"  | 100.00    | 25.34 | 49.64 | 49.13  | 3.16  | 3.06  |
| PI:149                      | S78° 46' 25"W | I       | 22°13'37"  | 250.00    | 49.11 | 96.98 | 96.38  | 4.78  | 4.69  |
| PI:150                      | S50° 35' 59"W | I       | 34°07'15"  | 60.00     | 18.41 | 35.73 | 35.21  | 2.76  | 2.64  |
| PI:151                      | N73° 47' 26"W | D       | 145°20'25" | 15.00     | 48.07 | 38.05 | 28.64  | 35.36 | 10.53 |
| PI:152                      | N23° 19' 33"W | I       | 44°24'38"  | 30.00     | 12.25 | 23.25 | 22.68  | 2.40  | 2.22  |
| PI:153                      | N15° 37' 34"W | D       | 59°48'37"  | 35.00     | 20.13 | 36.54 | 34.90  | 5.38  | 4.66  |
| PI:154                      | N30° 31' 20"W | I       | 89°36'10"  | 35.00     | 34.76 | 54.74 | 49.33  | 14.33 | 10.17 |
| PI:155                      | N78° 28' 28"W | I       | 6°18'05"   | 500.00    | 27.52 | 54.99 | 54.96  | 0.76  | 0.76  |
| PI:156                      | S88° 26' 40"W | I       | 19°51'38"  | 150.00    | 26.26 | 52.00 | 51.74  | 2.28  | 2.25  |
| PI:157                      | S83° 38' 17"W | D       | 10°14'52"  | 250.00    | 22.42 | 44.71 | 44.65  | 1.00  | 1.00  |

| PC     | PI        | PT        | PI Norte  | PI Este      | P(%)        | Sa (m) |      |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------|------|
| PI:148 | 22+050.30 | 22+075.64 | 22+099.94 | 9206922.0670 | 763634.7442 | -5.00% | 0.90 |
| PI:149 | 22+163.22 | 22+212.33 | 22+260.20 | 9206921.7956 | 763497.0162 | -4.00% | 0.40 |
| PI:150 | 22+293.55 | 22+311.97 | 22+329.29 | 9206883.4523 | 763403.7103 | -6.40% | 1.30 |
| PI:151 | 22+356.73 | 22+404.81 | 22+394.78 | 9206805.1591 | 763351.8119 | 8.00%  | 2.80 |
| PI:152 | 22+409.55 | 22+421.80 | 22+432.80 | 9206880.2287 | 763350.3435 | -8.00% | 1.20 |
| PI:153 | 22+502.83 | 22+522.96 | 22+539.36 | 9206951.9620 | 763277.2676 | 7.80%  | 2.10 |
| PI:154 | 22+627.93 | 22+662.69 | 22+682.66 | 9207090.9826 | 763312.6495 | -7.80% | 2.10 |
| PI:155 | 22+735.82 | 22+763.34 | 22+790.81 | 9207120.2283 | 763200.9828 | 0.00%  | -    |
| PI:156 | 22+846.93 | 22+873.19 | 22+898.93 | 9207136.2363 | 763092.2459 | -4.00% | 0.60 |
| PI:157 | 22+943.26 | 22+965.67 | 22+987.97 | 9207117.7156 | 763001.0990 | 2.80%  | 0.40 |

| DATOS DE DISEÑO              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| INDICE MEDIO DIARIO          | : Ver estudio de tráfico          |
| VELOCIDAD DIRECTRIZ          | : 30 Km/H                         |
| PENDIENTE MINIMA             | : 0.5 %                           |
| PENDIENTE MAXIMA             | : 10.00 %                         |
| PENDIENTE MAXIMA EXCEPCIONAL | : 12.00 %                         |
| RADIO MINIMO CURVATURA       | : 30.00 m                         |
| RADIO MINIMO EXCEPCIONAL     | : 15.00 m                         |
| ANCHO DE CALZADA             | : 6.00 m                          |
| BOMBEO CALZADA %             | : 2.50 %                          |
| ANCHO DE BERMA               | : 0.50 m                          |
| BOMBEO BERMA %               | : 4.00 %                          |
| PERALTE MINIMO               | : 2.20 %                          |
| PERALTE MAXIMO               | : 8.00 %                          |
| TALUD DE CORTE               | : Ver estudio Geotécnico          |
| TALUD DE RELLENO             | : Segun clasificación de material |

**PERFIL LONGITUDINAL 22+000.00 - 23+000.00**  
**ESCALA: H:1:4000 V:1:400**



**LEYENDA**

- NORTE MAGNÉTICO: [Symbol]
- CURVA MADRE: [Symbol]
- CURVA SECUNDARIA: [Symbol]
- CAMINOS: [Symbol]
- CASAS: [Symbol]
- QUEBRADAS: [Symbol]
- EJE - ALINEAMIENTO: [Symbol]
- KILOMETRAJE: [Symbol]
- POLIGONAL: [Symbol]
- ALCANTARILLA TMC: [Symbol]
- CORTE: [Symbol]
- RELLENO: [Symbol]



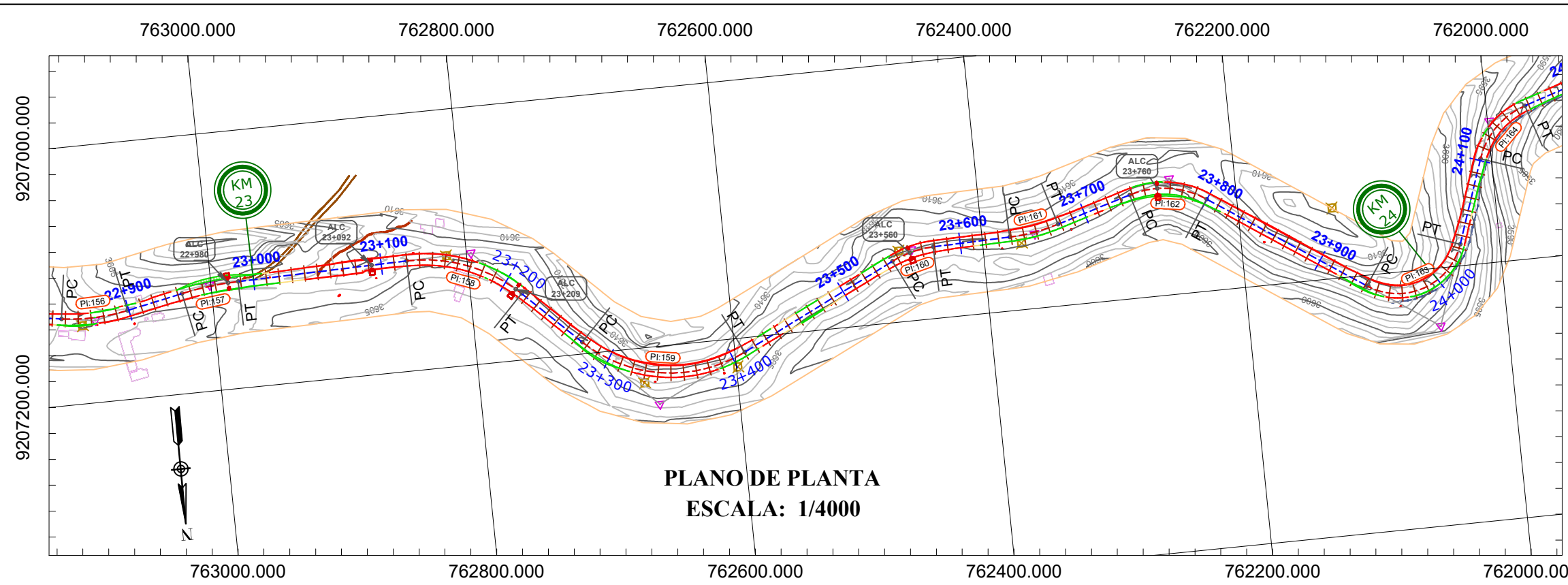
**TESIS:**  
"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**  
**REGIÓN:** CAJAMARCA  
**PROVINCIA:** CAJAMARCA  
**DISTRITOS:** CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**  
Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA  
**TESISTA:**  
Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**  
PLANTA Y PERFIL  
**ESCALA:**  
INDICADA

**FECHA:**  
JULIO DEL 2024  
**PLANO:**  
PP-05

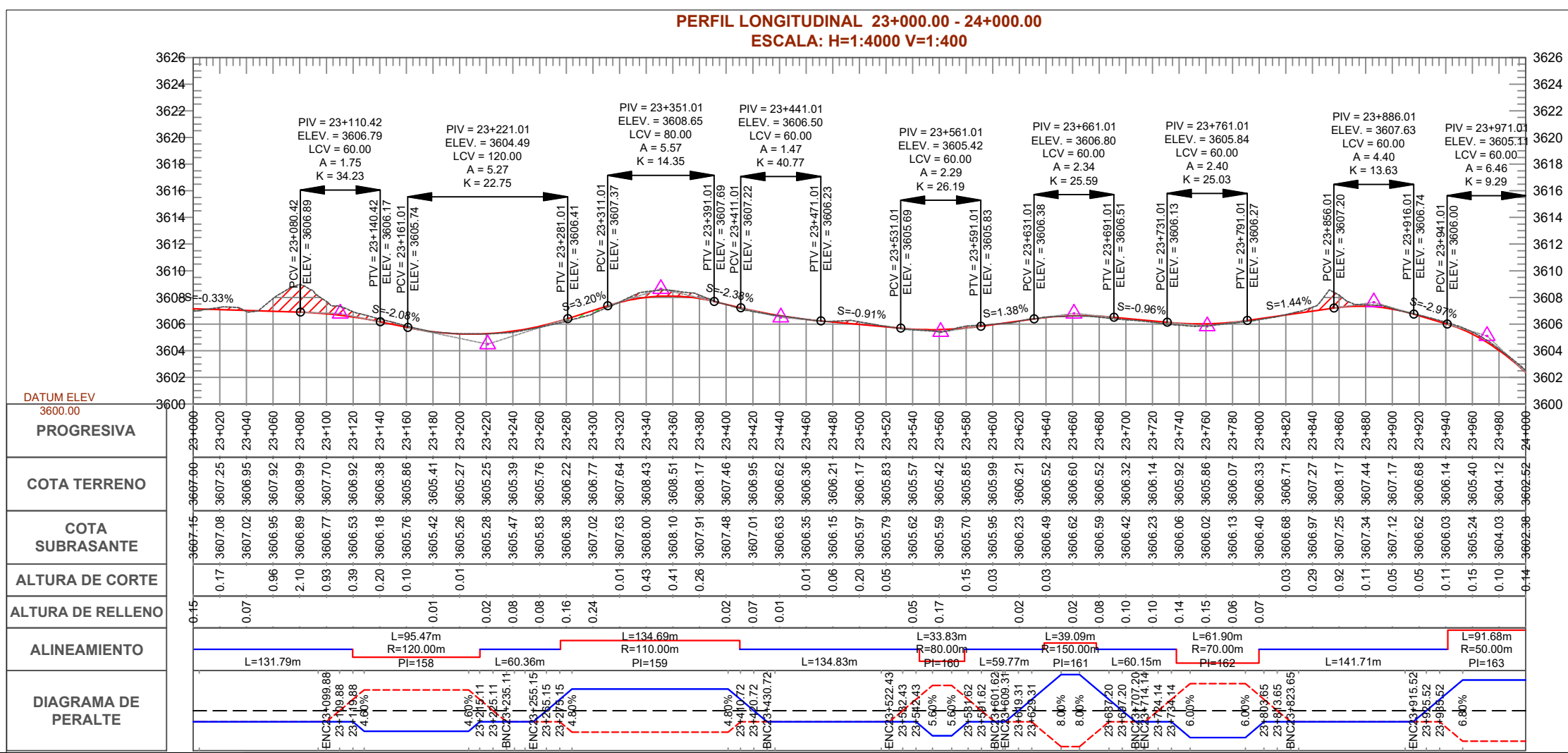


**PLANO DE PLANTA**  
ESCALA: 1/4000

| TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA |               |         |            |           |       |        |        |       |       |
|-----------------------------|---------------|---------|------------|-----------|-------|--------|--------|-------|-------|
| PI                          | RUMBO         | SENTIDO | $\Delta$   | RADIO (m) | T (m) | L (m)  | LC (m) | E (m) | M (m) |
| PI:158                      | N68° 26' 49"W | D       | 45°34'55"  | 120.00    | 50.42 | 95.47  | 92.97  | 10.16 | 9.37  |
| PI:159                      | N80° 43' 58"W | I       | 70°09'13"  | 110.00    | 77.24 | 134.69 | 126.43 | 24.41 | 19.98 |
| PI:160                      | S76° 18' 18"W | D       | 24°13'45"  | 80.00     | 17.17 | 33.83  | 33.58  | 1.82  | 1.78  |
| PI:161                      | S80° 57' 13"W | I       | 14°55'54"  | 150.00    | 19.66 | 39.09  | 38.98  | 1.28  | 1.27  |
| PI:162                      | N81° 10' 39"W | D       | 50°40'09"  | 70.00     | 33.14 | 61.90  | 59.91  | 7.45  | 6.73  |
| PI:163                      | S71° 37' 42"W | I       | 105°03'28" | 50.00     | 65.23 | 91.68  | 79.37  | 32.19 | 19.58 |

| PC     | PI        | PT        | PI Norte  | PI Este      | P(%)        | Sa (m) |      |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------|------|
| PI:158 | 23+119.76 | 23+170.19 | 23+215.23 | 9207113.2943 | 762796.5164 | 4.60%  | 0.80 |
| PI:159 | 23+275.59 | 23+352.83 | 23+410.28 | 9207244.7159 | 762662.0499 | -4.80% | 0.90 |
| PI:160 | 23+545.11 | 23+562.28 | 23+578.94 | 9207144.9045 | 762455.6695 | 5.60%  | 1.00 |
| PI:161 | 23+638.71 | 23+658.36 | 23+677.80 | 9207142.2402 | 762359.1102 | -4.00% | 0.60 |
| PI:162 | 23+737.94 | 23+771.09 | 23+799.85 | 9207110.1396 | 762250.8247 | 6.00%  | 1.20 |
| PI:163 | 23+941.56 | 24+006.79 | 24+033.24 | 9207244.9348 | 762052.1598 | -6.80% | 1.50 |

| DATOS DE DISEÑO             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| INDICE MEDIO DIARIO         | : Ver estudio de tráfico          |
| VELOCIDAD DIRECTRIZ         | : 30 Km/H                         |
| PENDIENTE MINIMA            | : 0.5 %                           |
| PENDIENTE MAXIMA            | : 10.00 %                         |
| PENDIENTE MAXIMA EXEPCIONAL | : 12.00 %                         |
| RADIO MINIMO CURVATURA      | : 30.00 m                         |
| RADIO MINIMO EXEPCIONAL     | : 15.00 m                         |
| ANCHO DE CALZADA            | : 6.00 m                          |
| BOMBEO CALZADA %            | : 2.50 %                          |
| ANCHO DE BERMA              | : 0.50 m                          |
| BOMBEO BERMA %              | : 4.00 %                          |
| PERALTE MINIMO              | : 2.20 %                          |
| PERALTE MAXIMO              | : 8.00 %                          |
| TALUD DE CORTE              | : Ver estudio Geotécnico          |
| TALUD DE RELLENO            | : Segun clasificación de material |



| LEYENDA            |  |
|--------------------|--|
| NORTE MAGNÉTICO    |  |
| CURVA MADRE        |  |
| CURVA SECUNDARIA   |  |
| CAMINOS            |  |
| CASAS              |  |
| QUEBRADAS          |  |
| EJE - ALINEAMIENTO |  |
| KILOMETRAJE        |  |
| POLIGONAL          |  |
| ALCANTARILLA TMC   |  |
| CORTE              |  |
| RELLENO            |  |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**TESIS:**  
"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**  
REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**  
Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

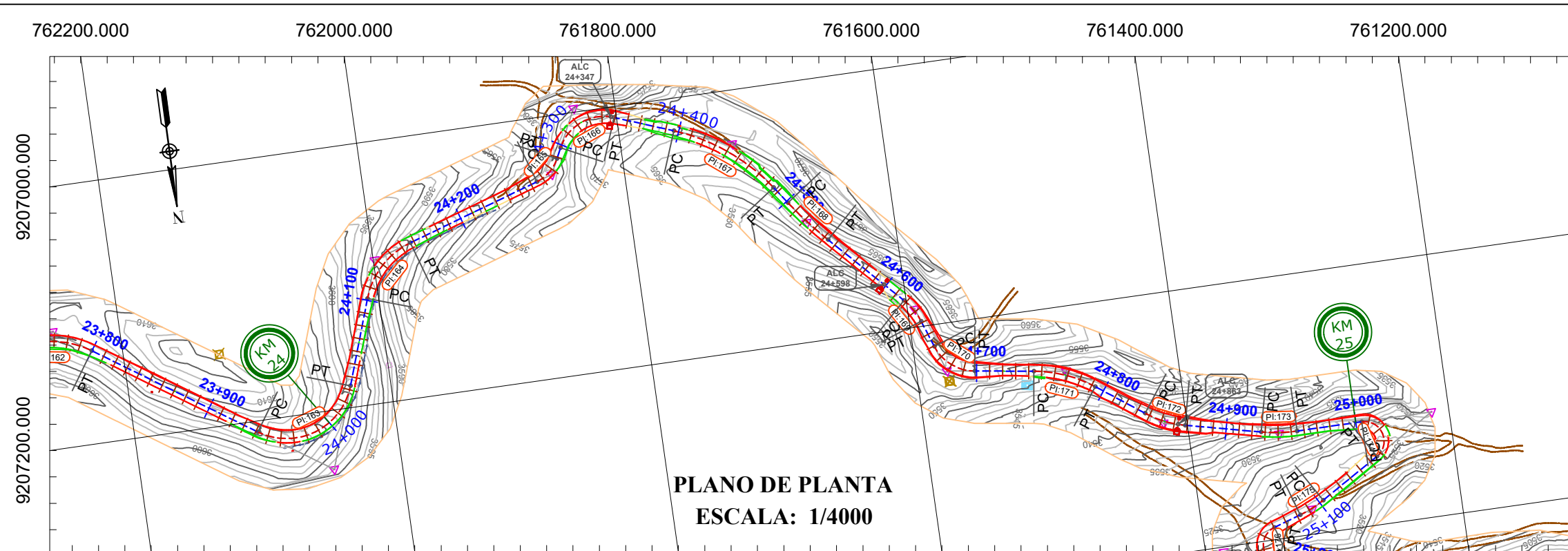
**TESISTA:**  
Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**  
PLANTA Y PERFIL

**ESCALA:**  
INDICADA

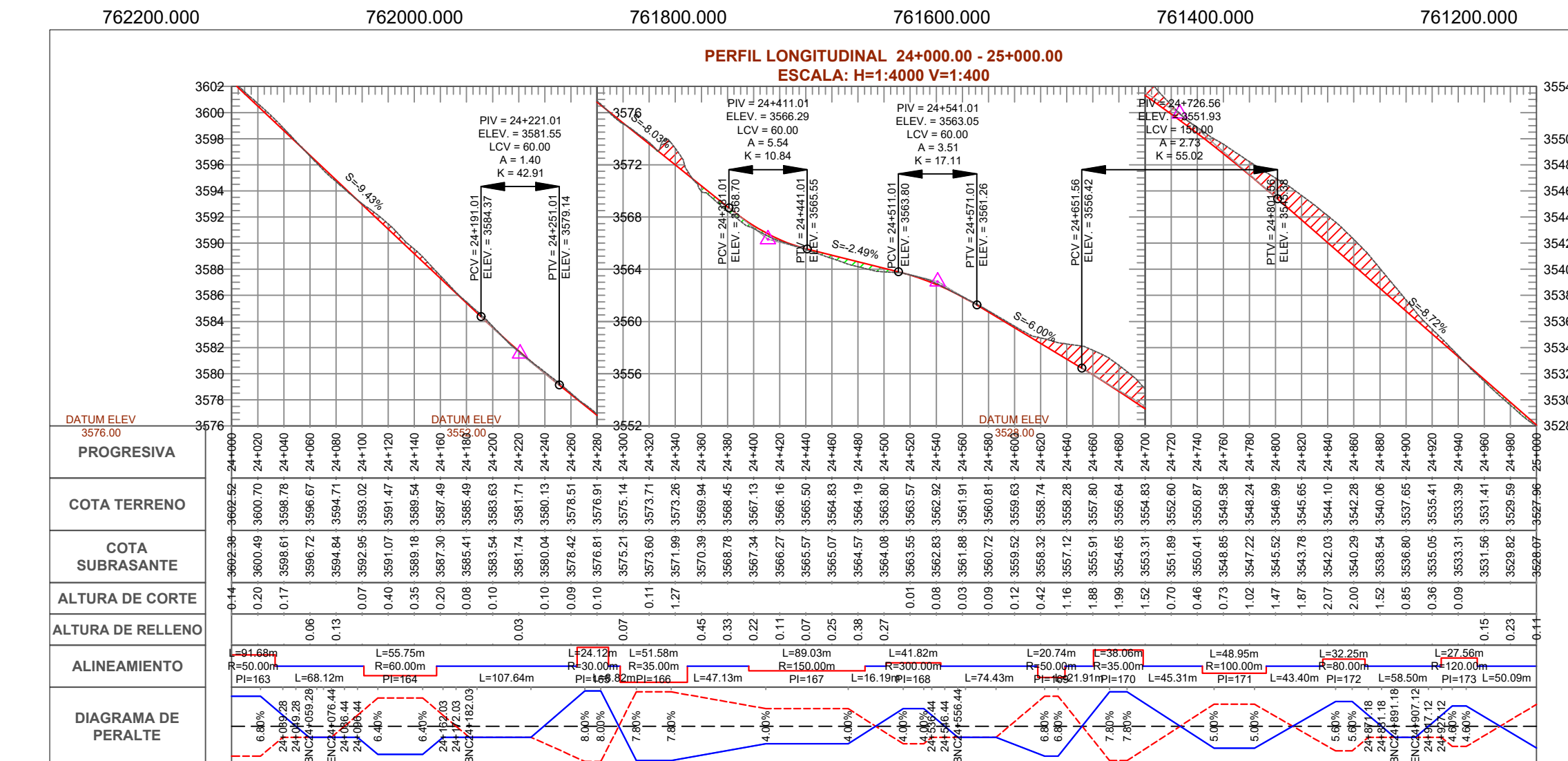
**FECHA:**  
JULIO DEL 2024

**PLANO:**  
PP-06

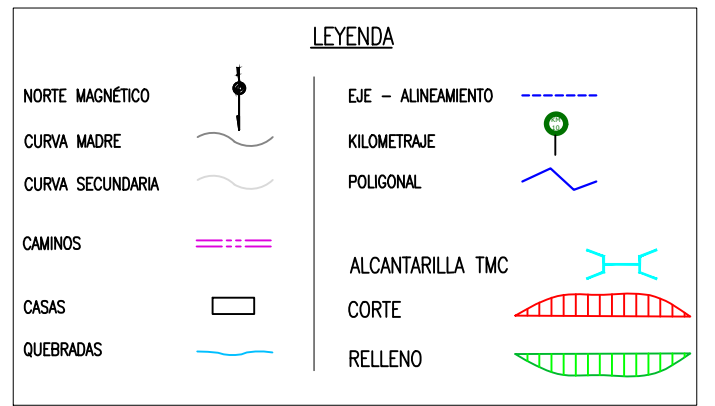


| TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA |                |         |              |           |       |       |        |       |       |
|-----------------------------|----------------|---------|--------------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|
| PI                          | RUMBO          | SENTIDO | Δ            | RADIO (m) | T (m) | L (m) | LC (m) | E (m) | M (m) |
| PI-163                      | S71° 37' 42" W | I       | 105° 03' 28" | 50.00     | 65.23 | 91.68 | 79.37  | 32.19 | 19.58 |
| PI-164                      | S45° 43' 13" W | D       | 53° 14' 30"  | 60.00     | 30.07 | 55.75 | 53.77  | 7.11  | 6.36  |
| PI-165                      | S49° 18' 28" W | I       | 46° 04' 00"  | 30.00     | 12.75 | 24.12 | 23.48  | 2.60  | 2.39  |
| PI-166                      | S68° 29' 32" W | D       | 84° 26' 08"  | 35.00     | 31.76 | 51.58 | 47.04  | 12.26 | 9.08  |
| PI-167                      | N52° 17' 09" W | D       | 34° 00' 29"  | 150.00    | 45.87 | 89.03 | 87.73  | 6.86  | 6.56  |
| PI-168                      | N39° 16' 31" W | I       | 7° 59' 13"   | 300.00    | 20.94 | 41.82 | 41.79  | 0.73  | 0.73  |
| PI-169                      | N31° 23' 02" W | D       | 23° 46' 12"  | 50.00     | 10.52 | 20.74 | 20.59  | 1.10  | 1.07  |
| PI-170                      | N50° 39' 03" W | I       | 62° 18' 15"  | 35.00     | 21.16 | 38.06 | 36.21  | 5.90  | 5.05  |
| PI-171                      | N67° 46' 47" W | D       | 28° 02' 47"  | 100.00    | 24.98 | 48.95 | 48.46  | 3.07  | 2.98  |
| PI-172                      | N65° 18' 19" W | I       | 23° 05' 52"  | 80.00     | 16.35 | 32.25 | 32.03  | 1.65  | 1.62  |
| PI-173                      | N83° 26' 00" W | I       | 13° 09' 29"  | 120.00    | 13.84 | 27.56 | 27.50  | 0.80  | 0.79  |

| PC     | PI        | PT        | PI Norte  | PI Este      | P(%)        | Sa (m) |      |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------|------|
| PI-163 | 23+941.56 | 24+006.79 | 24+033.24 | 9207244.9348 | 762052.1598 | -6.80% | 1.50 |
| PI-164 | 24+101.36 | 24+131.43 | 24+157.11 | 9207090.5067 | 761998.6861 | 6.40%  | 1.30 |
| PI-165 | 24+264.75 | 24+277.51 | 24+288.87 | 9207044.8622 | 761855.3077 | -8.00% | 2.40 |
| PI-166 | 24+297.69 | 24+329.45 | 24+349.27 | 9206997.0452 | 761831.7016 | 7.80%  | 2.10 |
| PI-167 | 24+396.40 | 24+442.27 | 24+485.43 | 9207041.1635 | 761715.0080 | 4.00%  | 0.60 |
| PI-168 | 24+501.62 | 24+522.56 | 24+543.44 | 9207108.9180 | 761667.0673 | -4.00% | 0.40 |
| PI-169 | 24+617.87 | 24+628.39 | 24+638.61 | 9207186.0279 | 761594.4817 | 6.80%  | 1.50 |
| PI-170 | 24+660.52 | 24+681.68 | 24+698.58 | 9207236.5483 | 761576.5926 | -7.80% | 2.10 |
| PI-171 | 24+743.90 | 24+768.87 | 24+792.85 | 9207249.5863 | 761486.0824 | 5.00%  | 0.90 |
| PI-172 | 24+836.25 | 24+852.60 | 24+868.50 | 9207299.6782 | 761417.7495 | -5.60% | 1.00 |
| PI-173 | 24+927.00 | 24+940.84 | 24+954.56 | 9207319.8491 | 761331.3830 | -4.60% | 0.80 |



| DATOS DE DISEÑO              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| INDICE MEDIO DIARIO          | : Ver estudio de tráfico          |
| VELOCIDAD DIRECTRIZ          | : 30 Km/H                         |
| PENDIENTE MINIMA             | : 0.5 %                           |
| PENDIENTE MAXIMA             | : 10.00 %                         |
| PENDIENTE MAXIMA EXCEPCIONAL | : 12.00 %                         |
| RADIO MINIMO CURVATURA       | : 30.00 m                         |
| RADIO MINIMO EXCEPCIONAL     | : 15.00 m                         |
| ANCHO DE CALZADA             | : 6.00 m                          |
| BOMBEO CALZADA %             | : 2.50 %                          |
| ANCHO DE BERMA               | : 0.50 m                          |
| BOMBEO BERMA %               | : 4.00 %                          |
| PERALTE MINIMO               | : 2.20 %                          |
| PERALTE MAXIMO               | : 8.00 %                          |
| TALUD DE CORTE               | : Ver estudio Geotécnico          |
| TALUD DE RELLENO             | : Segun clasificación de material |



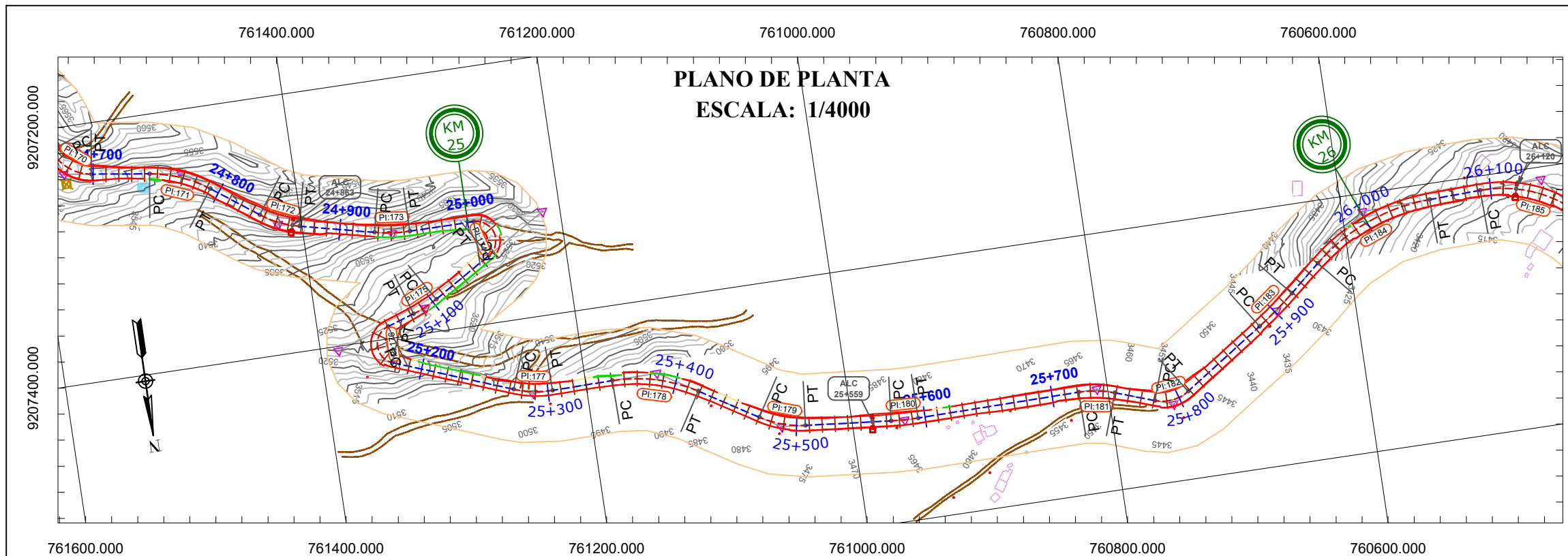
**TESIS:**  
"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

**UBICACIÓN:**  
REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**  
Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA  
**TESISTA:**  
Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**  
PLANTA Y PERFIL  
**ESCALA:**  
INDICADA

**FECHA:**  
JULIO DEL 2024  
**PLANO:**  
PP-07



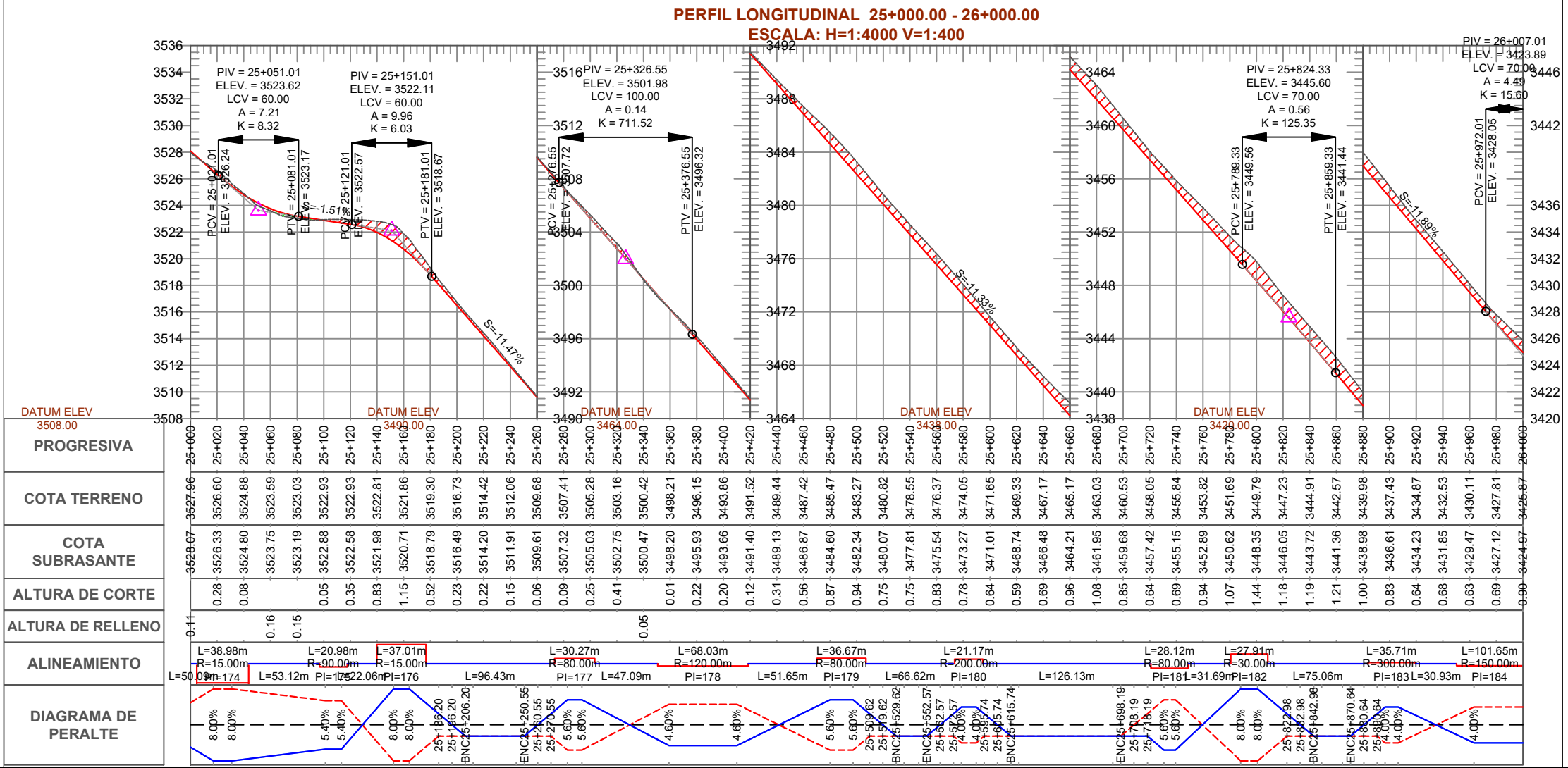
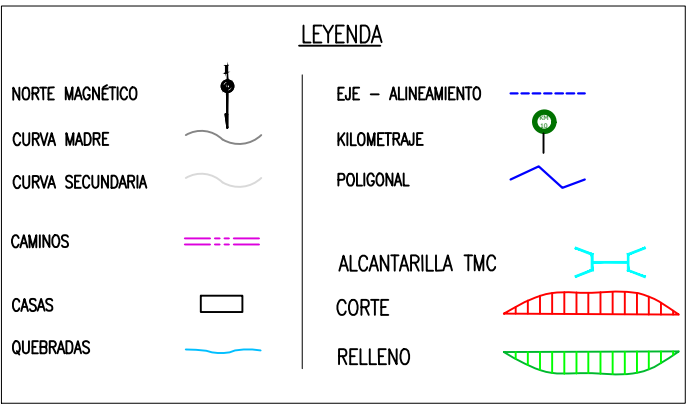
#### TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA

| PI     | RUMBO         | SENTIDO | Δ          | RADIO (m) | T (m) | L (m)  | LC (m) | E (m) | M (m) |
|--------|---------------|---------|------------|-----------|-------|--------|--------|-------|-------|
| PI:174 | N15° 33' 50"W | D       | 148°53'48" | 15.00     | 53.90 | 38.98  | 28.90  | 40.95 | 10.98 |
| PI:175 | N65° 33' 45"E | D       | 13°21'22"  | 90.00     | 10.54 | 20.98  | 20.93  | 0.61  | 0.61  |
| PI:176 | N1° 33' 41"E  | I       | 141°21'30" | 15.00     | 42.78 | 37.01  | 28.31  | 30.34 | 10.04 |
| PI:177 | N79° 57' 30"W | I       | 21°40'50"  | 80.00     | 15.32 | 30.27  | 30.09  | 1.45  | 1.43  |
| PI:178 | N74° 33' 23"W | D       | 32°29'03"  | 120.00    | 34.96 | 68.03  | 67.13  | 4.99  | 4.79  |
| PI:179 | N71° 26' 44"W | I       | 26°15'44"  | 80.00     | 18.66 | 36.67  | 36.35  | 2.15  | 2.09  |
| PI:180 | N87° 36' 32"W | I       | 6°03'52"   | 200.00    | 10.59 | 21.17  | 21.16  | 0.28  | 0.28  |
| PI:181 | N80° 34' 17"W | D       | 20°08'22"  | 80.00     | 14.21 | 28.12  | 27.98  | 1.25  | 1.23  |
| PI:182 | S82° 50' 51"W | I       | 53°18'05"  | 30.00     | 15.06 | 27.91  | 26.91  | 3.57  | 3.19  |
| PI:183 | S52° 47' 11"W | I       | 6°49'15"   | 300.00    | 17.88 | 35.71  | 35.69  | 0.53  | 0.53  |
| PI:184 | S68° 47' 24"W | D       | 38°49'42"  | 150.00    | 52.86 | 101.65 | 99.72  | 9.04  | 8.53  |

|        | PC        | PI        | PT        | PI Norte     | PI Este     | P(%)   | Sa (m) |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------|--------|
| PI:174 | 25+004.66 | 25+058.55 | 25+043.64 | 9207319.8240 | 761213.5505 | 8.00%  | 2.80   |
| PI:175 | 25+096.75 | 25+107.29 | 25+117.73 | 9207380.5711 | 761314.1902 | 5.40%  | 0.90   |
| PI:176 | 25+139.79 | 25+182.57 | 25+176.80 | 9207403.5634 | 761385.9775 | -8.00% | 2.80   |
| PI:177 | 25+273.23 | 25+288.54 | 25+303.50 | 9207458.6454 | 761241.5968 | -5.60% | 1.00   |
| PI:178 | 25+350.59 | 25+385.55 | 25+418.63 | 9207457.2884 | 761144.2345 | 4.60%  | 0.80   |
| PI:179 | 25+470.27 | 25+488.94 | 25+506.94 | 9207512.5824 | 761054.6554 | -5.60% | 1.00   |
| PI:180 | 25+573.57 | 25+584.16 | 25+594.74 | 9207521.6446 | 760959.2034 | -4.00% | 0.50   |
| PI:181 | 25+720.87 | 25+735.07 | 25+748.99 | 9207519.9559 | 760808.2821 | 5.60%  | 1.00   |
| PI:182 | 25+780.68 | 25+795.73 | 25+808.58 | 9207540.3001 | 760750.8265 | -8.00% | 2.40   |
| PI:183 | 25+883.64 | 25+901.52 | 25+919.38 | 9207480.2190 | 760661.0892 | -4.00% | 0.40   |
| PI:184 | 25+950.29 | 26+003.16 | 26+051.94 | 9207414.0181 | 760583.9170 | 4.00%  | 0.60   |

#### DATOS DE DISEÑO

|                             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| INDICE MEDIO DIARIO         | : Ver estudio de tráfico          |
| VELOCIDAD DIRECTRIZ         | : 30 Km/H                         |
| PENDIENTE MINIMA            | : 0.5 %                           |
| PENDIENTE MAXIMA            | : 10.00 %                         |
| PENDIENTE MAXIMA EXEPCIONAL | : 12.00 %                         |
| RADIO MINIMO CURVATURA      | : 30.00 m                         |
| RADIO MINIMO EXEPCIONAL     | : 15.00 m                         |
| ANCHO DE CALZADA            | : 6.00 m                          |
| BOMBEO CALZADA %            | : 2.50 %                          |
| ANCHO DE BERMA              | : 0.50 m                          |
| BOMBEO BERMA %              | : 4.00 %                          |
| PERALTE MINIMO              | : 2.20 %                          |
| PERALTE MAXIMO              | : 8.00 %                          |
| TALUD DE CORTE              | : Ver estudio Geotécnico          |
| TALUD DE RELLENO            | : Segun clasificación de material |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**TESIS:**  
"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**  
REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**  
Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

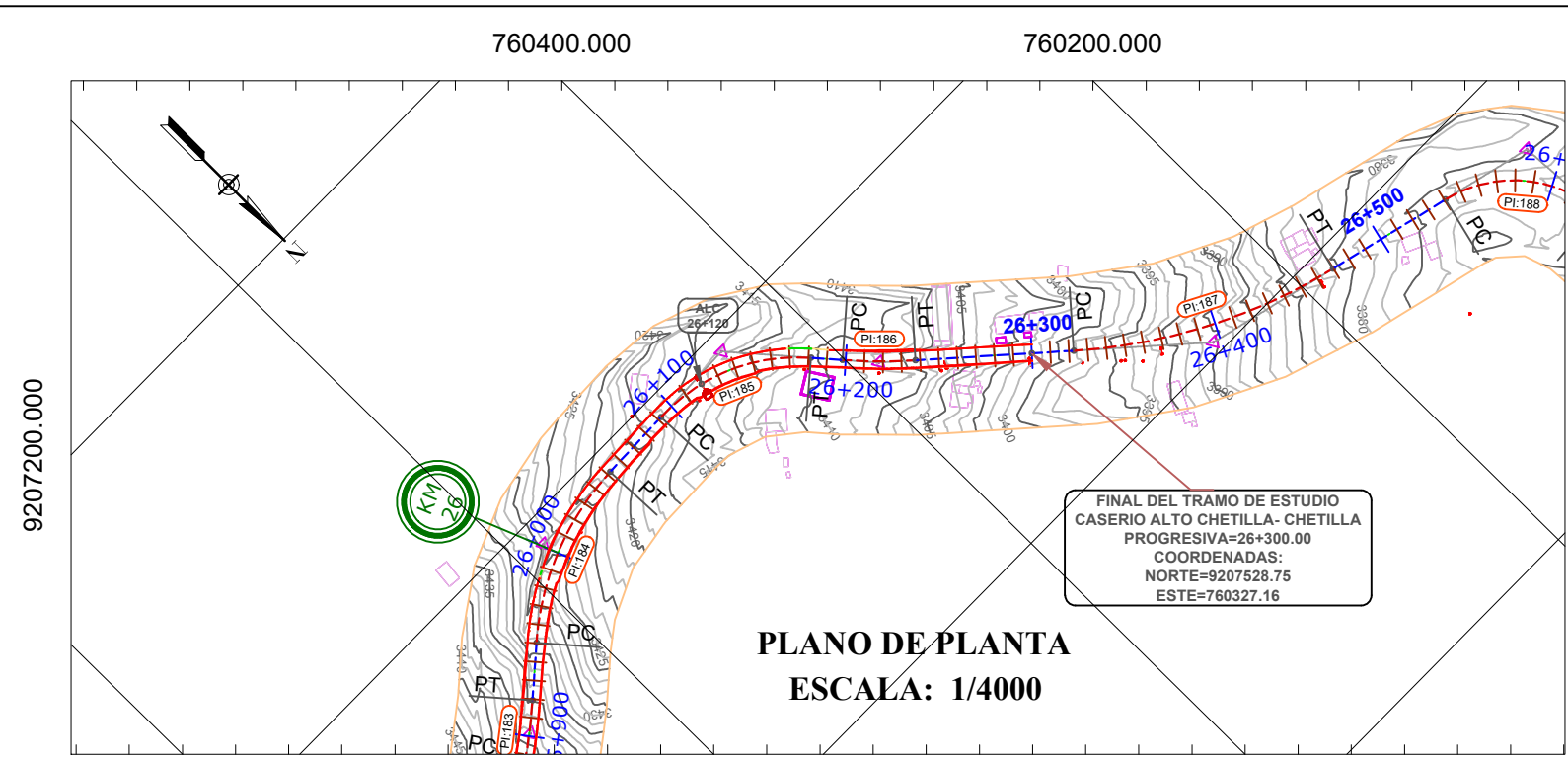
**TESISTA:**  
Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**  
PLANTA Y PERFIL

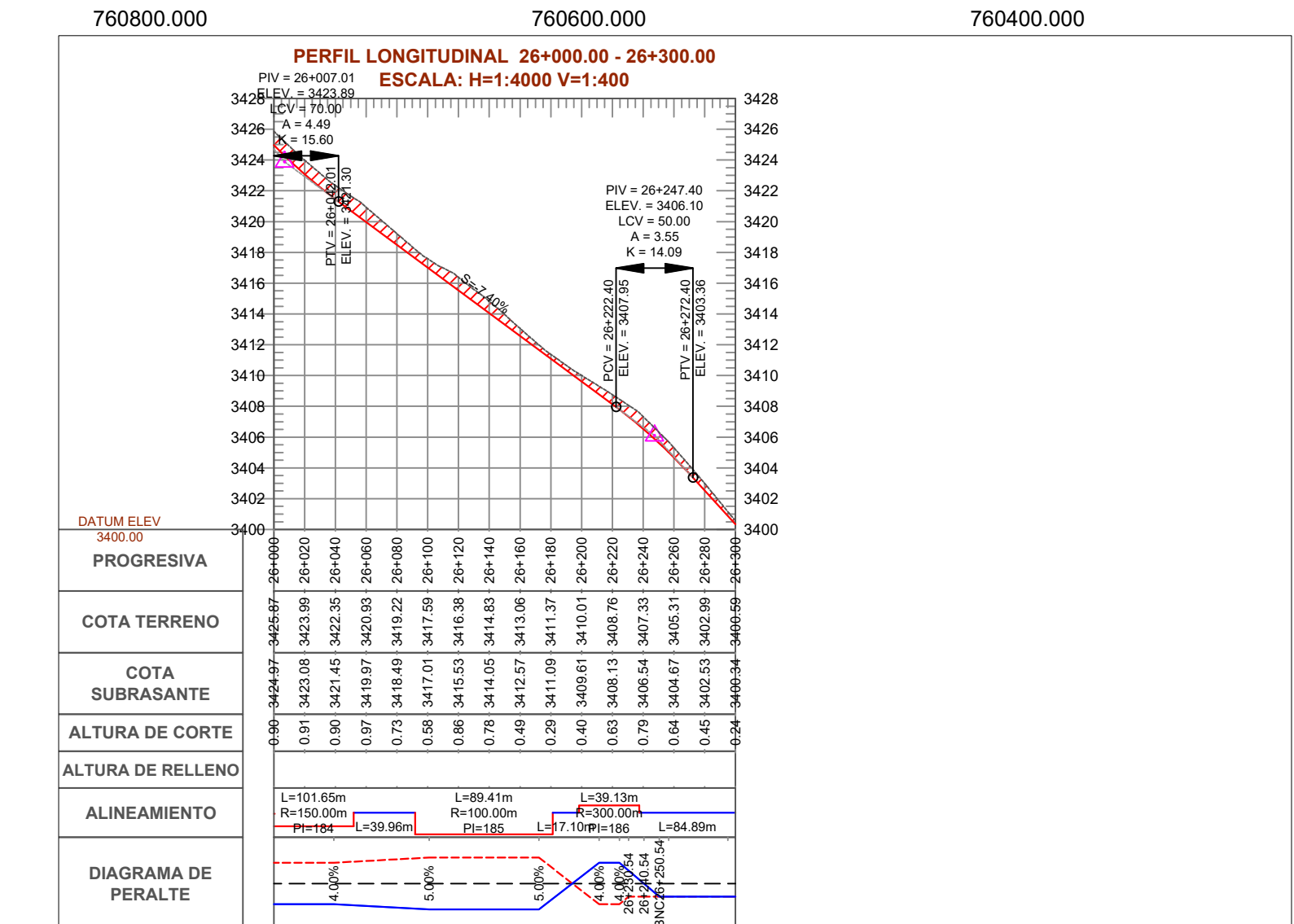
**ESCALA:**  
INDICADA

**FECHA:**  
JULIO DEL 2024

**PLANO:**  
PP-08



| TABLA DE ELEMENOS DE CURVA |               |         |           |           |       |       |        |       |       |           |           |           |              |             |        |        |
|----------------------------|---------------|---------|-----------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------|--------|
| PI                         | RUMBO         | SENTIDO | $\Delta$  | RADIO (m) | T (m) | L (m) | LC (m) | E (m) | M (m) | PC        | PI        | PT        | PI Norte     | PI Este     | P(%)   | Sa (m) |
| PI:185                     | N66° 10' 57"W | D       | 51°13'37" | 100.00    | 47.94 | 89.41 | 86.46  | 10.90 | 9.83  | 26+091.90 | 26+139.85 | 26+181.31 | 9207409.6066 | 760443.2184 | 5.00%  | 0.90   |
| PI:186                     | N44° 18' 19"W | I       | 7°28'22"  | 300.00    | 19.59 | 39.13 | 39.10  | 0.64  | 0.64  | 26+198.42 | 26+218.01 | 26+237.54 | 9207473.8982 | 760388.1742 | -4.00% | 0.40   |



| DATOS DE DISEÑO             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| INDICE MEDIO DIARIO         | : Ver estudio de tráfico          |
| VELOCIDAD DIRECTRIZ         | : 30 Km/H                         |
| PENDIENTE MINIMA            | : 0.5 %                           |
| PENDIENTE MAXIMA            | : 10.00 %                         |
| PENDIENTE MAXIMA EXEPCIONAL | : 12.00 %                         |
| RADIO MINIMO CURVATURA      | : 30.00 m                         |
| RADIO MINIMO EXEPCIONAL     | : 15.00 m                         |
| ANCHO DE CALZADA            | : 6.00 m                          |
| BOMBEO CALZADA %            | : 2.50 %                          |
| ANCHO DE BERMA              | : 0.50 m                          |
| BOMBEO BERMA %              | : 4.00 %                          |
| PERALTE MINIMO              | : 2.20 %                          |
| PERALTE MAXIMO              | : 8.00 %                          |
| TALUD DE CORTE              | : Ver estudio Geotécnico          |
| TALUD DE RELLENO            | : Segun clasificación de material |

**LEYENDA**

|                  |  |                    |  |
|------------------|--|--------------------|--|
| NORTE MAGNÉTICO  |  | EJE - ALINEAMIENTO |  |
| CURVA MADRE      |  | KILOMETRAJE        |  |
| CURVA SECUNDARIA |  | POLIGONAL          |  |
| CAMINOS          |  | ALCANTARILLA TMC   |  |
| CASAS            |  | CORTE              |  |
| QUEBRADAS        |  | RELLENO            |  |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**TESIS:**  
"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**  
REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**  
Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

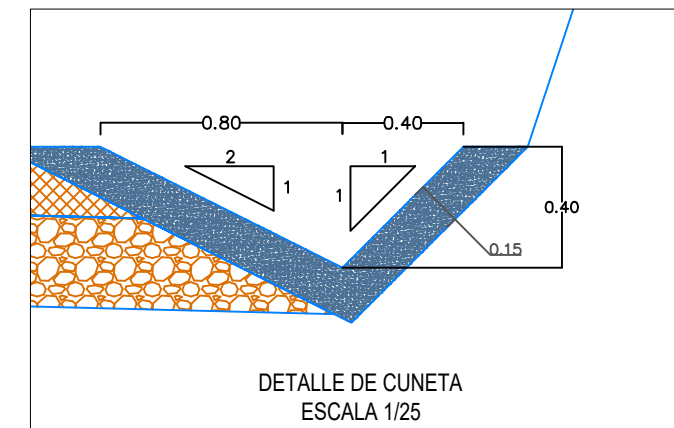
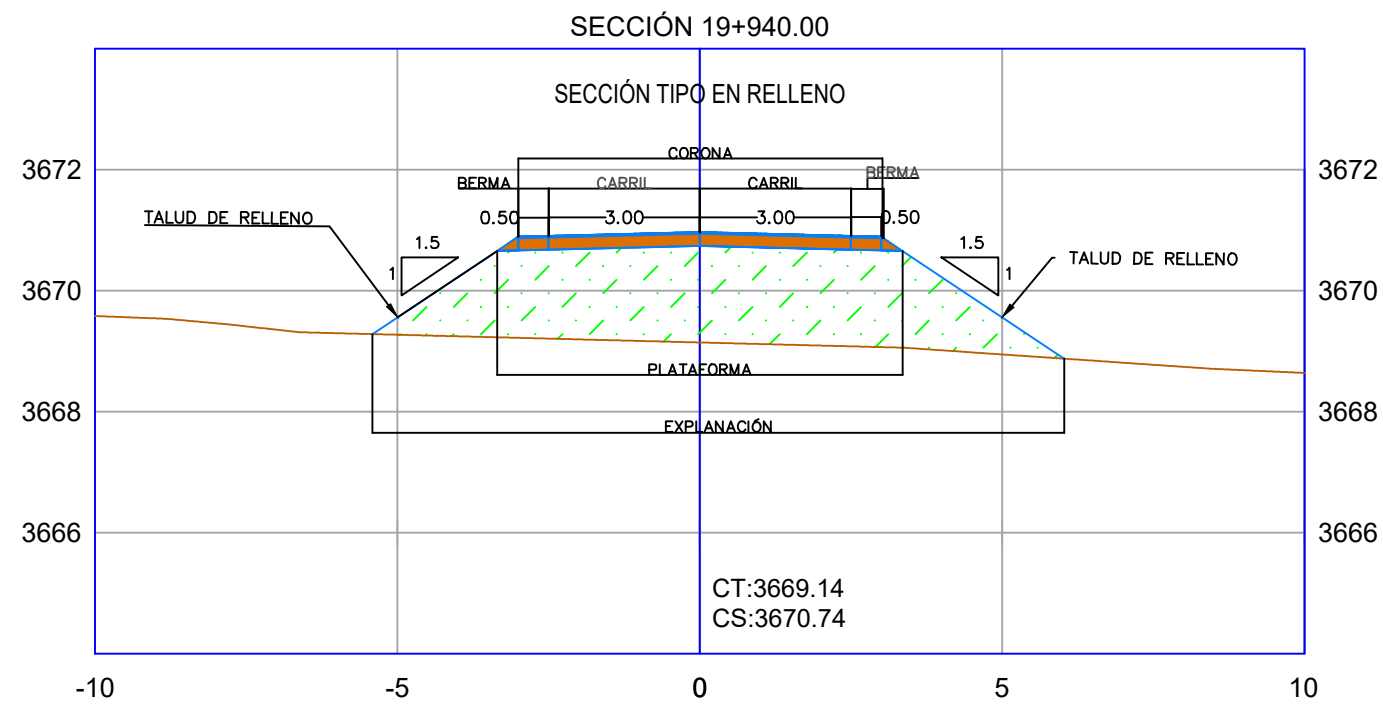
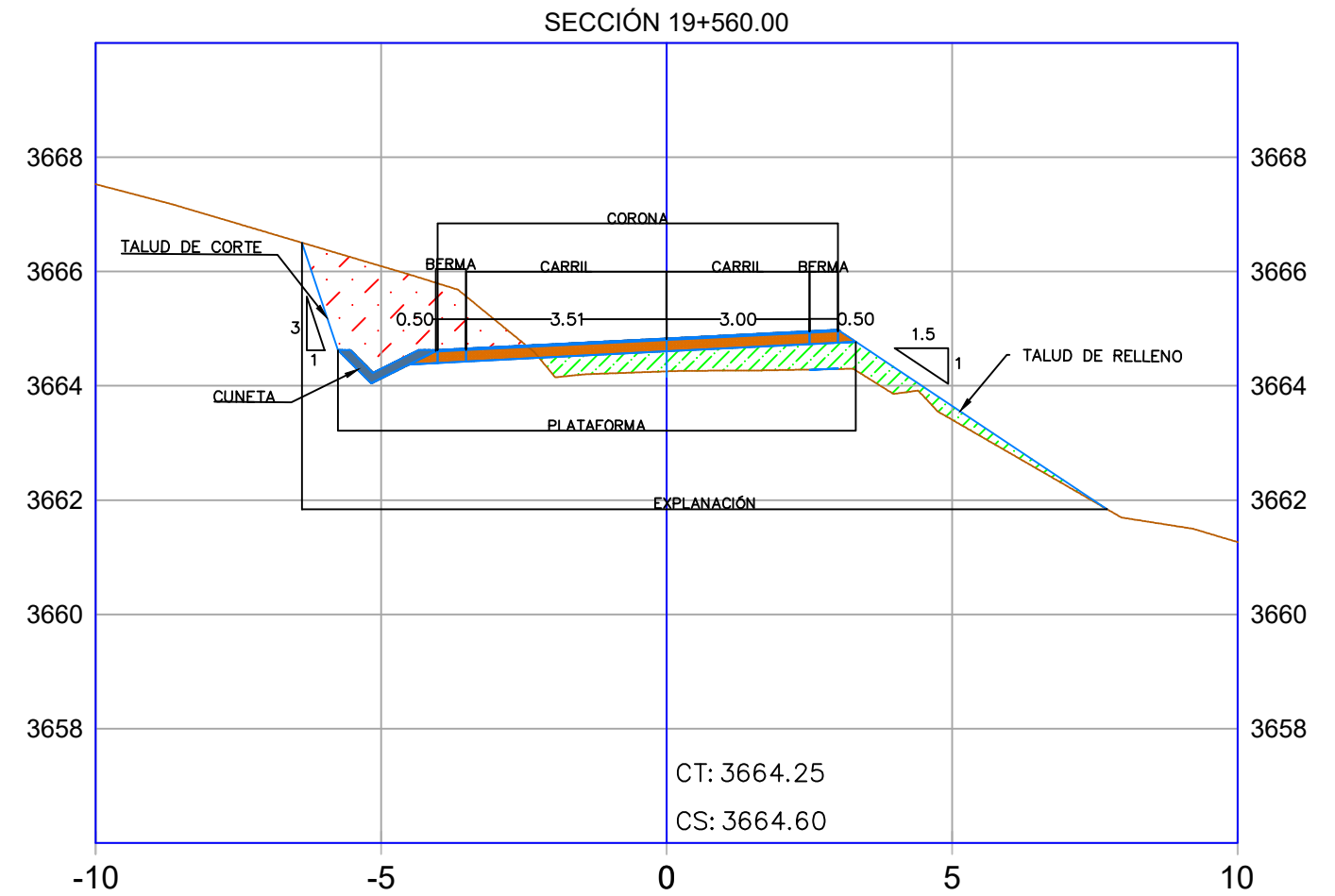
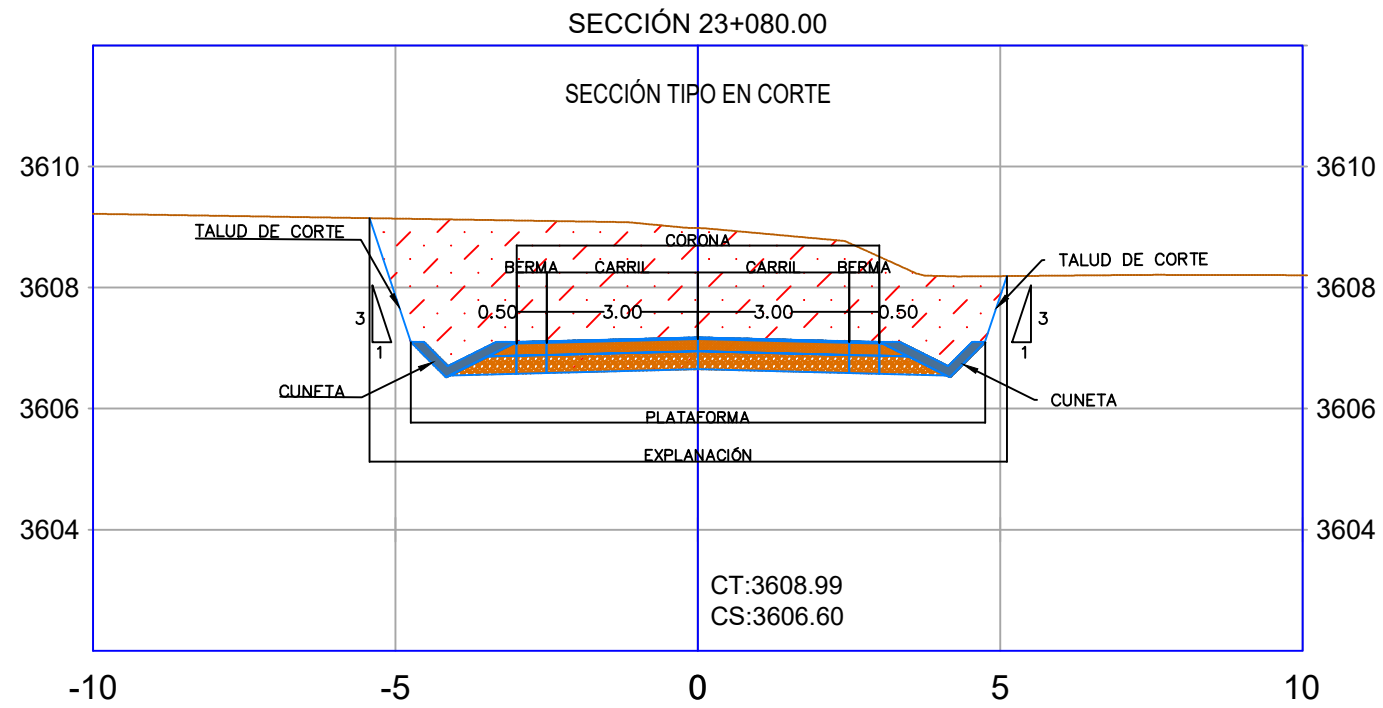
**TESISTA:**  
Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**  
PLANTA Y PERFIL

**ESCALA:**  
INDICADA

**FECHA:**  
JULIO DEL 2024

**PLANO:**  
PP- 09



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
CAJAMARCA**

**TESIS:**

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**

**REGIÓN:** CAJAMARCA  
**PROVINCIA:** CAJAMARCA  
**DISTRITOS:** CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

**TESISTA:**

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**

SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS

**ESCALA:**

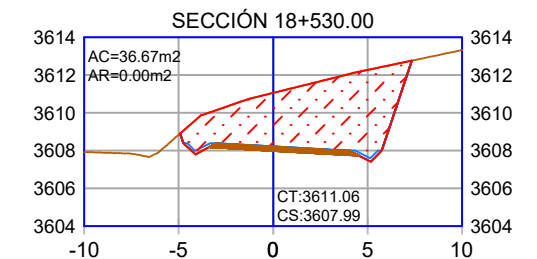
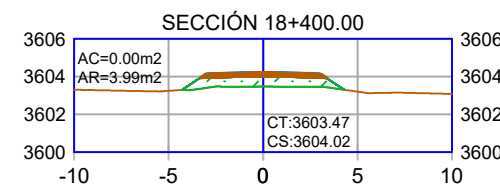
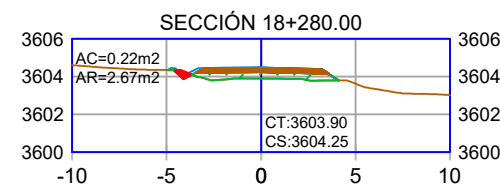
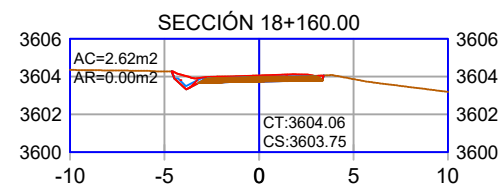
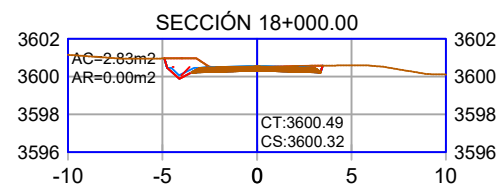
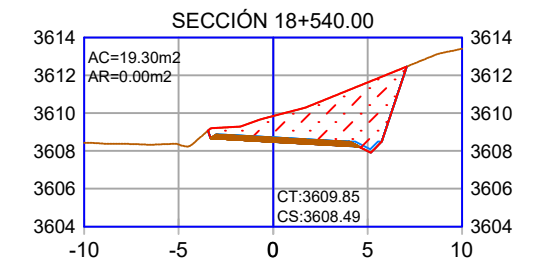
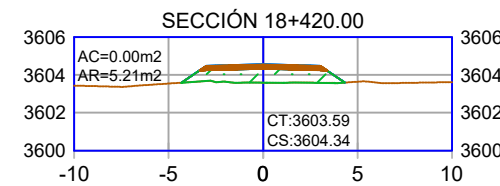
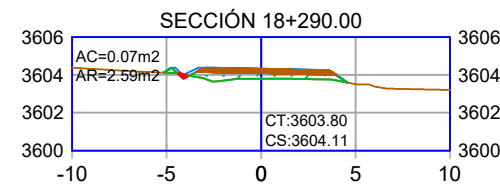
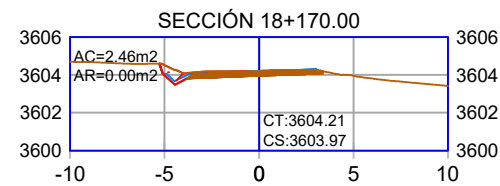
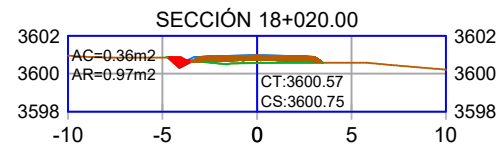
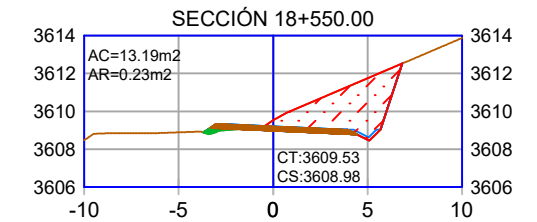
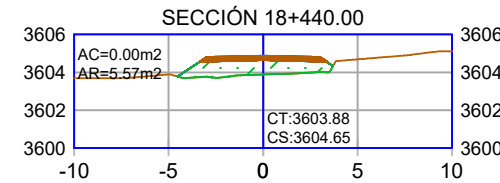
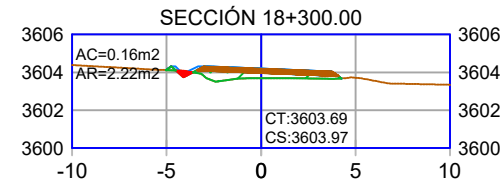
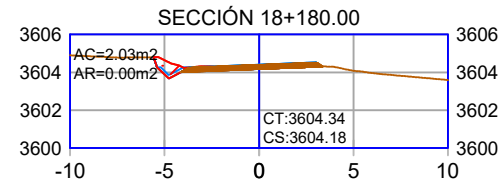
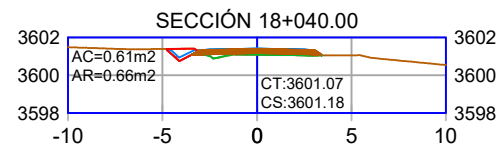
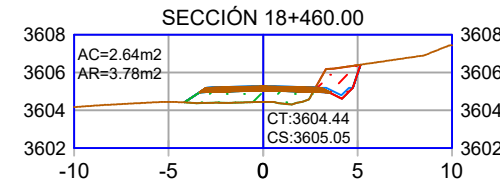
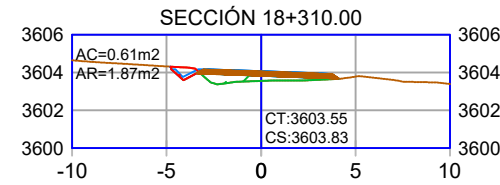
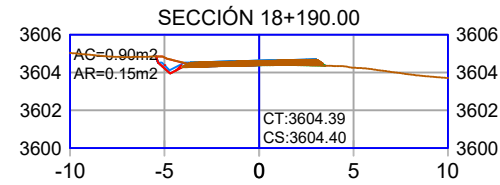
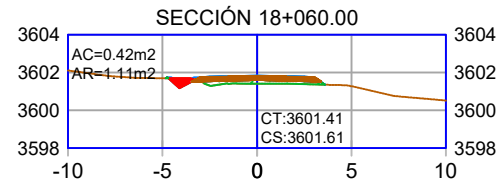
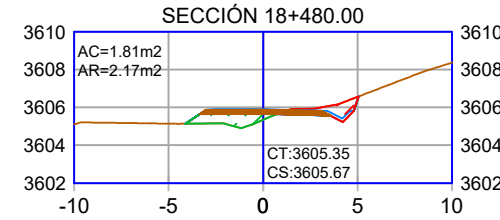
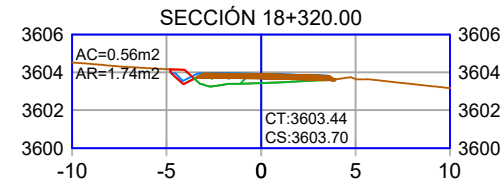
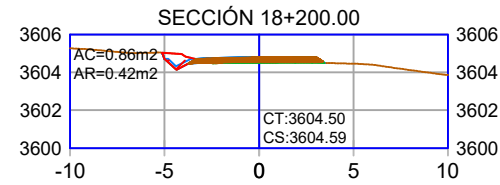
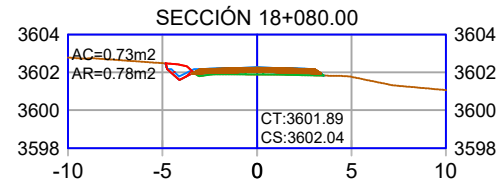
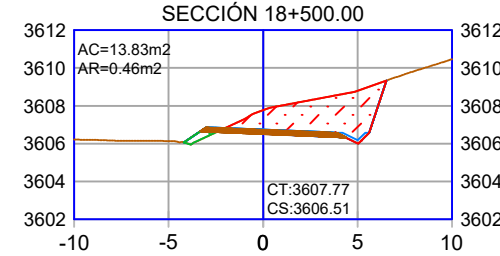
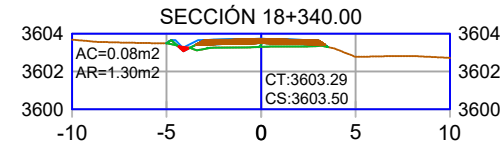
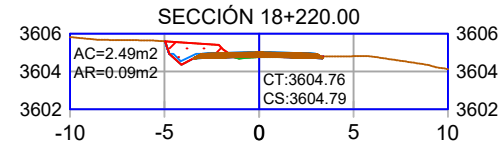
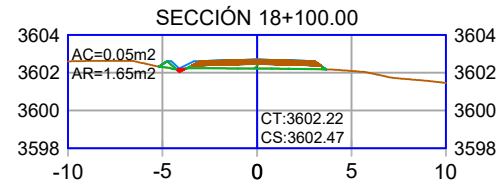
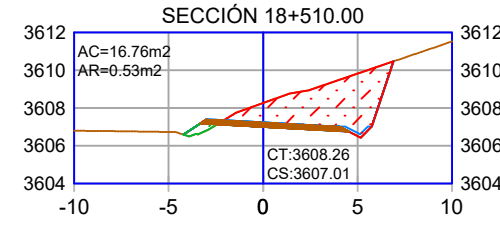
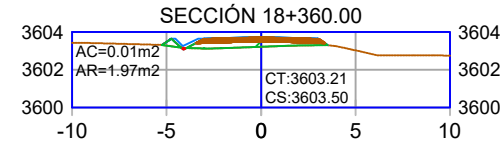
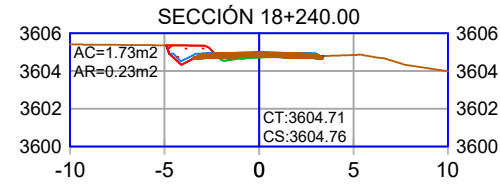
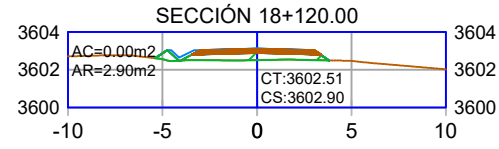
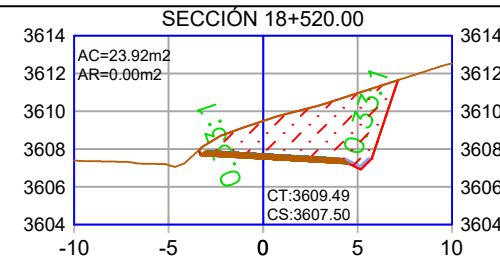
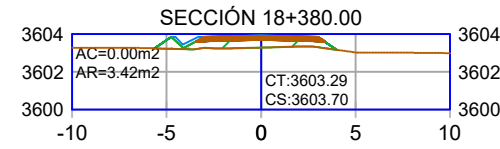
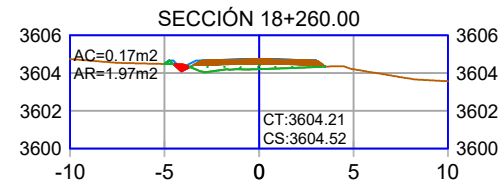
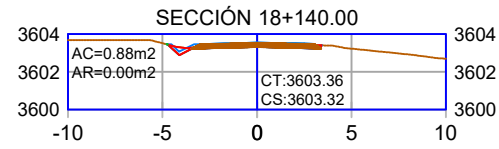
INDICADA

**FECHA:**

JULIO DEL 2024

**PLANO:**

S.TP-1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS:

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

UBICACIÓN:

REGIÓN: CAJAMARCA  
 PROVINCIA: CAJAMARCA  
 DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

ASESOR:

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

TESISTA:

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA:

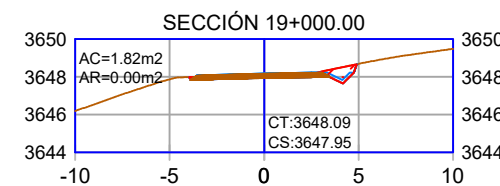
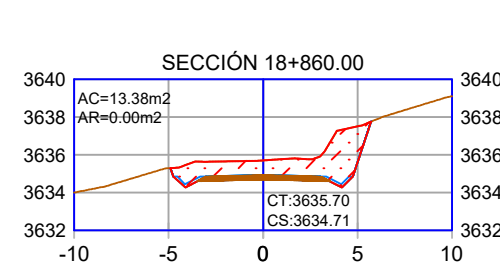
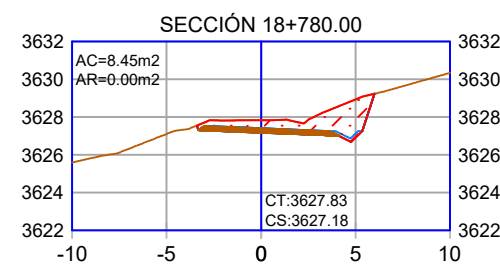
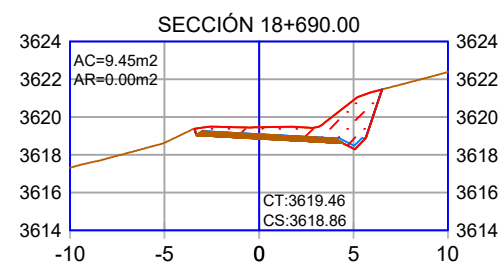
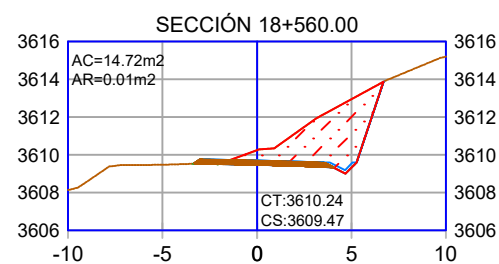
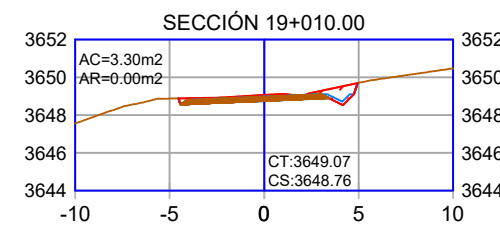
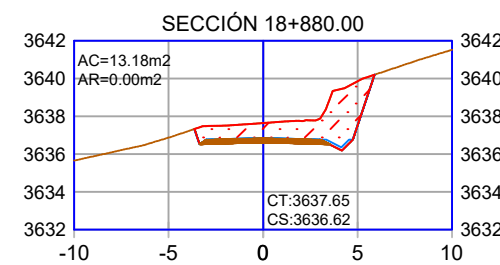
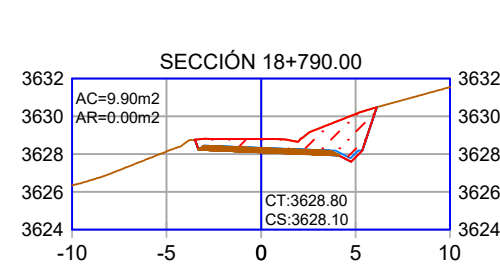
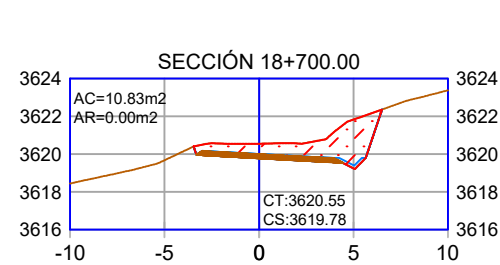
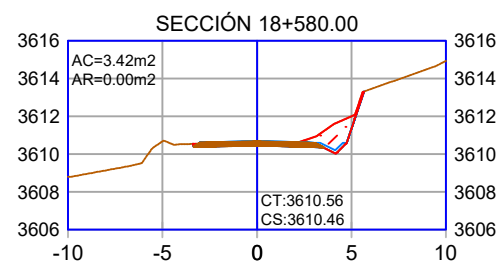
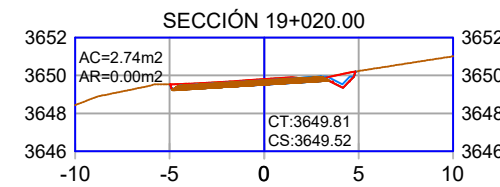
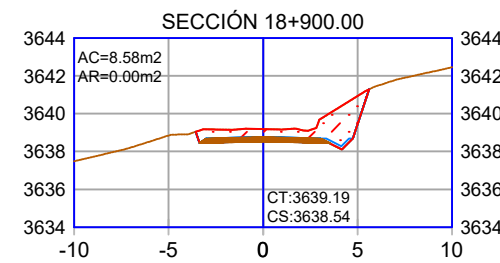
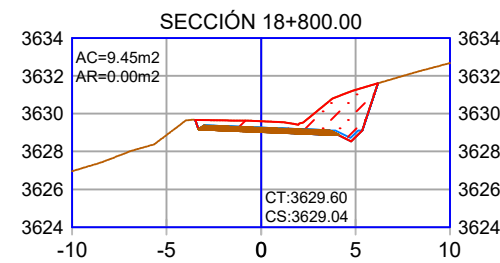
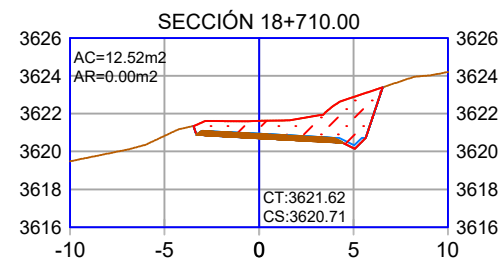
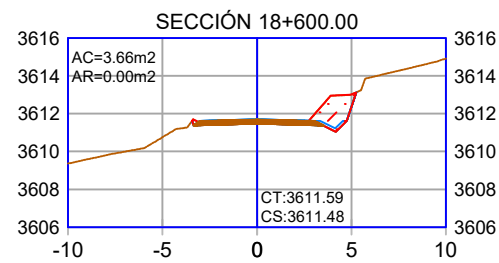
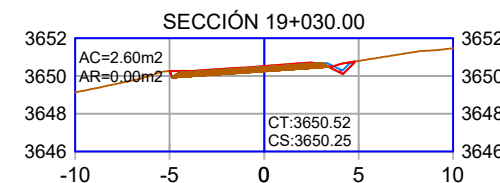
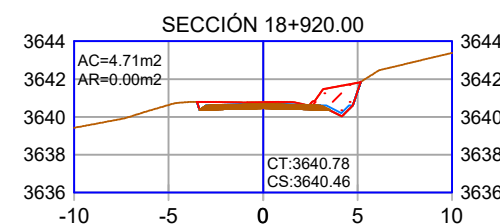
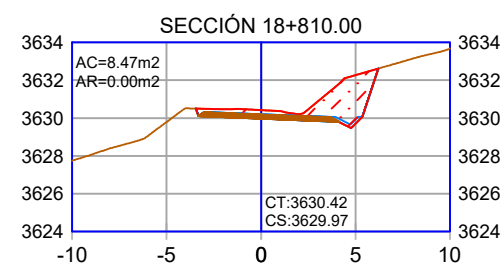
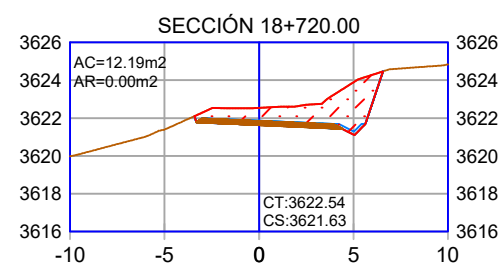
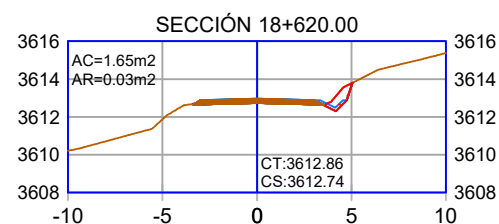
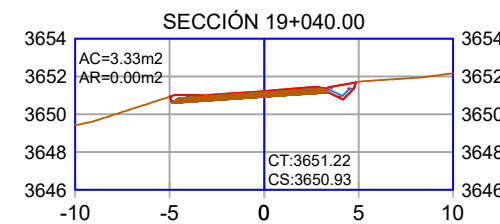
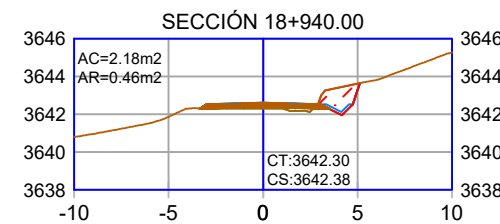
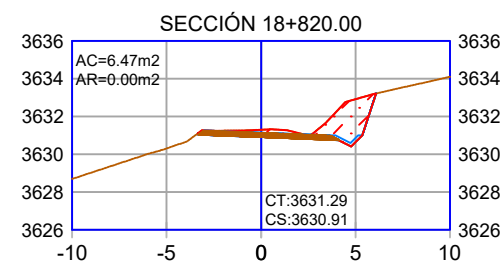
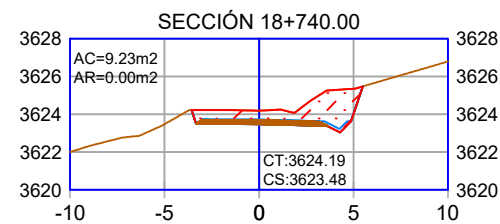
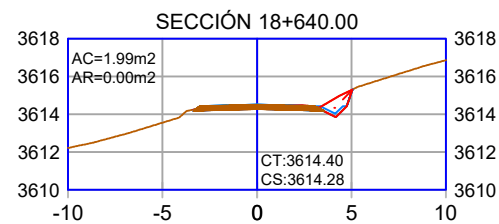
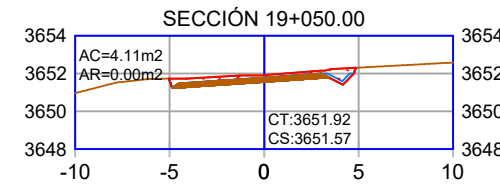
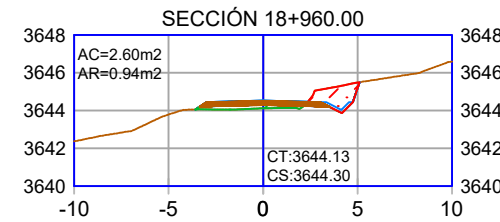
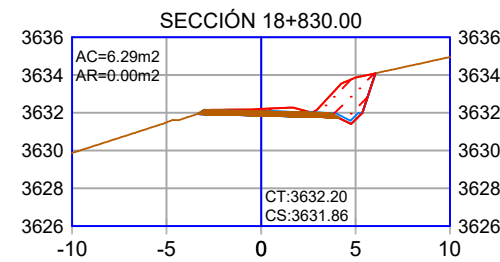
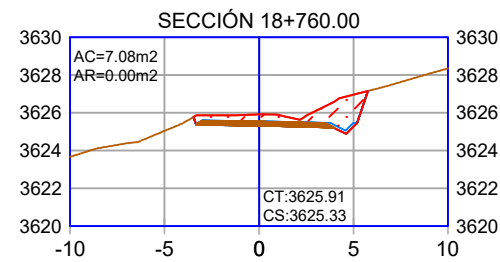
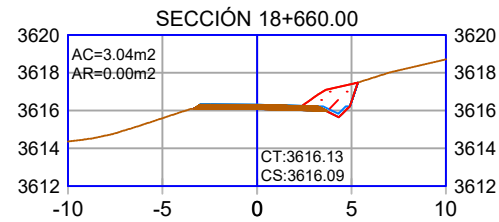
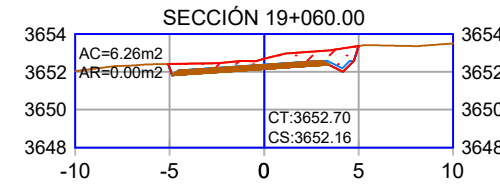
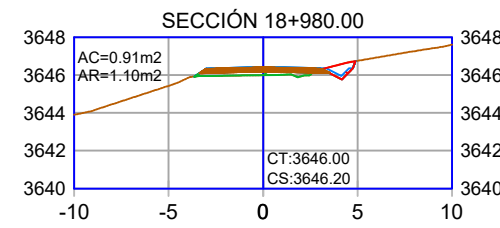
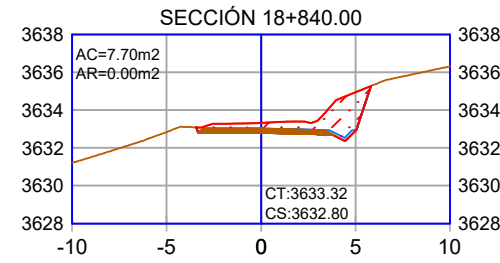
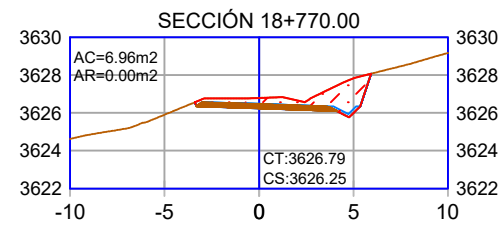
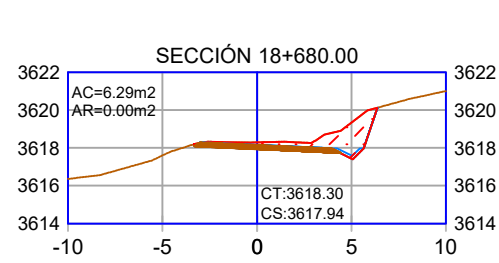
1/400

FECHA:

JULIO DEL 2024

PLANO:

ST-01



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**TESIS:**

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**

**REGIÓN:** CAJAMARCA  
**PROVINCIA:** CAJAMARCA  
**DISTRITOS:** CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

**TESISTA:**

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**

SECCIONES TRANSVERSALES

**ESCALA:**

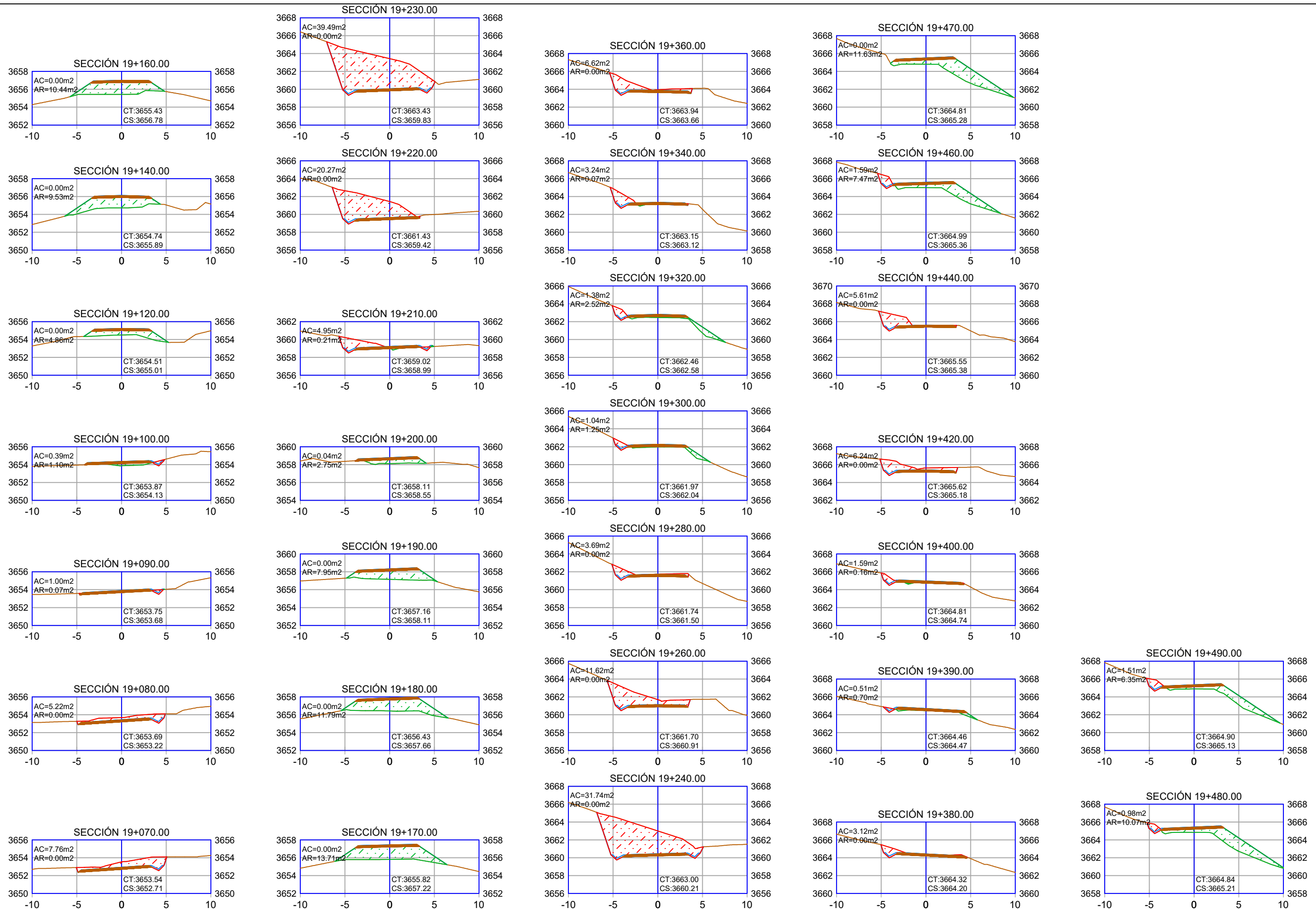
1/400

**FECHA:**

JULIO DEL 2024

**PLANO:**

ST-02



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**TESIS:**

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**

**REGIÓN:** CAJAMARCA  
**PROVINCIA:** CAJAMARCA  
**DISTRITOS:** CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

**TESISTA:**

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**

SECCIONES TRANSVERSALES

**ESCALA:**

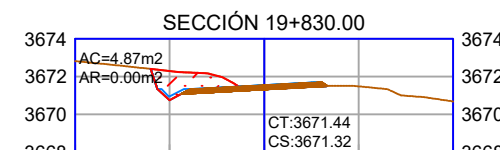
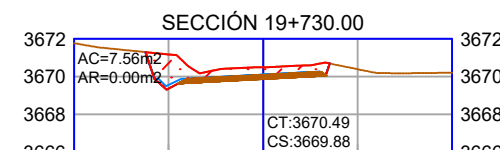
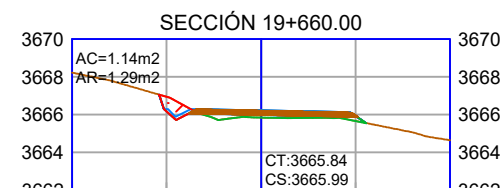
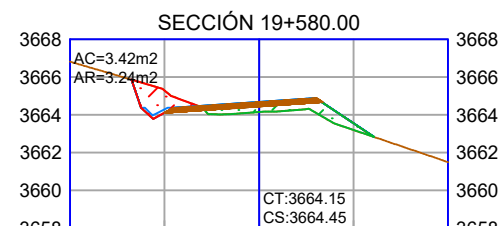
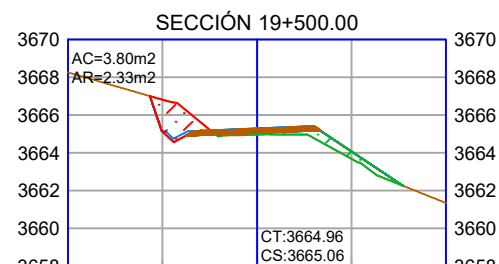
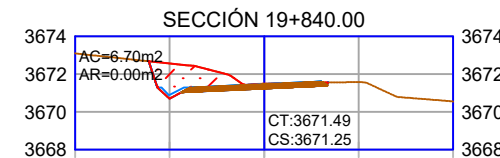
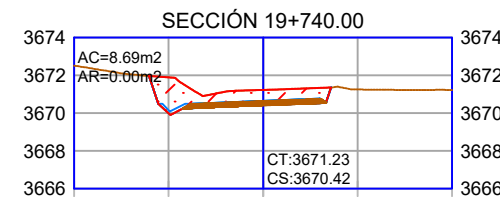
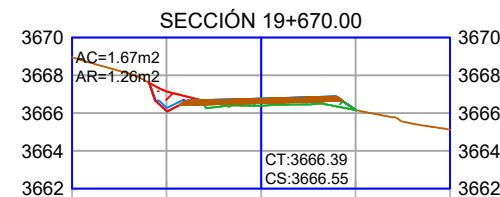
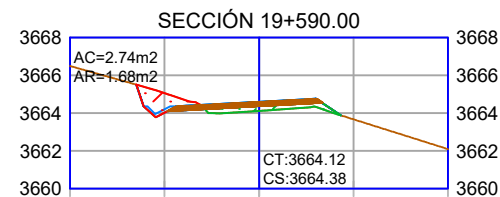
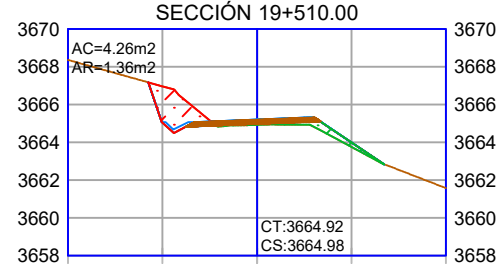
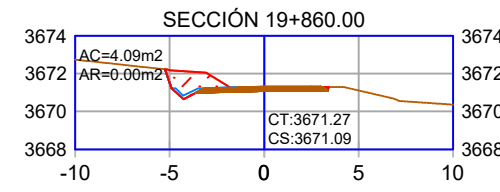
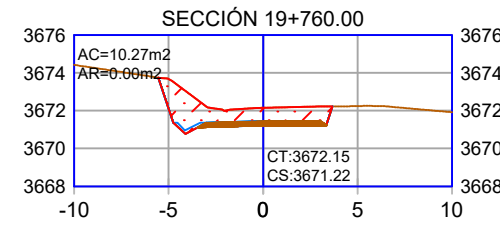
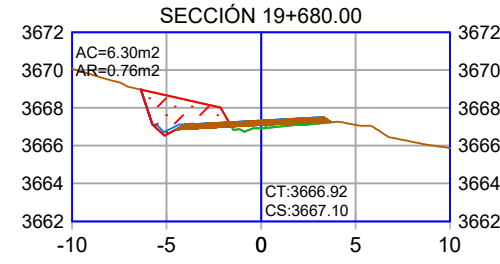
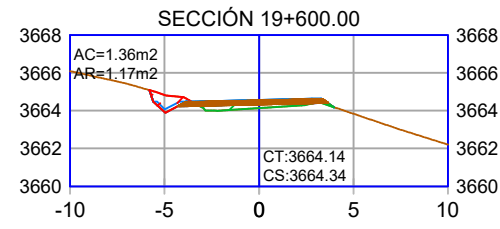
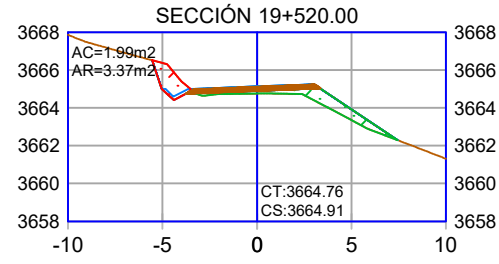
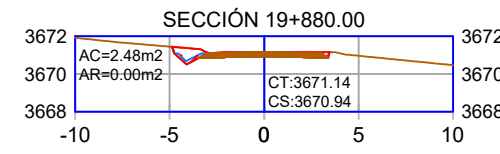
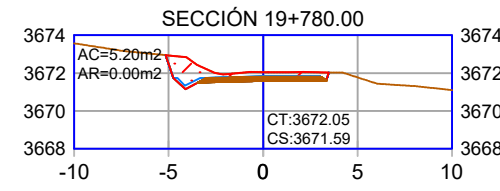
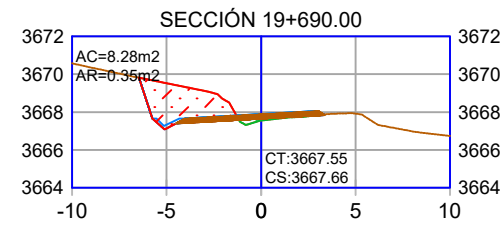
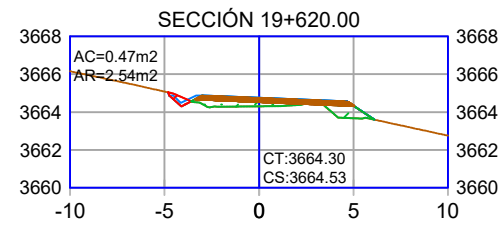
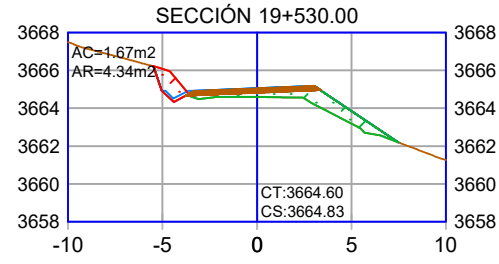
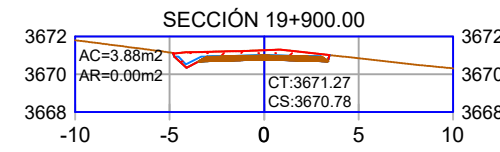
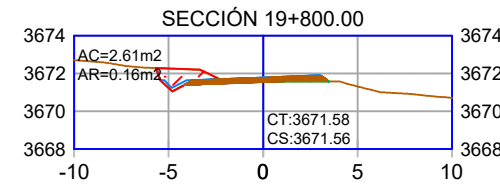
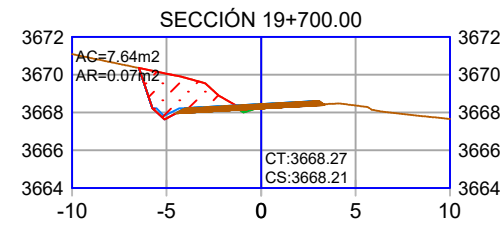
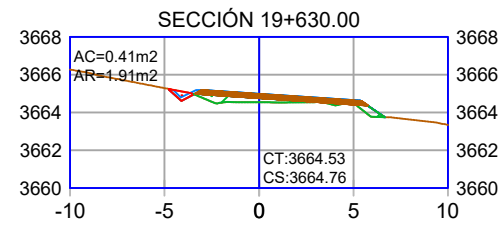
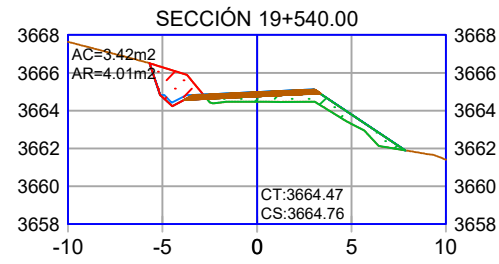
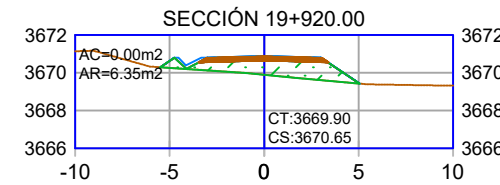
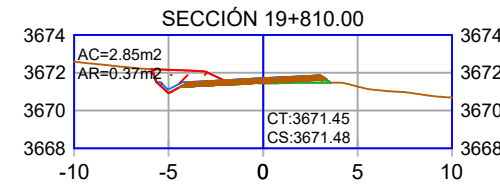
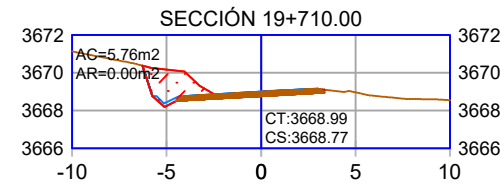
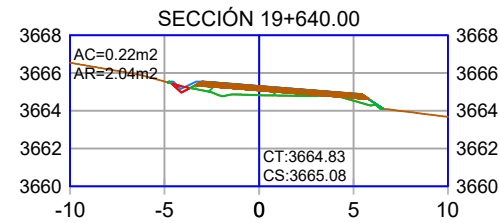
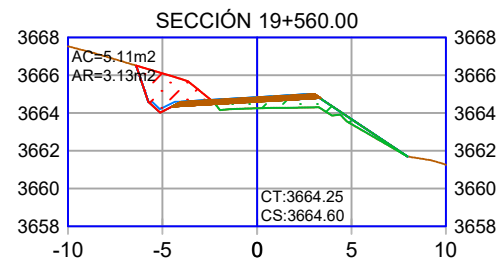
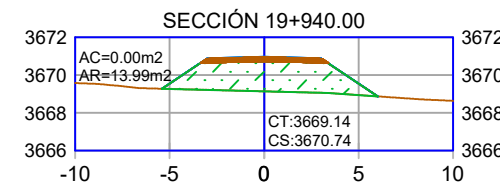
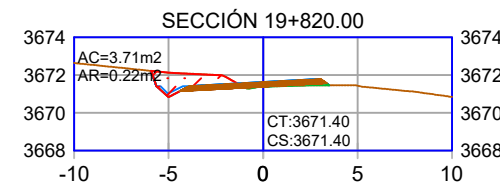
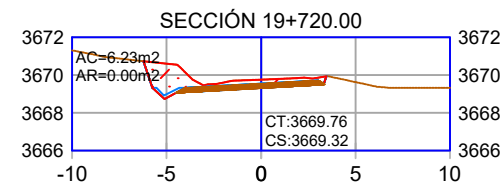
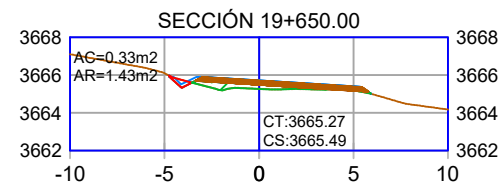
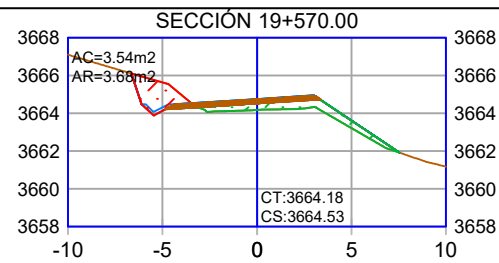
1/400

**FECHA:**

JULIO DEL 2024

**PLANO:**

ST-03



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS:

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

UBICACIÓN:

REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

ASESOR:

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

TESISTA:

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA:

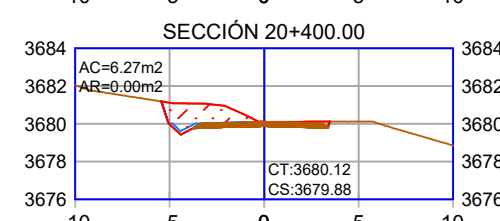
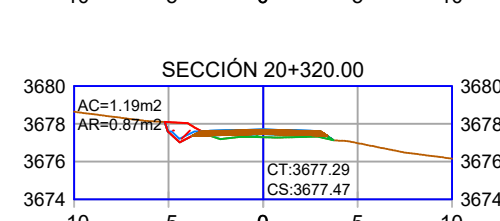
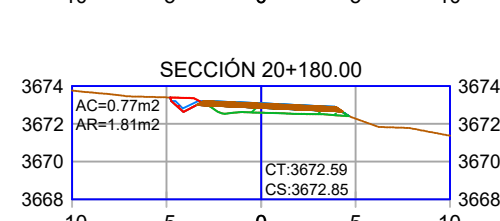
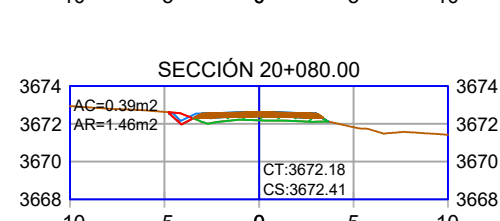
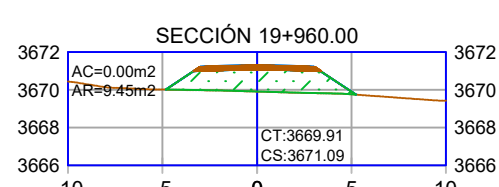
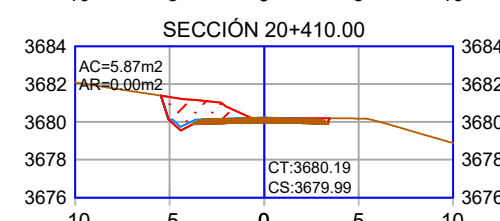
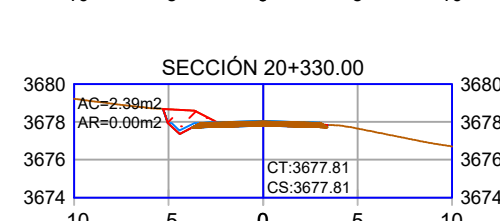
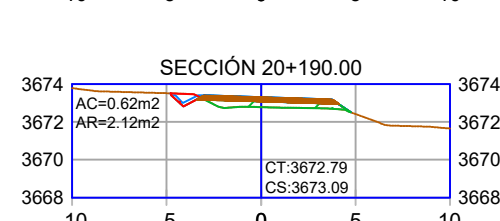
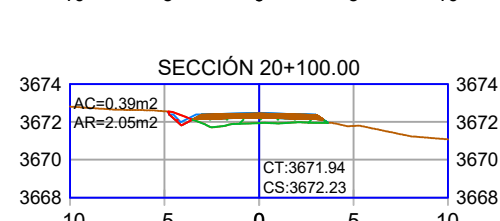
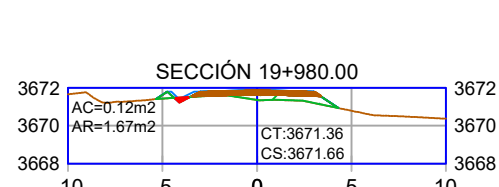
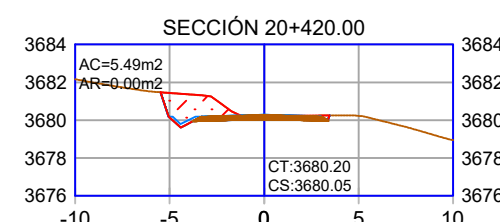
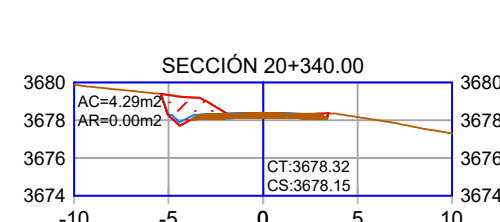
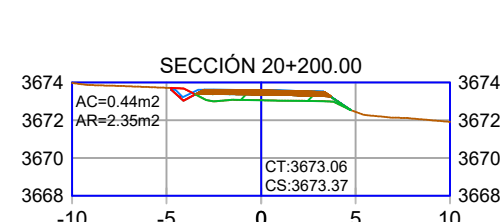
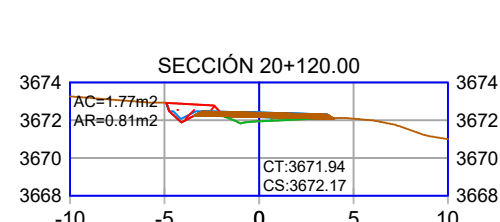
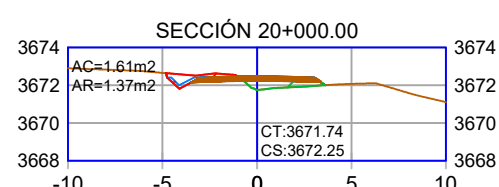
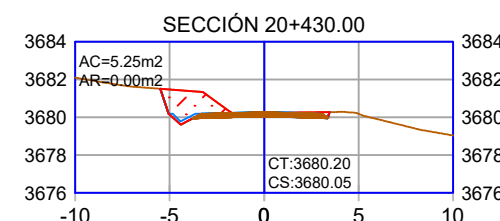
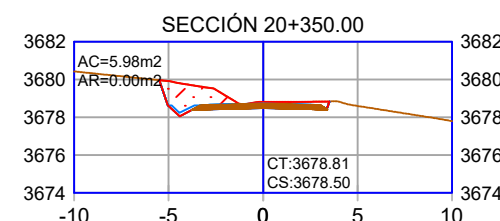
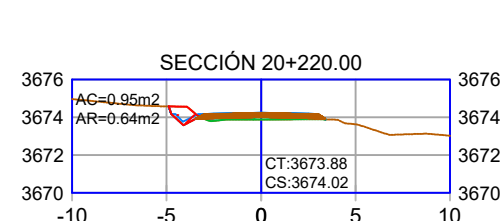
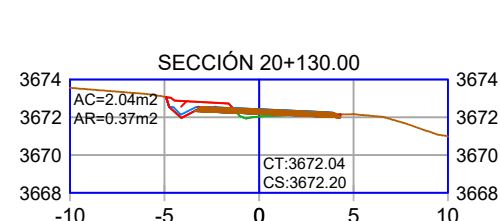
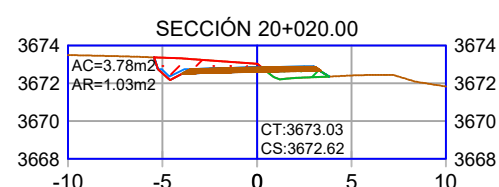
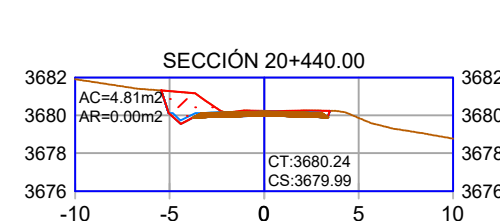
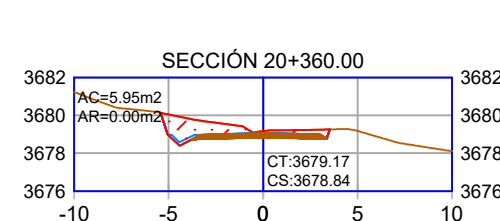
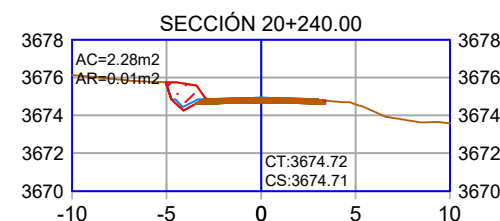
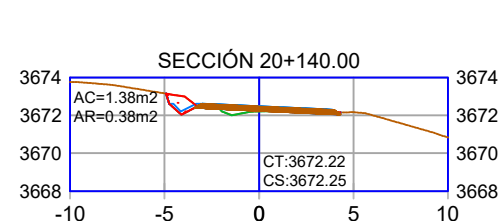
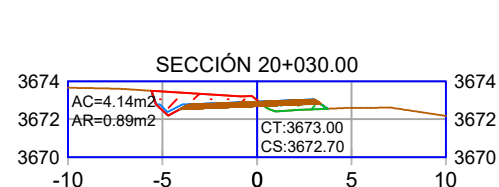
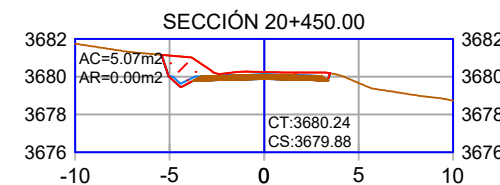
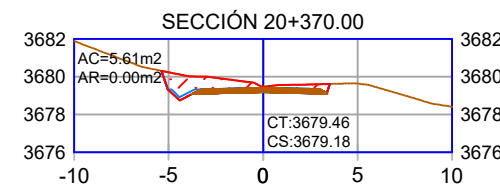
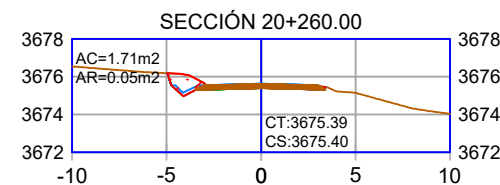
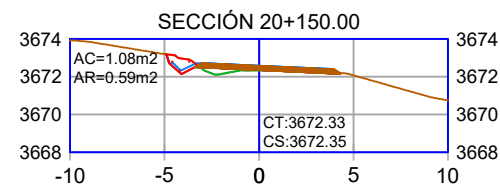
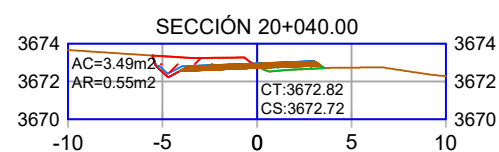
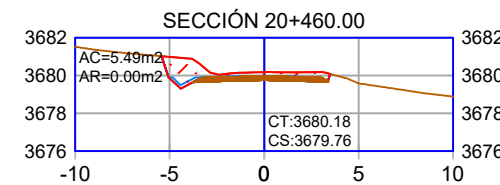
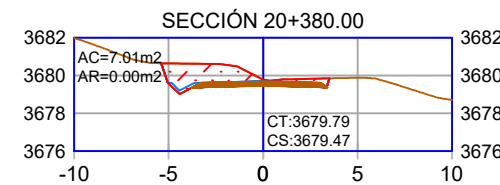
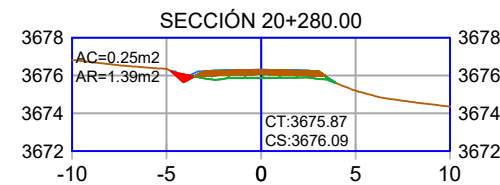
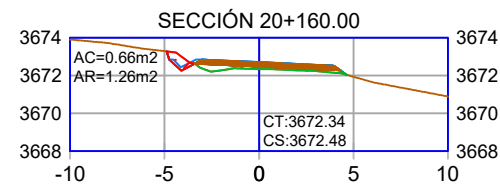
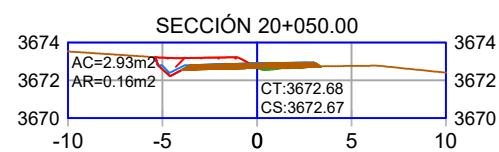
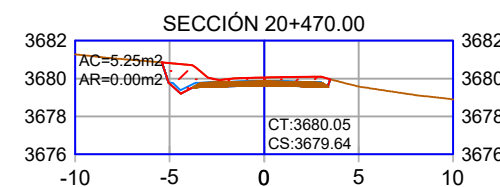
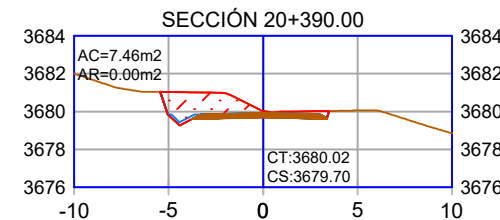
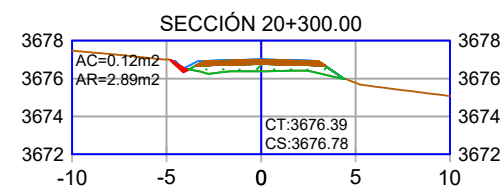
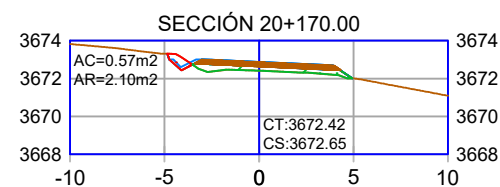
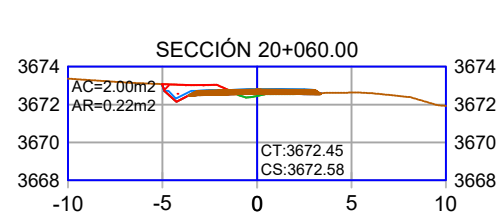
1/400

FECHA:

JULIO DEL 2024

PLANO:

ST-04



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS:

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

UBICACIÓN:

REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

ASESOR:

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

TESISTA:

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA:

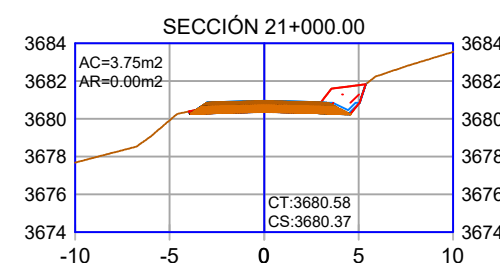
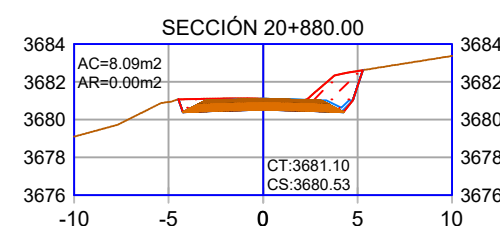
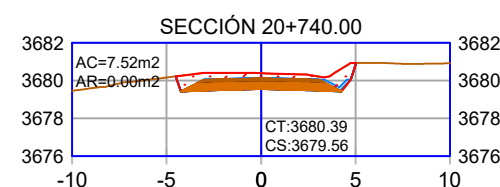
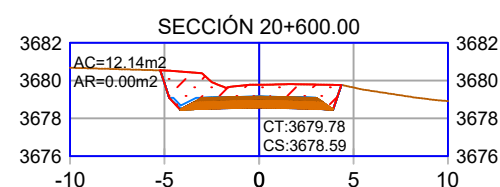
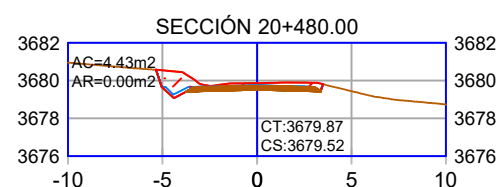
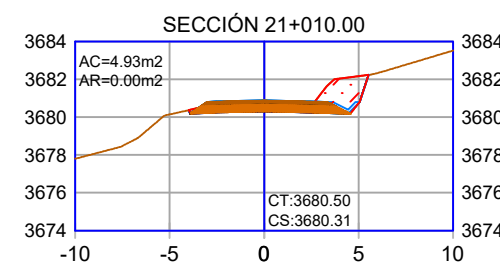
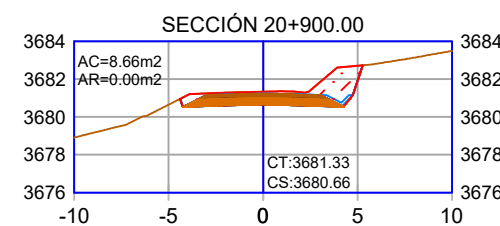
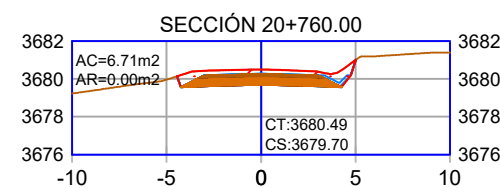
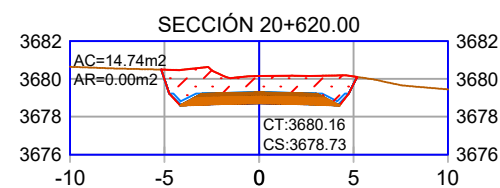
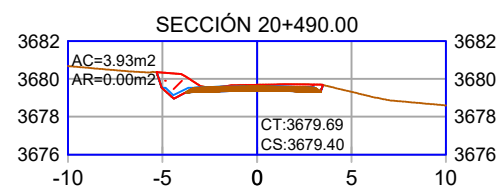
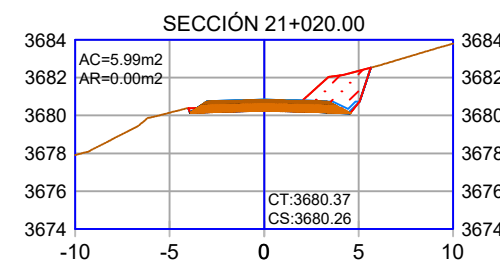
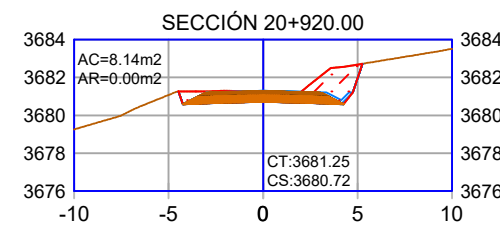
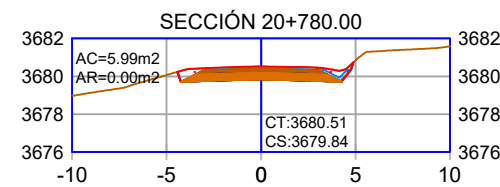
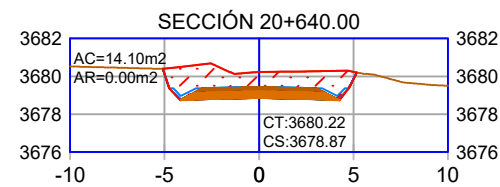
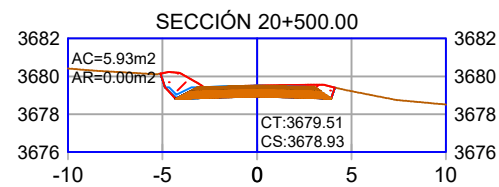
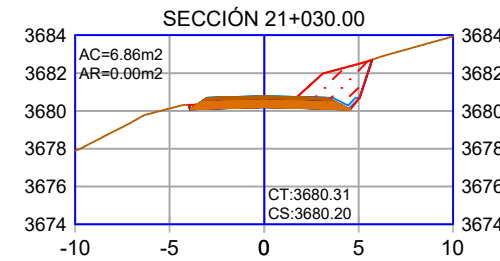
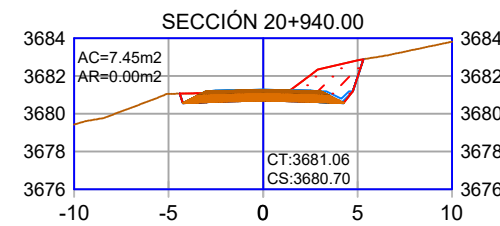
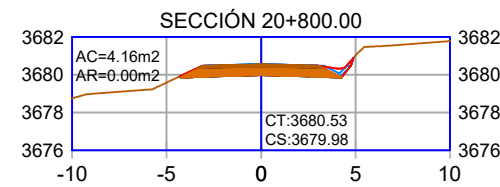
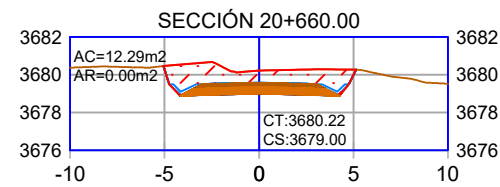
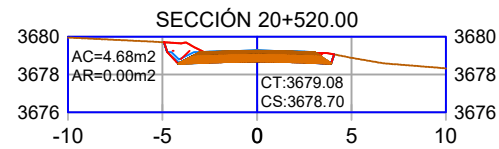
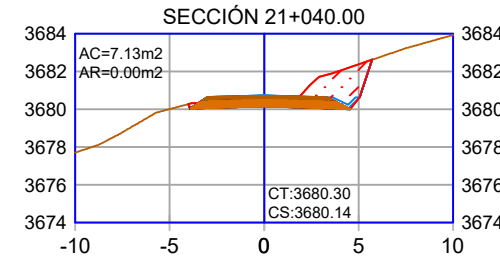
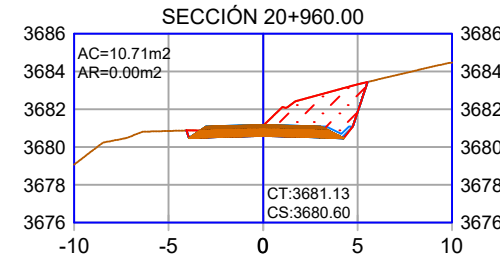
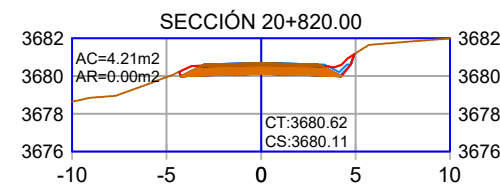
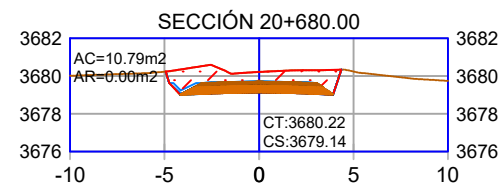
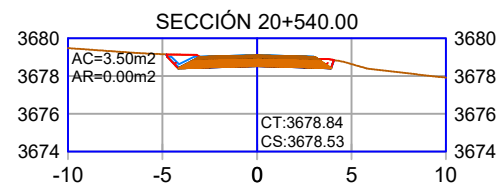
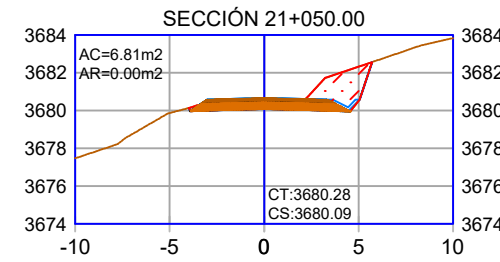
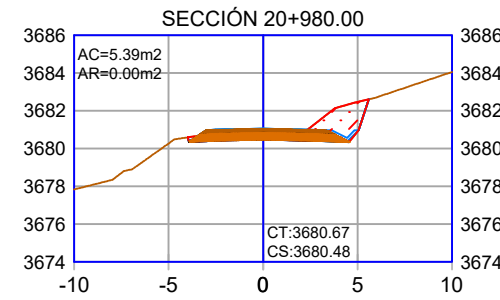
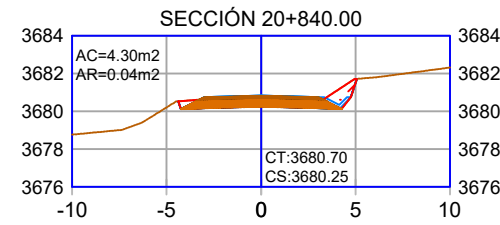
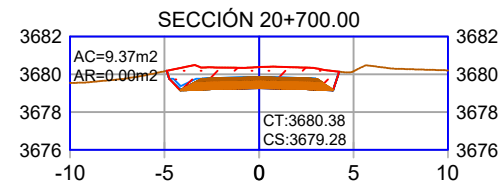
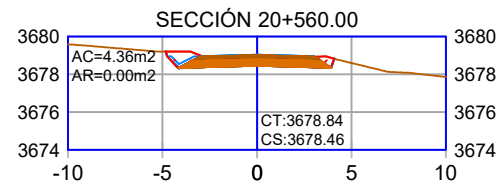
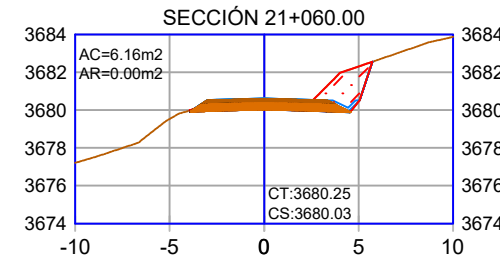
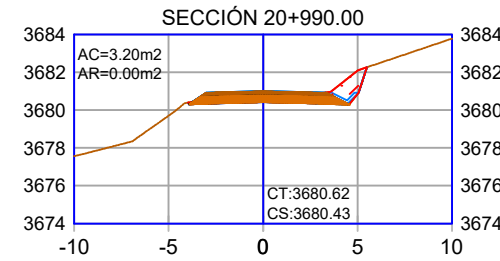
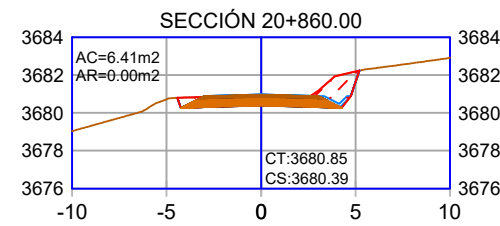
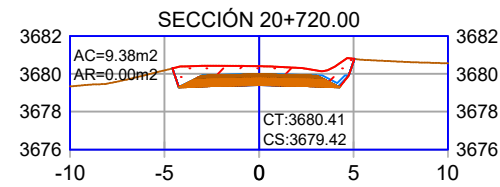
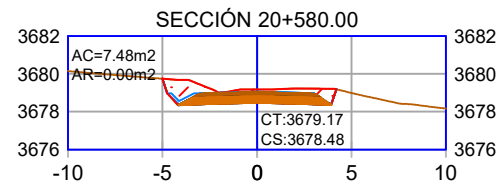
1/400

FECHA:

JULIO DEL 2024

PLANO:

ST-05



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**TESIS:**

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**

**REGIÓN:** CAJAMARCA  
**PROVINCIA:** CAJAMARCA  
**DISTRITOS:** CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

**TESISTA:**

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**

SECCIONES TRANSVERSALES

**ESCALA:**

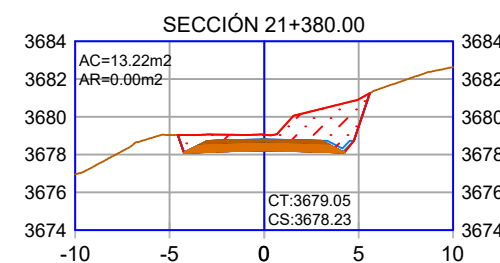
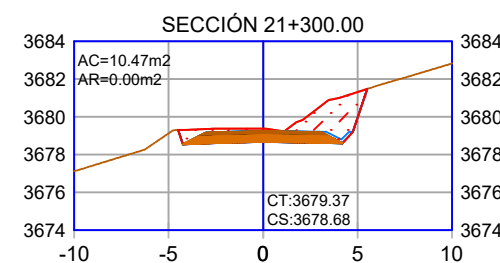
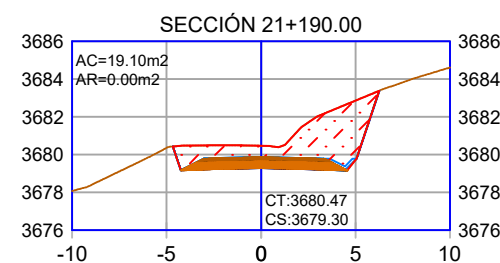
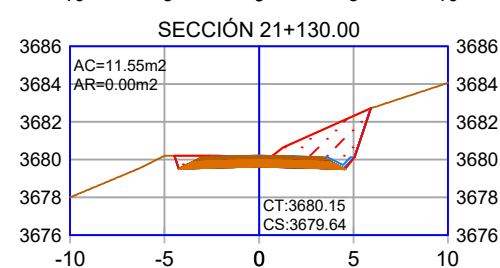
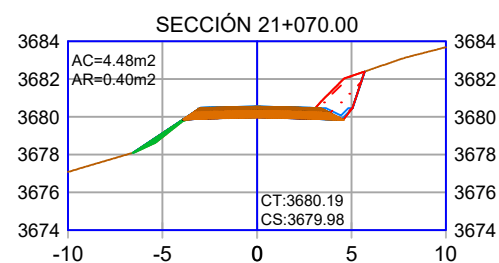
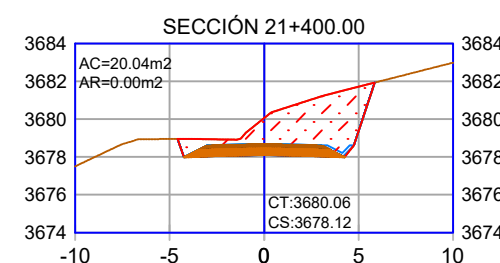
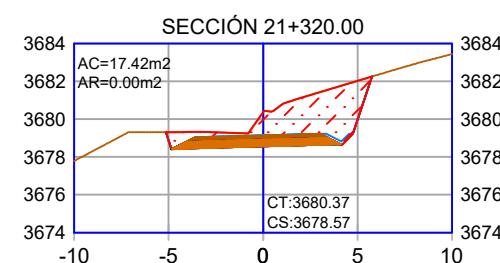
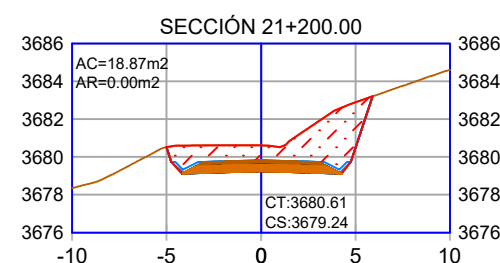
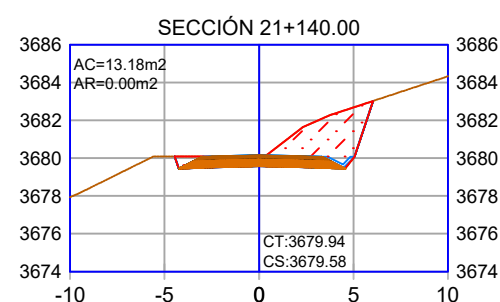
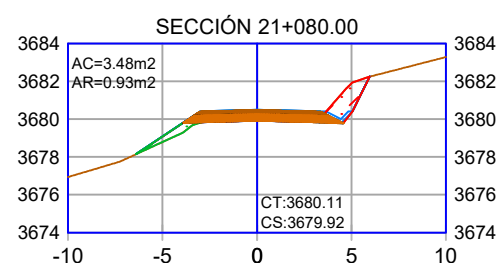
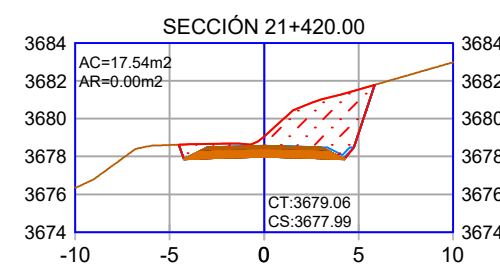
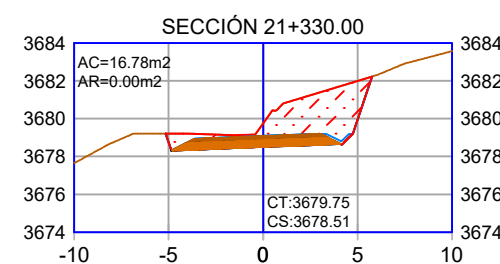
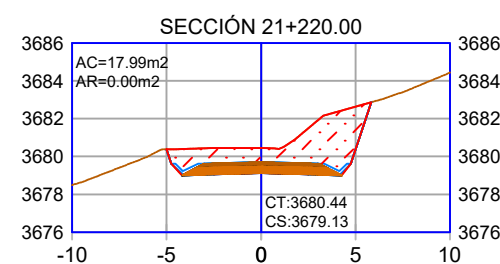
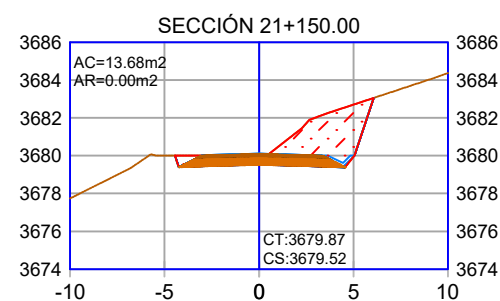
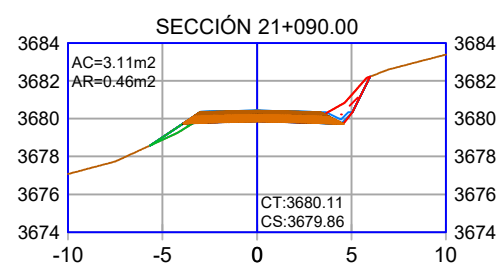
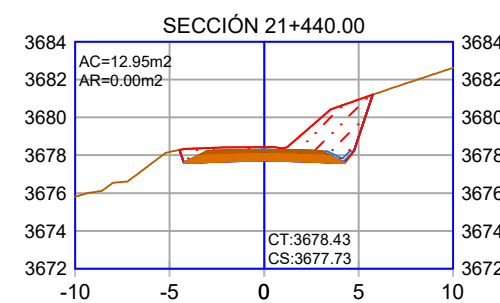
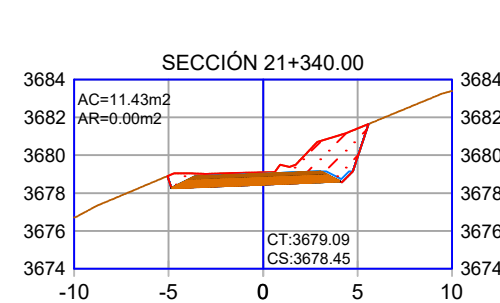
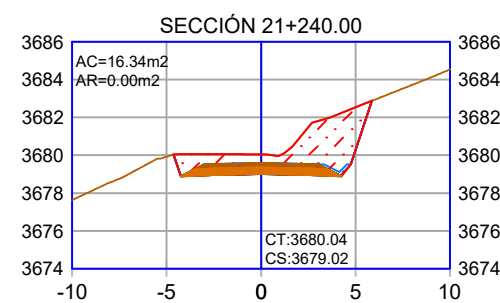
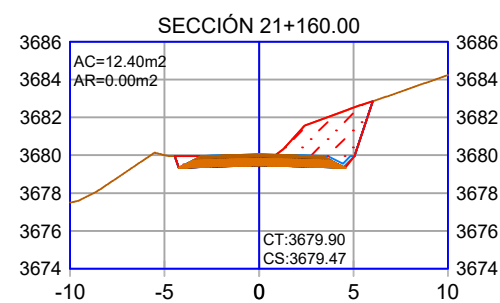
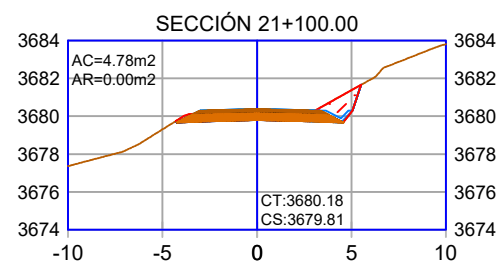
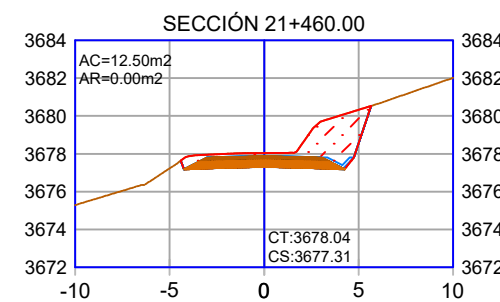
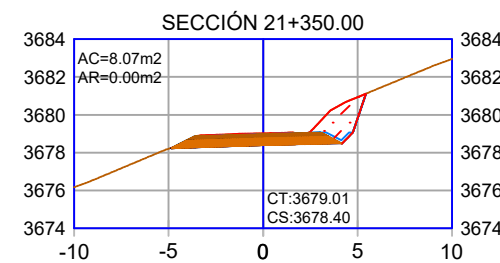
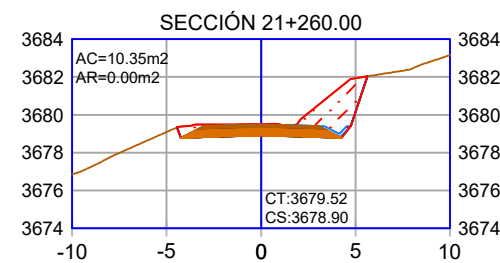
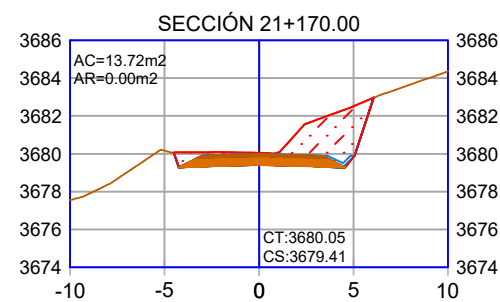
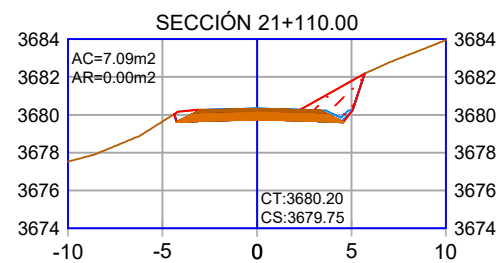
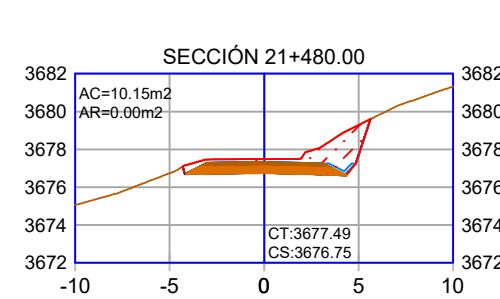
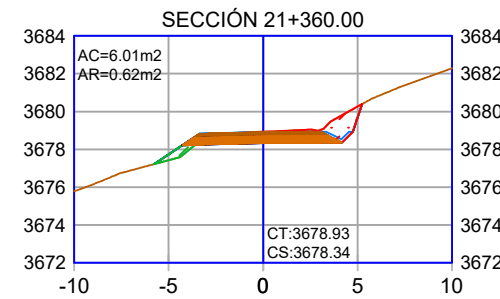
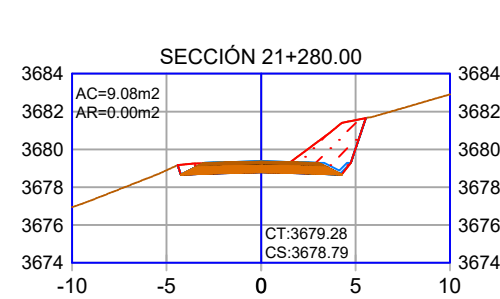
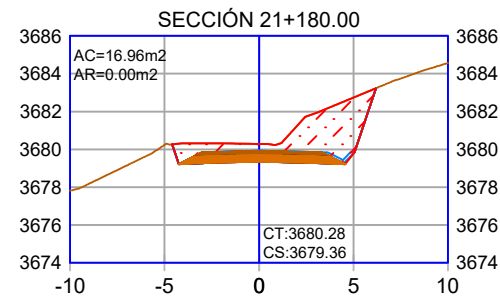
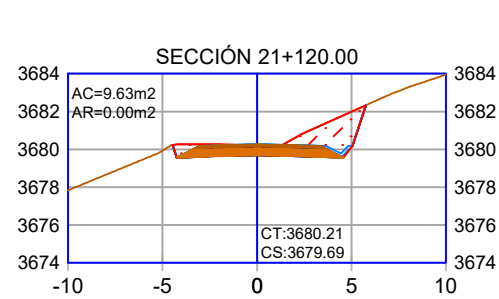
1/400

**FECHA:**

JULIO DEL 2024

**PLANO:**

ST-06



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

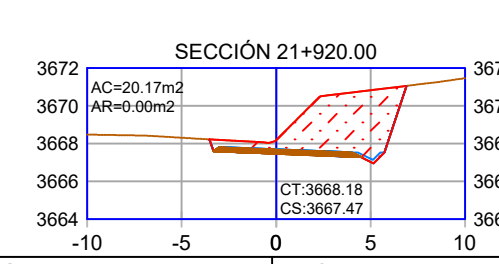
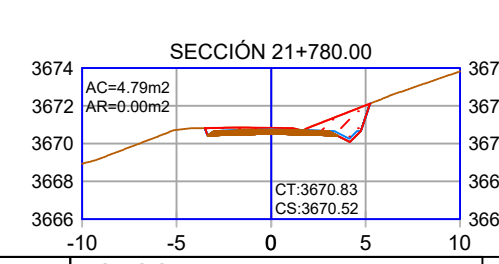
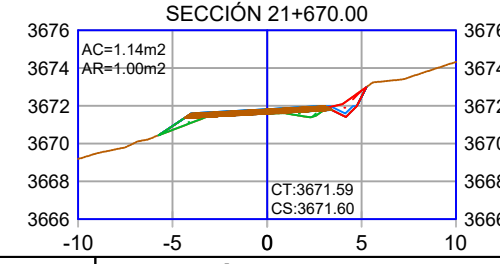
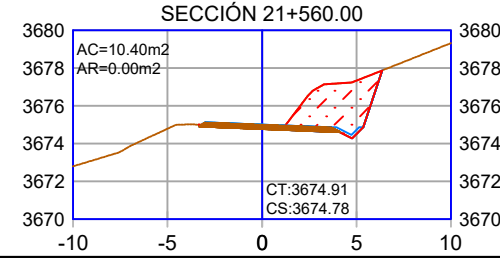
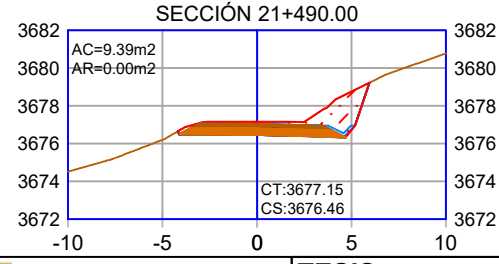
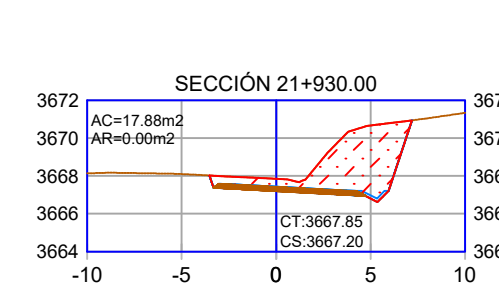
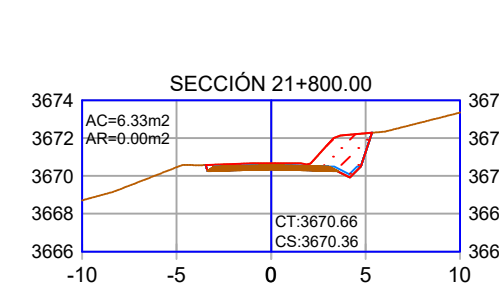
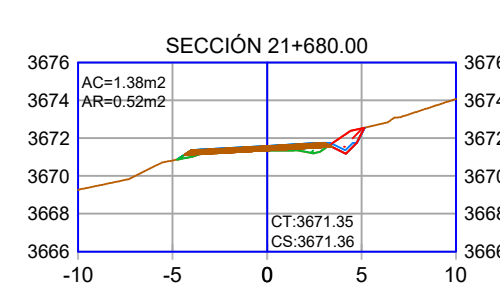
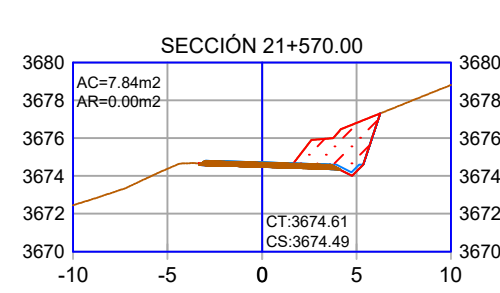
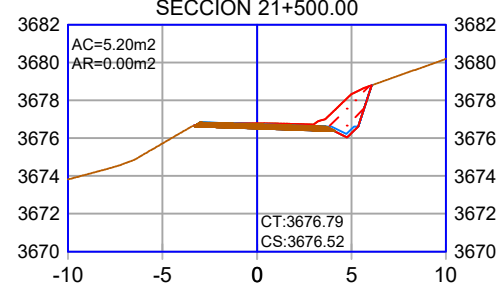
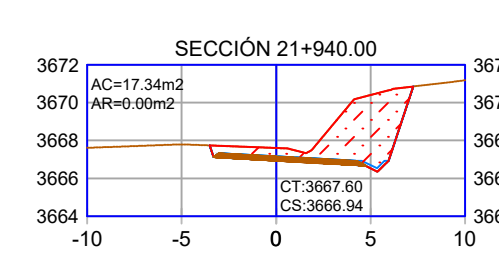
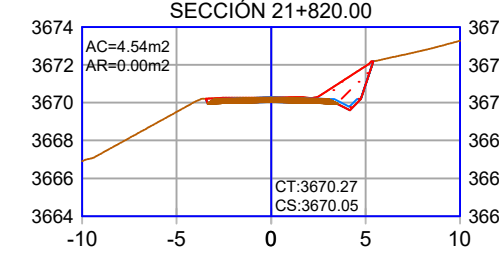
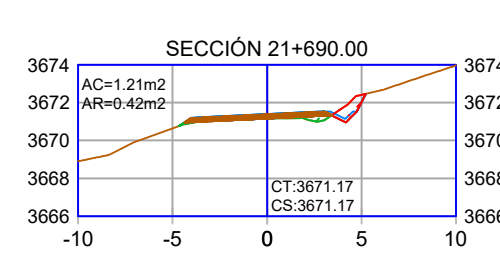
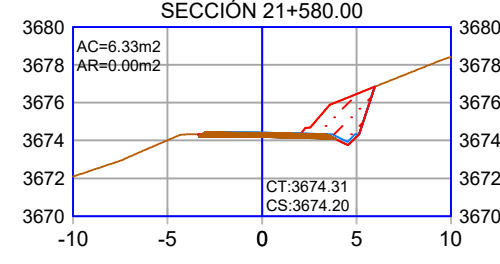
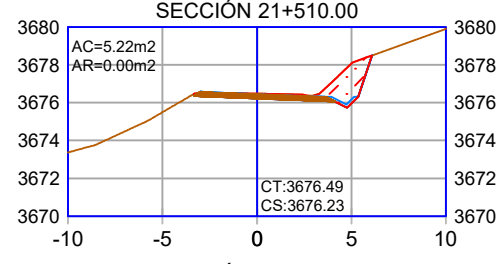
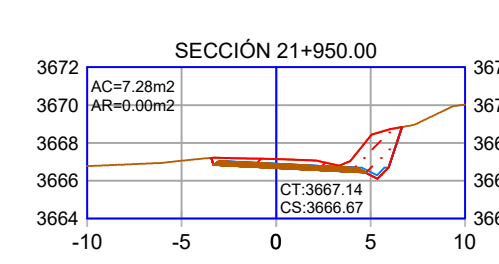
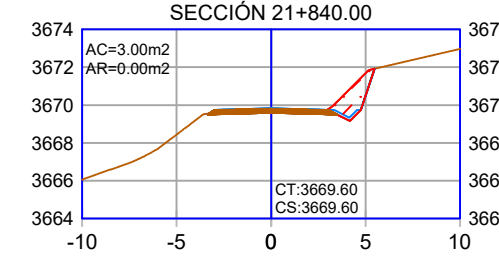
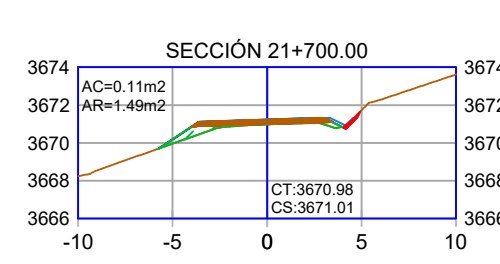
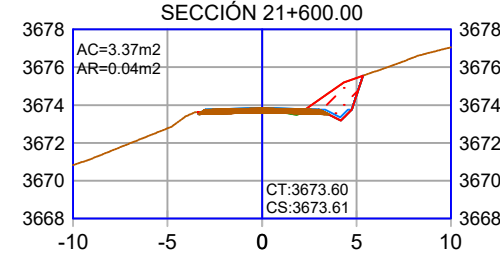
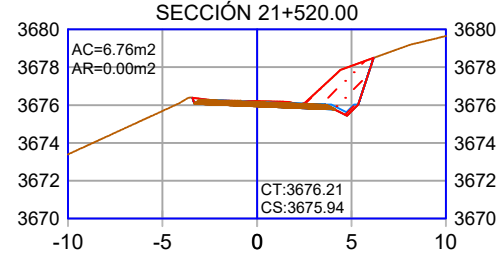
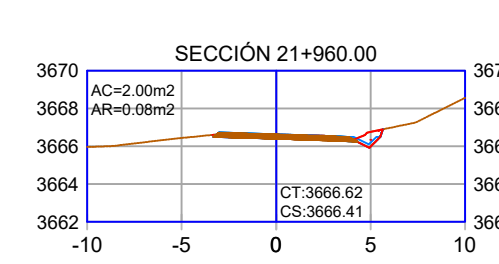
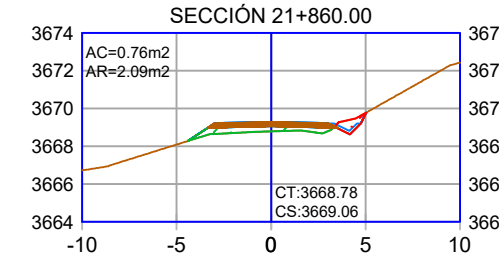
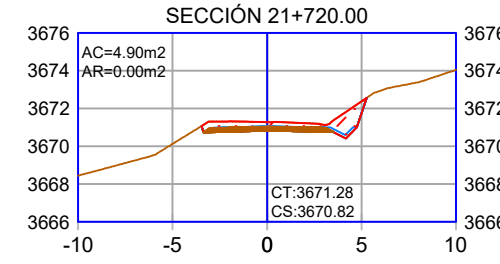
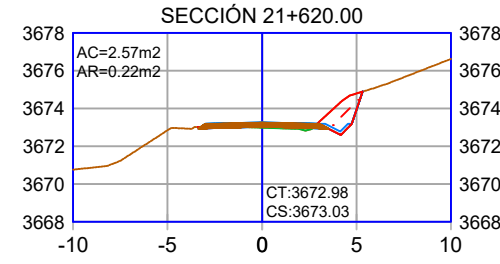
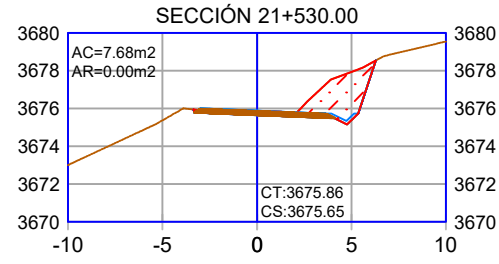
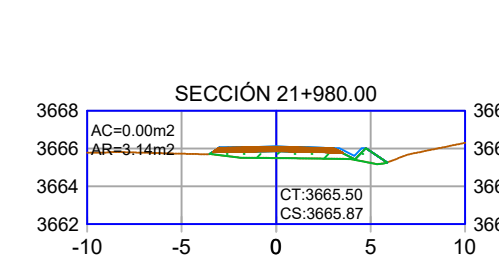
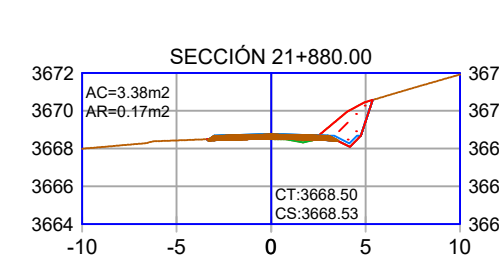
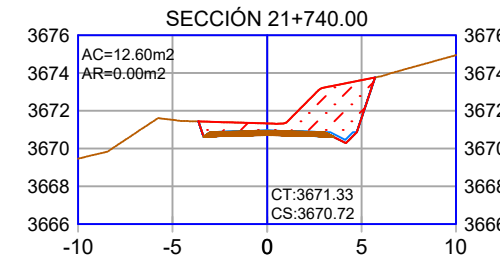
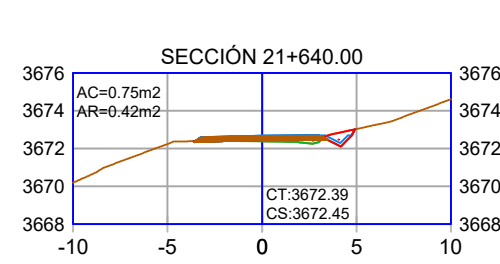
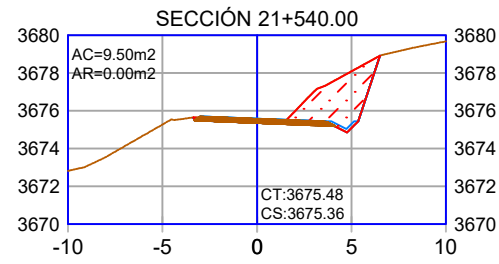
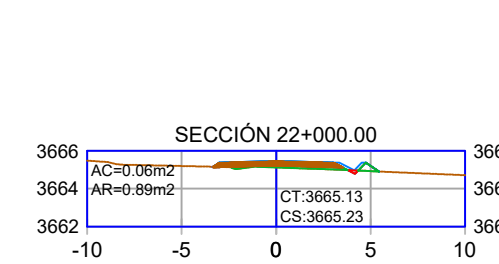
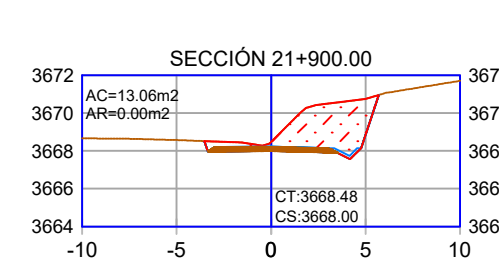
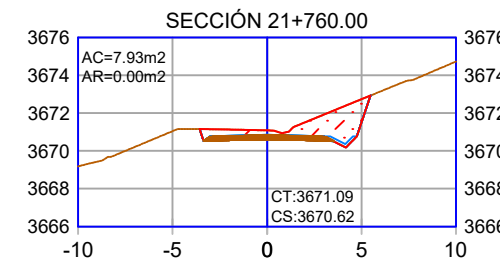
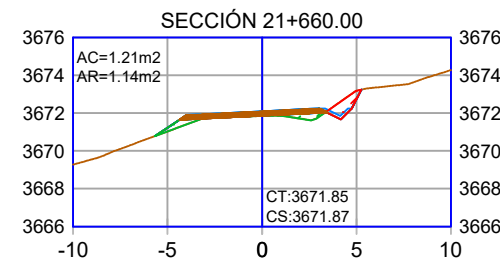
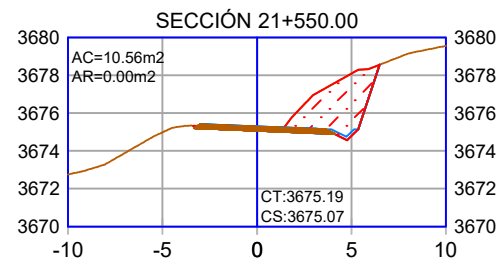
**TESIS:**  
 "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**  
**REGIÓN:** CAJAMARCA  
**PROVINCIA:** CAJAMARCA  
**DISTRITOS:** CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**  
 Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA  
**TESISTA:**  
 Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**  
 SECCIONES TRANSVERSALES  
**ESCALA:**  
 1/400

**FECHA:**  
 JULIO DEL 2024  
**PLANO:**  
 ST-07



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS:

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

UBICACIÓN:

REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

ASESOR:

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

TESISTA:

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA:

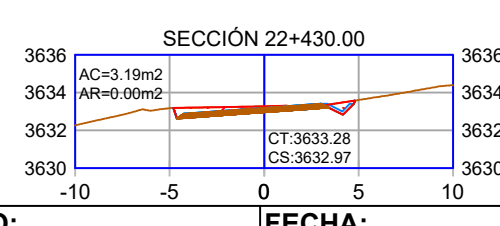
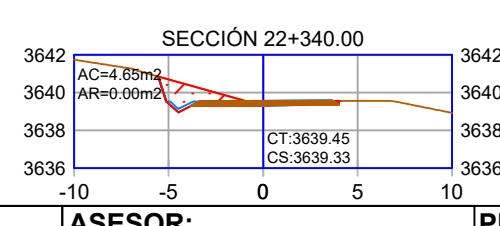
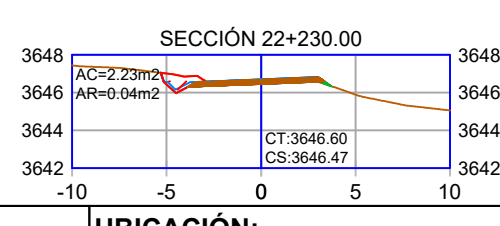
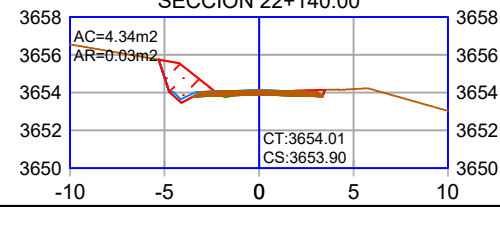
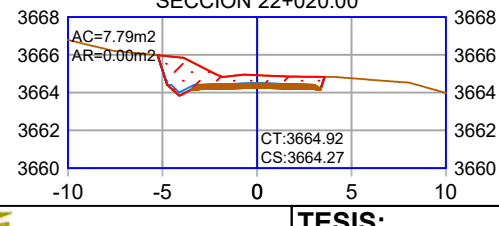
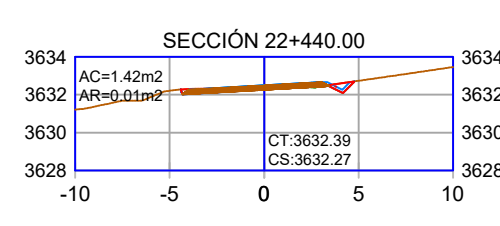
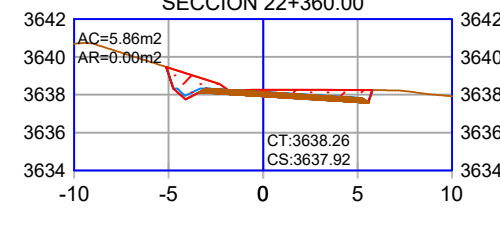
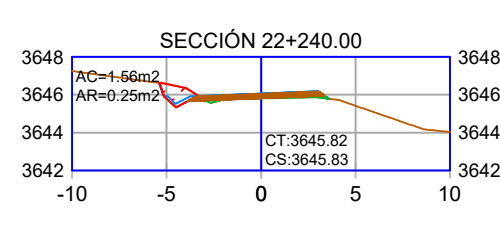
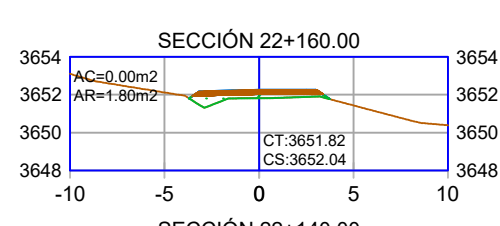
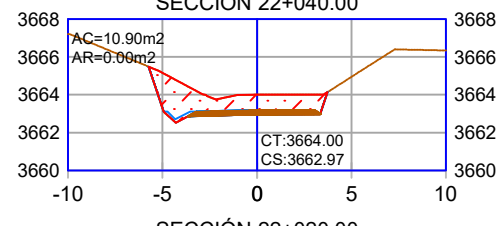
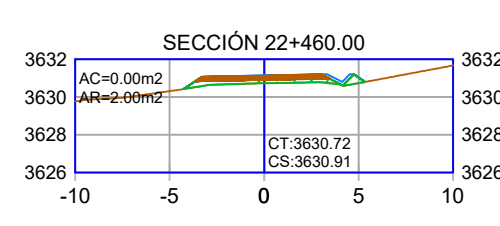
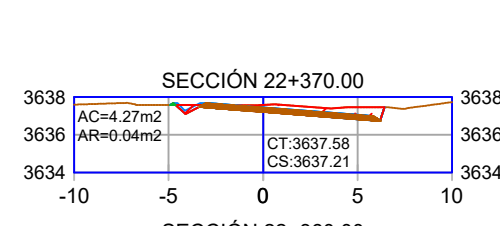
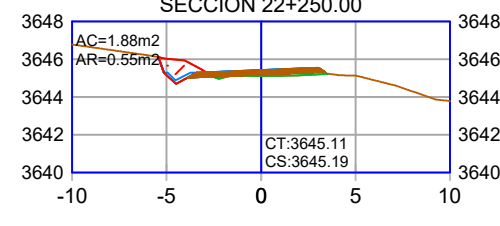
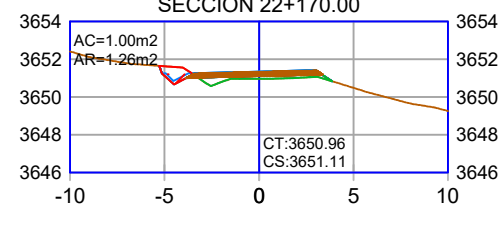
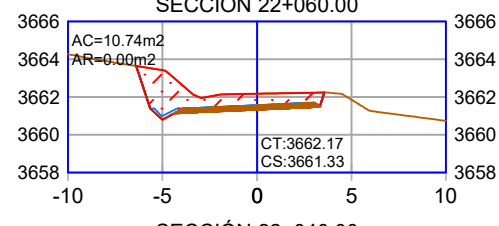
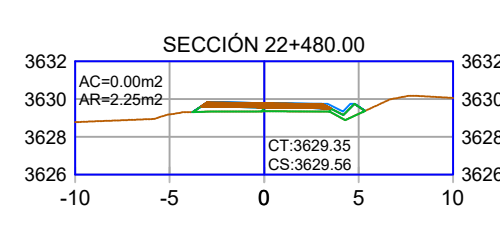
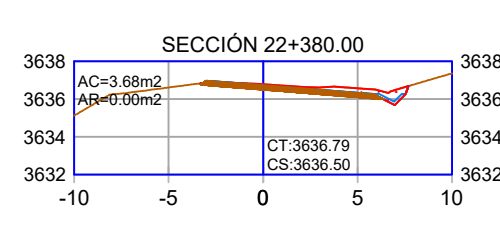
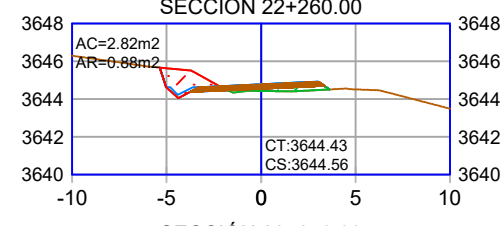
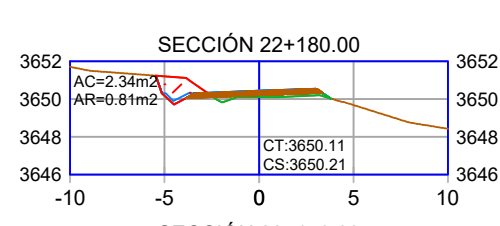
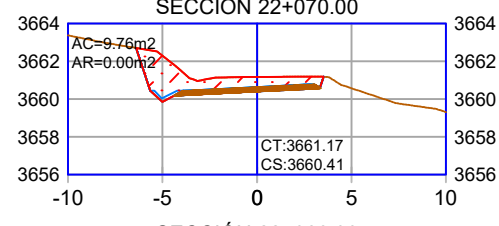
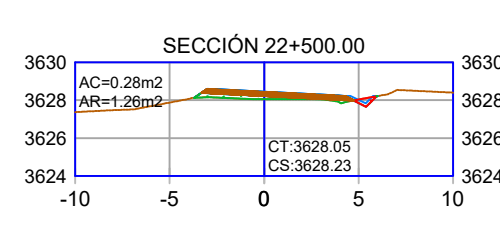
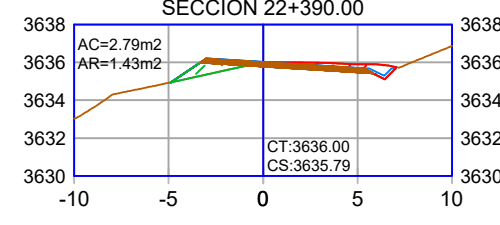
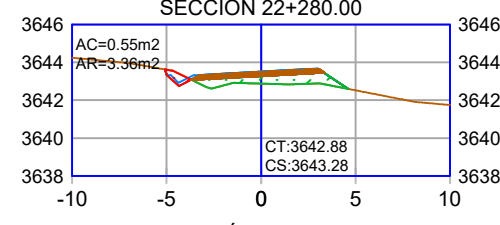
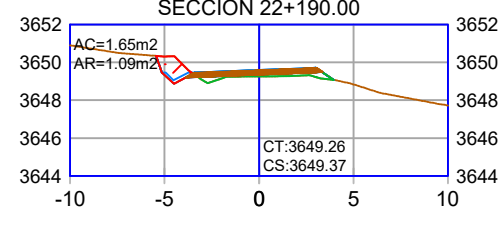
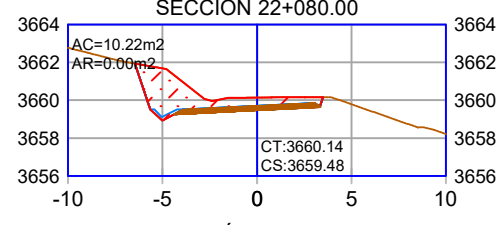
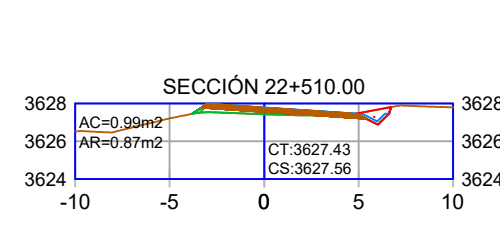
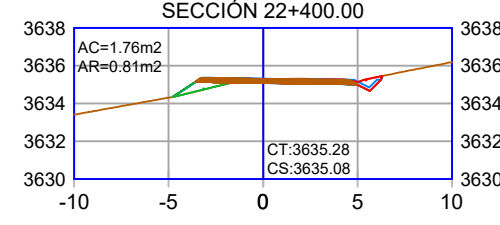
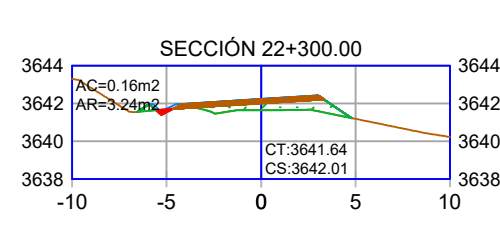
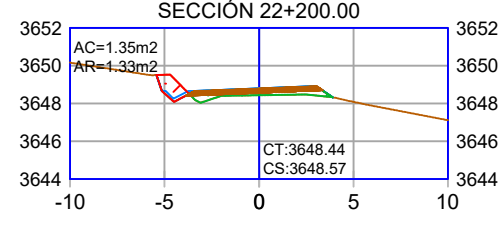
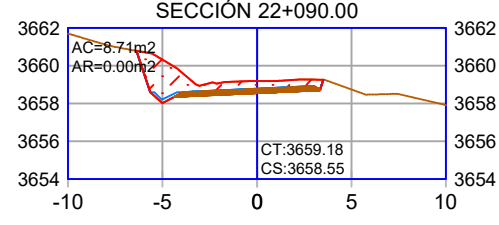
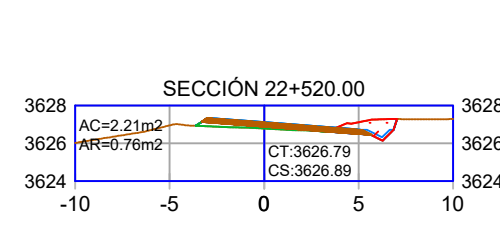
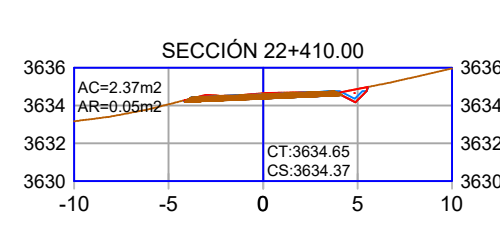
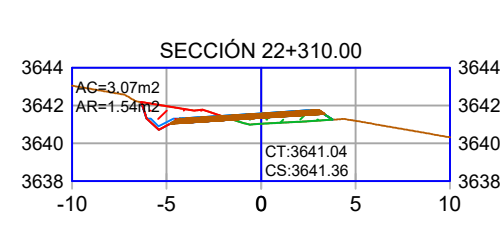
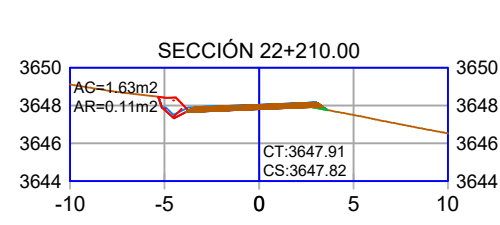
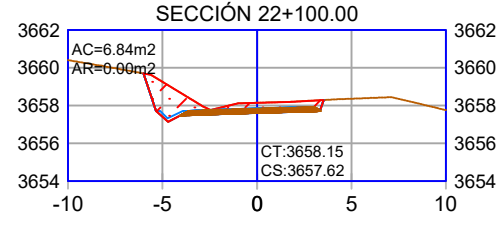
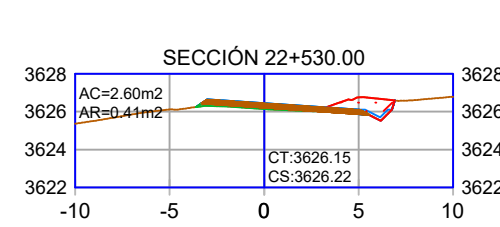
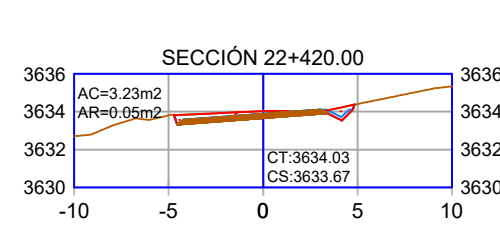
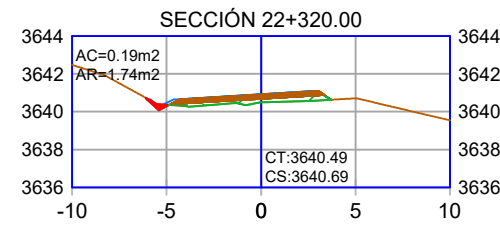
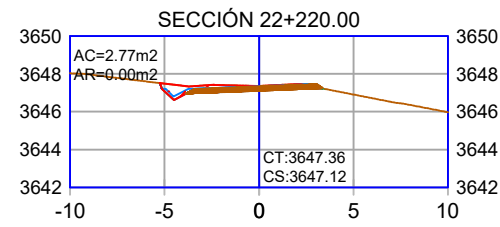
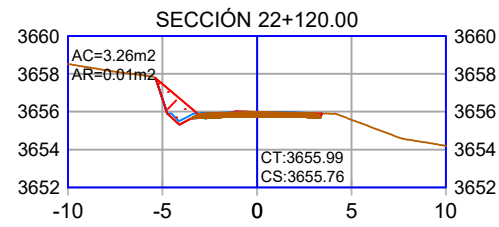
1/400

FECHA:

JULIO DEL 2024

PLANO:

ST-08



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS:

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

UBICACIÓN:

REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

ASESOR:

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

TESISTA:

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA:

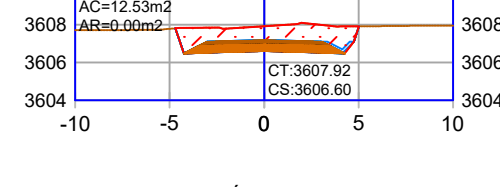
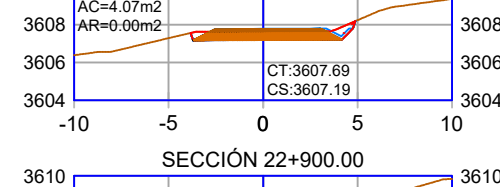
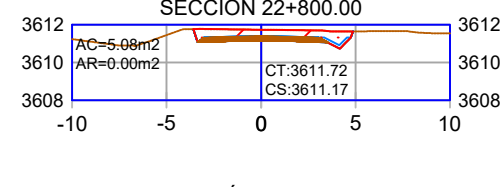
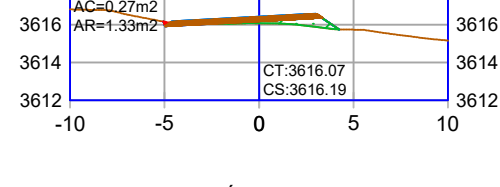
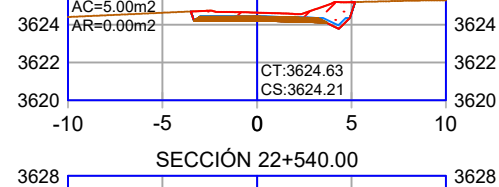
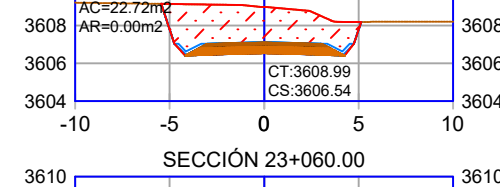
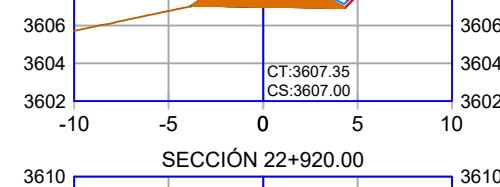
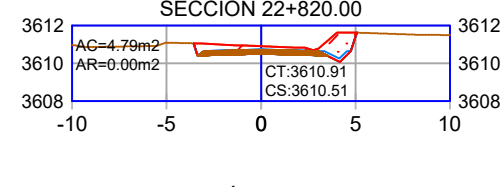
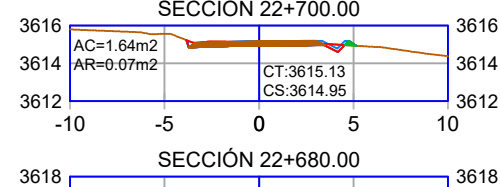
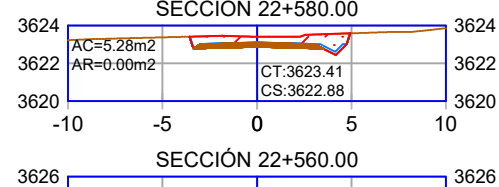
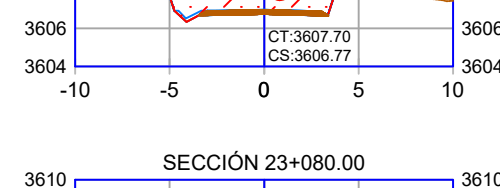
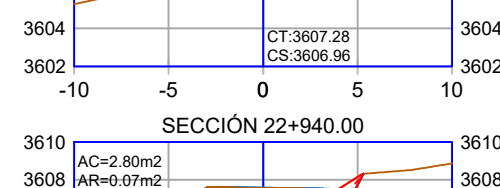
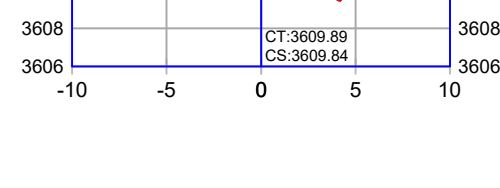
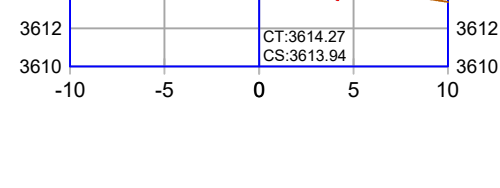
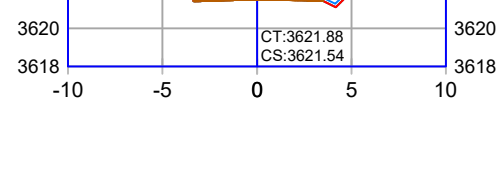
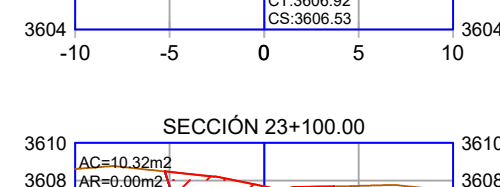
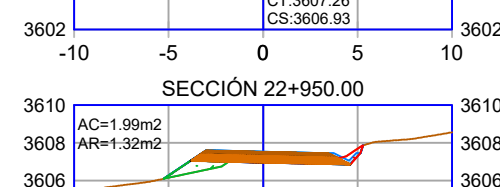
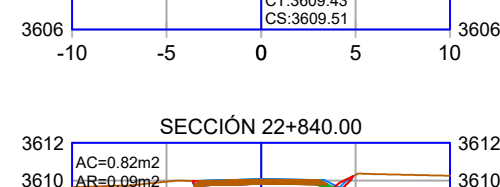
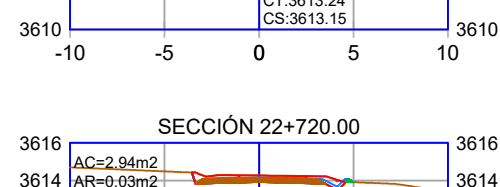
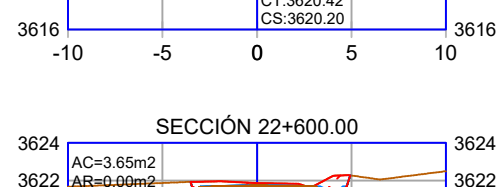
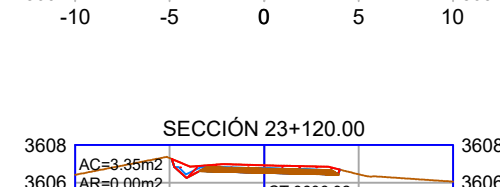
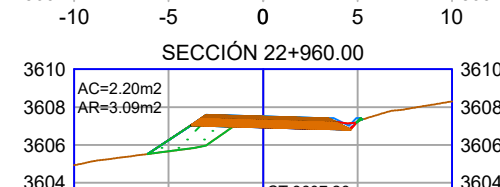
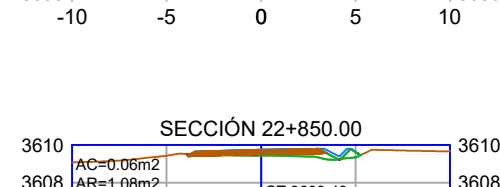
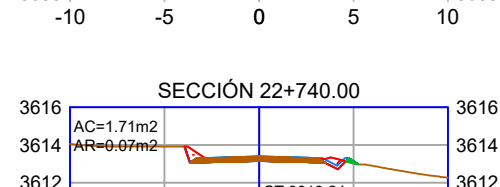
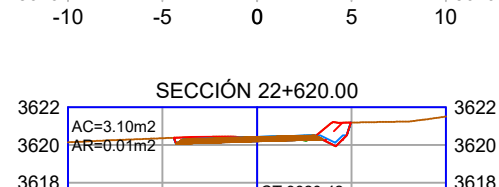
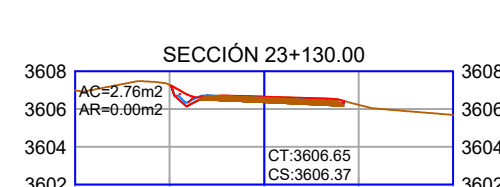
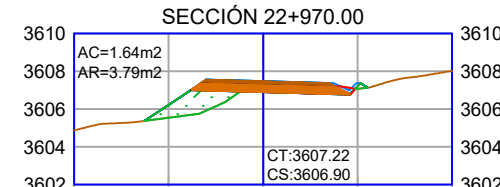
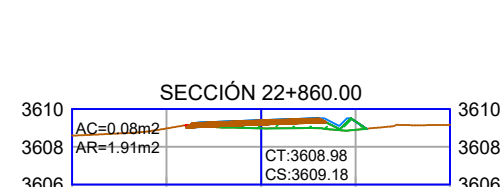
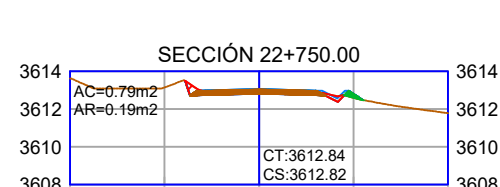
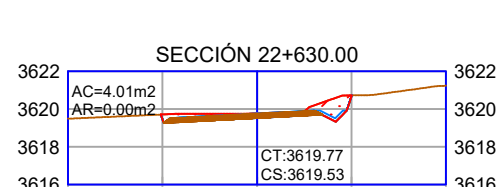
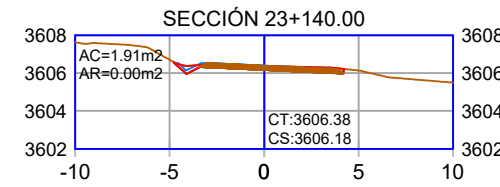
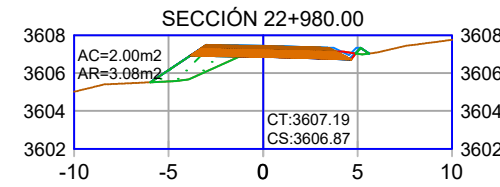
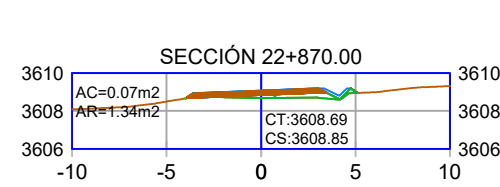
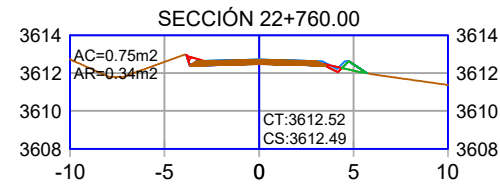
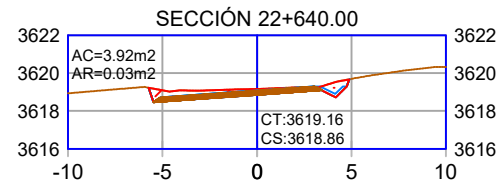
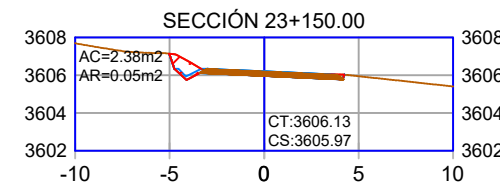
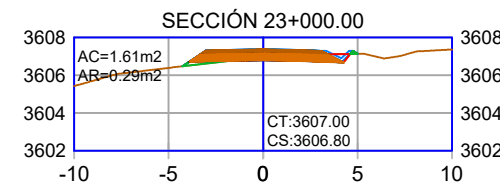
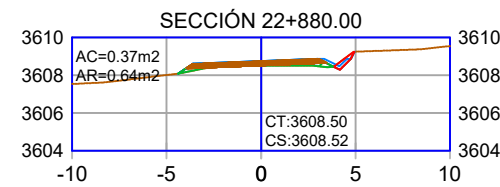
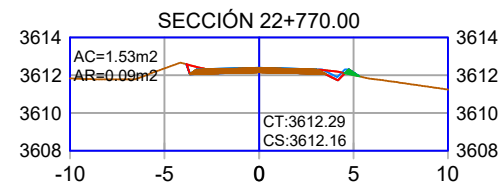
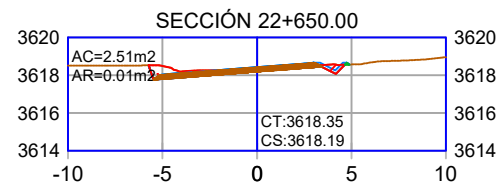
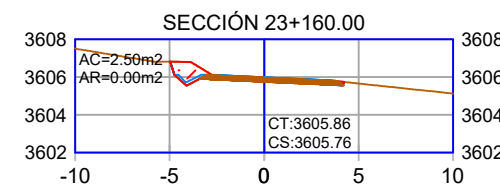
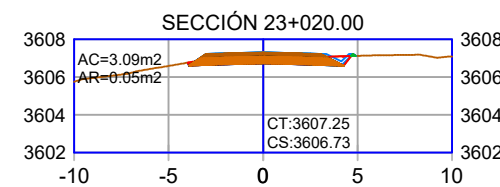
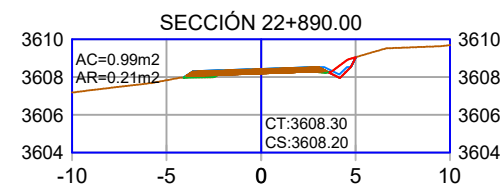
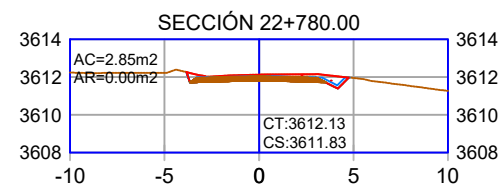
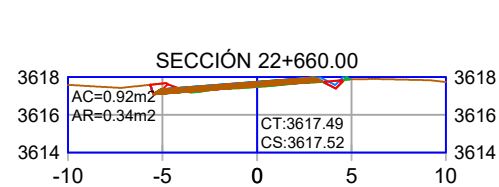
1/400

FECHA:

JULIO DEL 2024

PLANO:

ST-09



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**TESIS:**

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**

**REGIÓN:** CAJAMARCA  
**PROVINCIA:** CAJAMARCA  
**DISTRITOS:** CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

**TESISTA:**

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**

SECCIONES TRANSVERSALES

**ESCALA:**

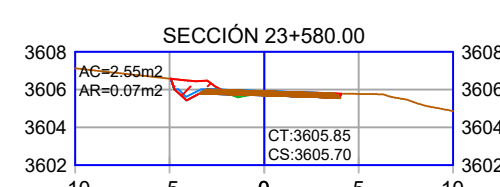
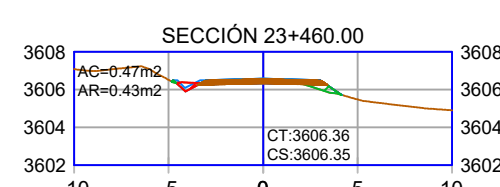
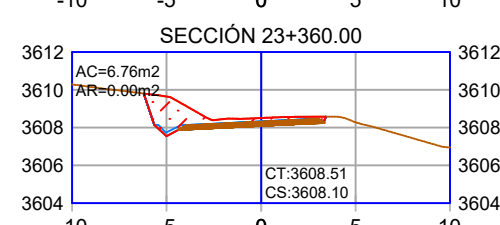
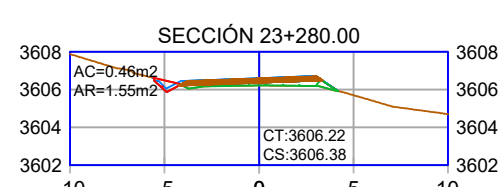
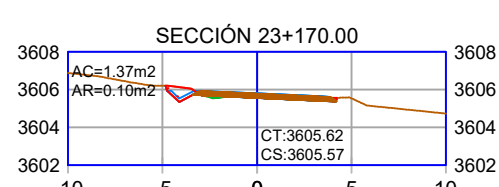
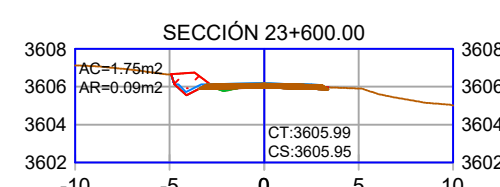
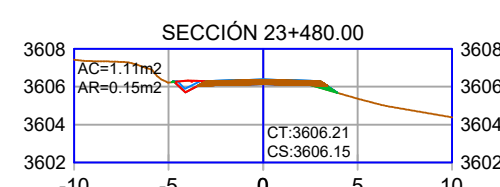
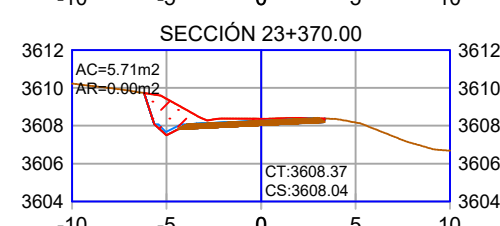
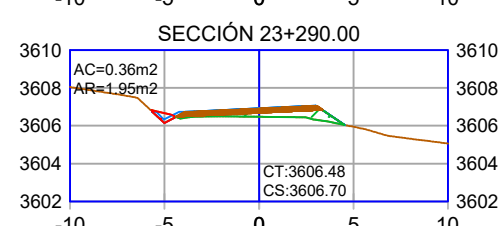
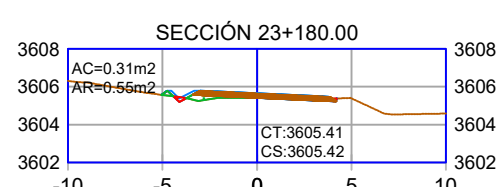
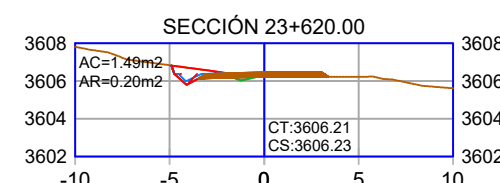
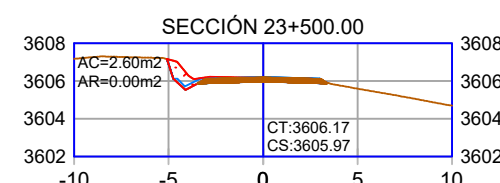
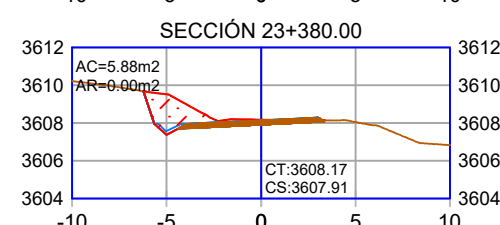
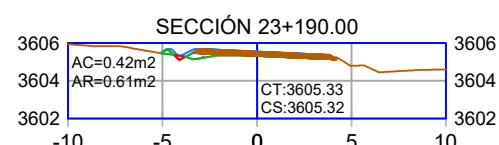
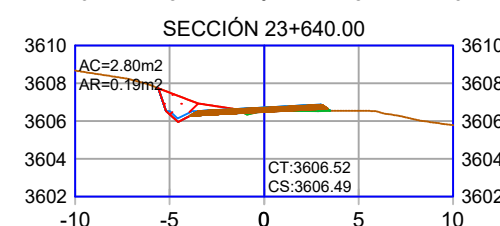
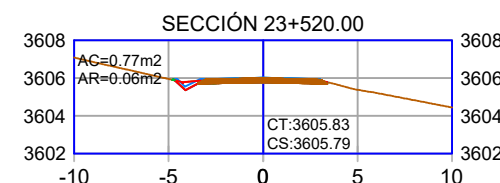
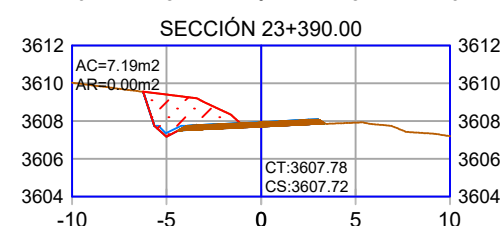
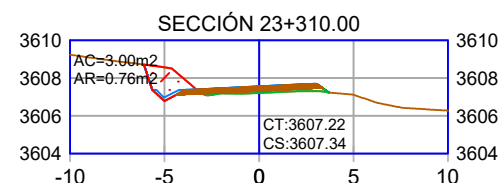
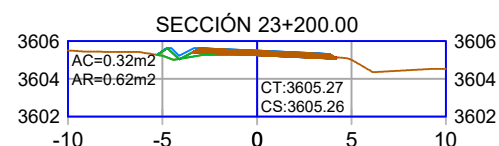
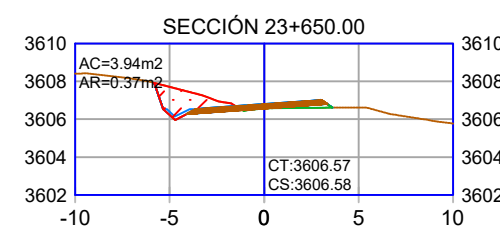
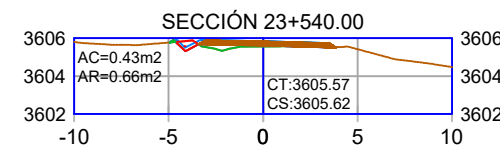
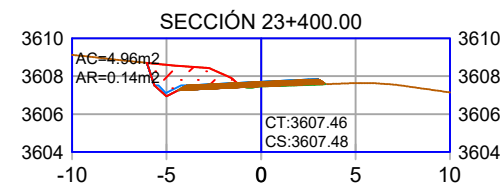
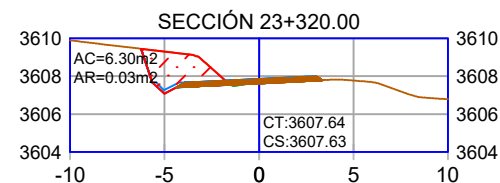
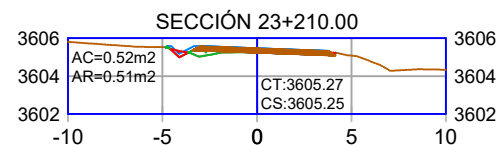
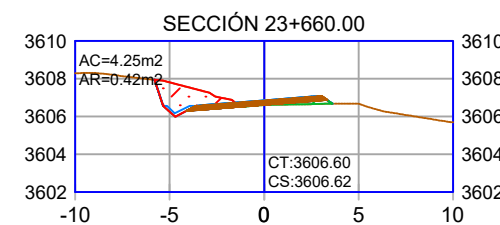
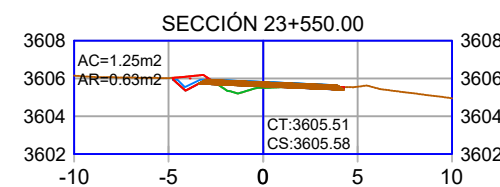
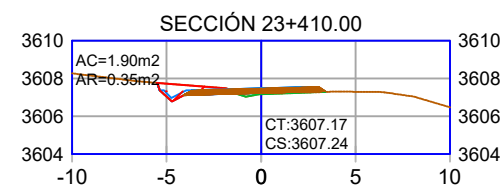
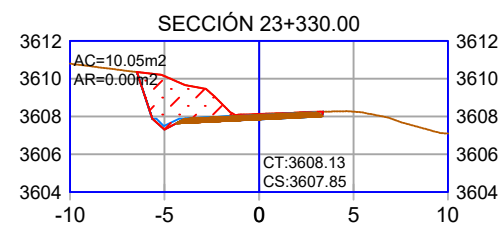
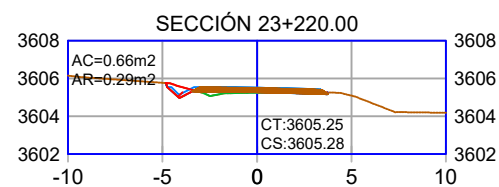
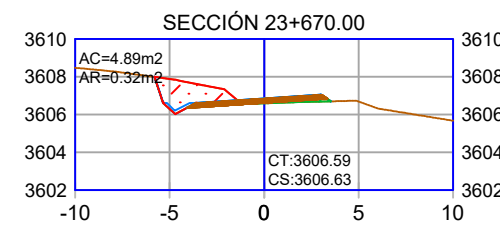
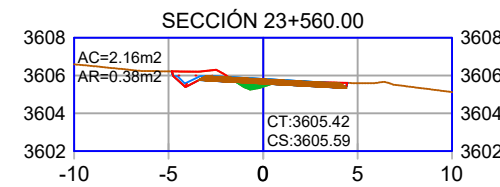
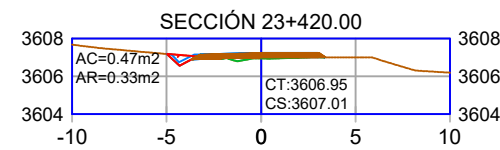
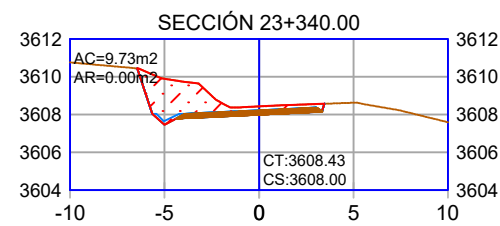
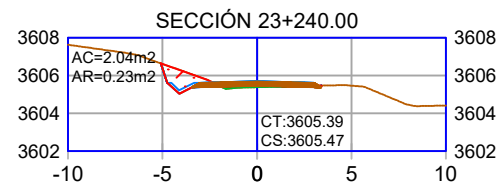
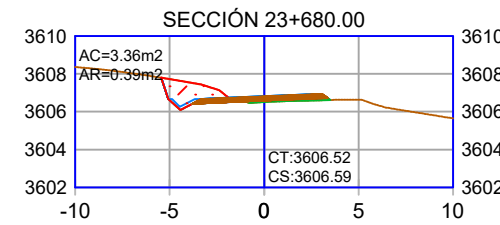
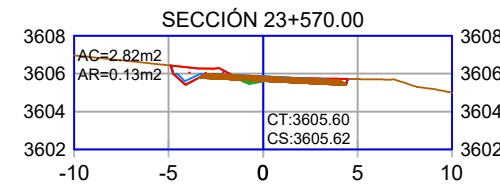
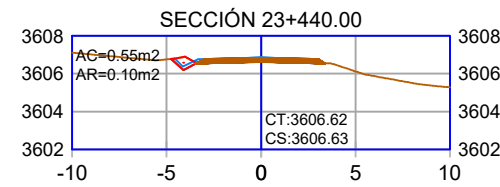
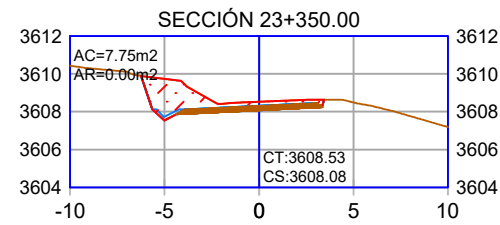
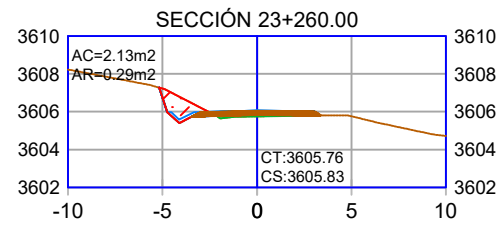
1/400

**FECHA:**

JULIO DEL 2024

**PLANO:**

ST-10



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS:

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

UBICACIÓN:

REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

ASESOR:

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

TESISTA:

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA:

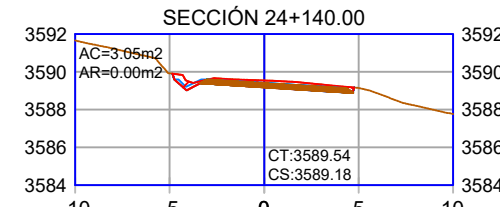
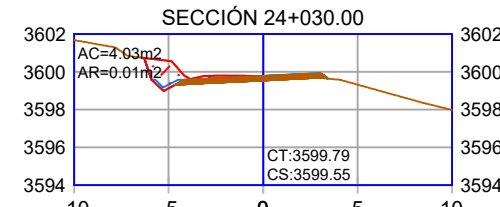
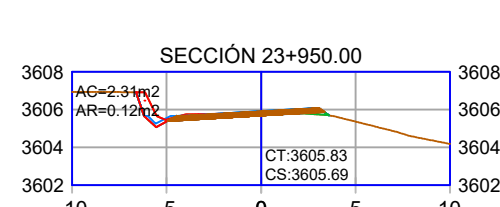
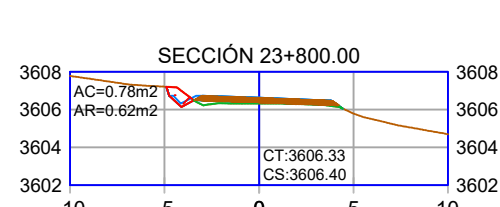
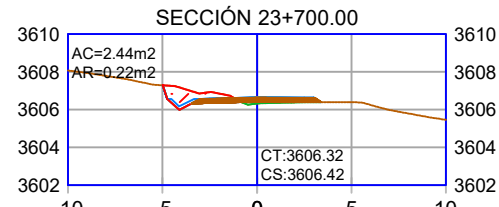
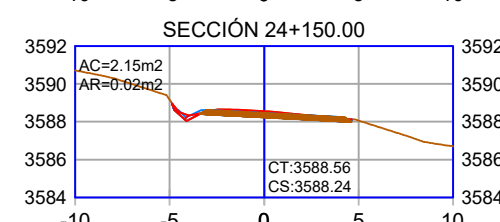
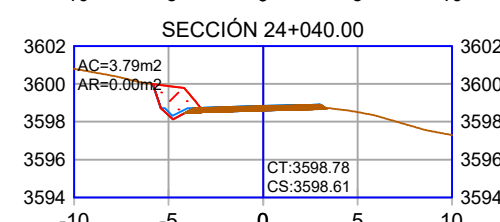
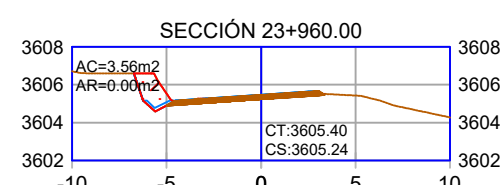
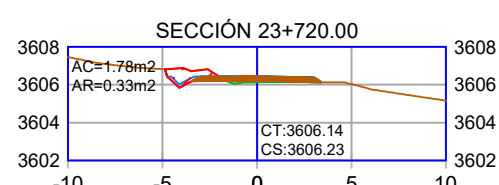
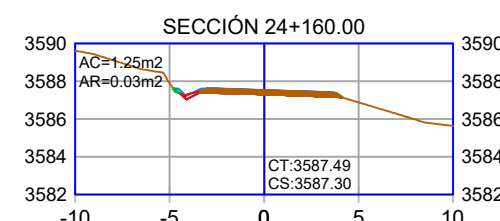
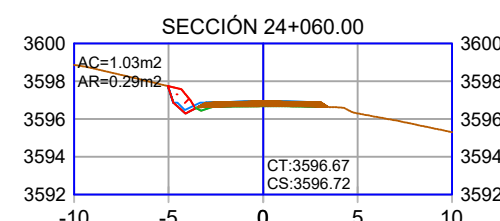
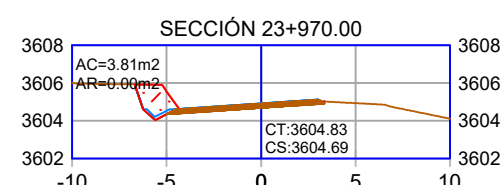
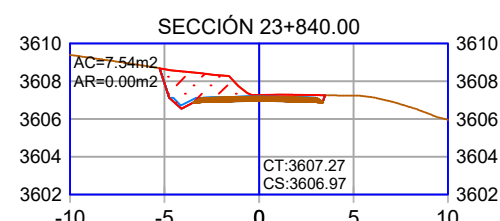
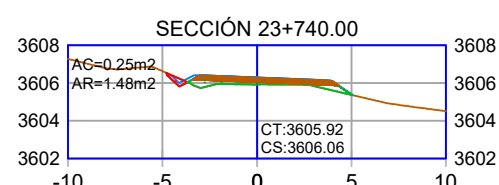
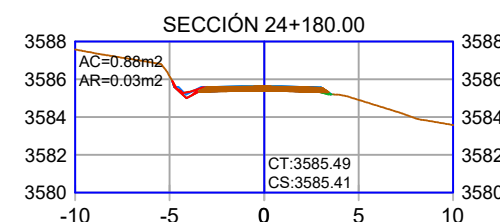
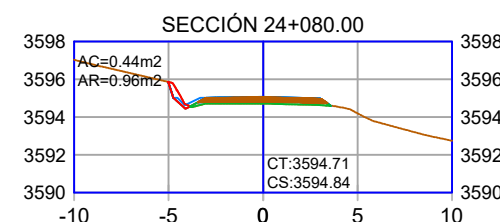
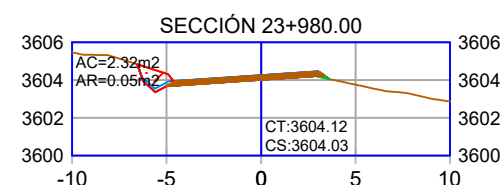
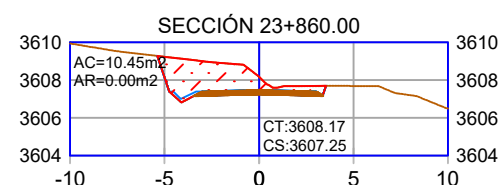
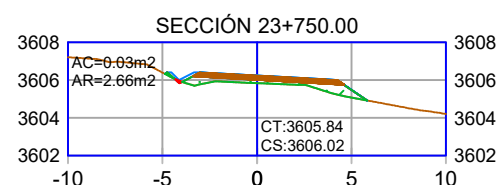
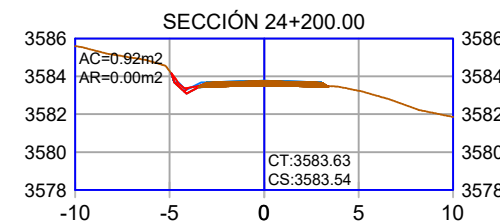
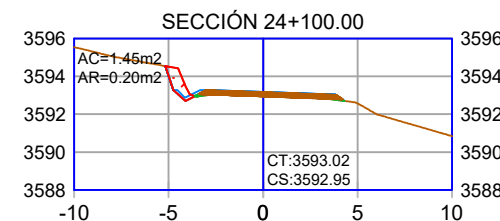
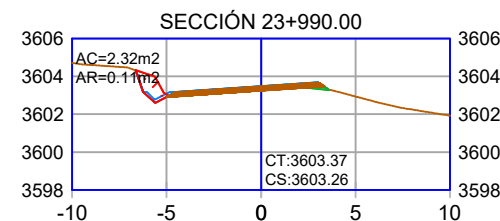
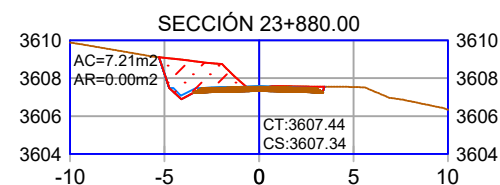
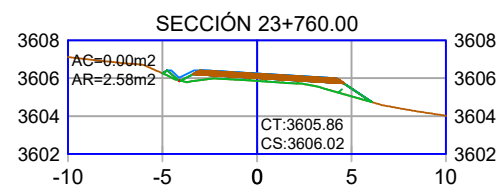
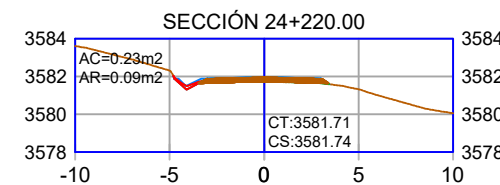
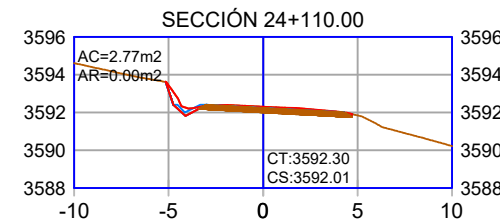
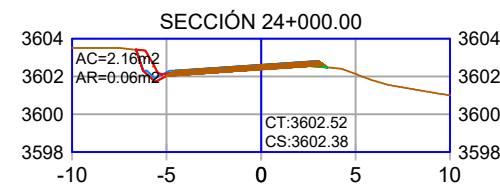
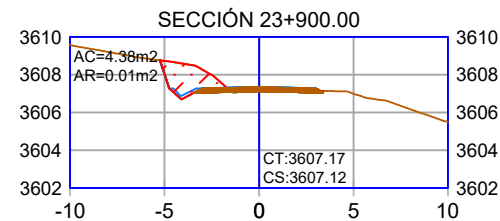
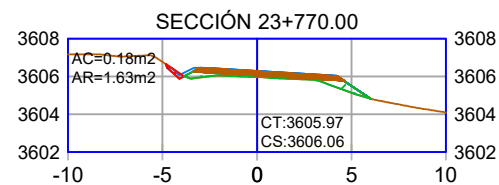
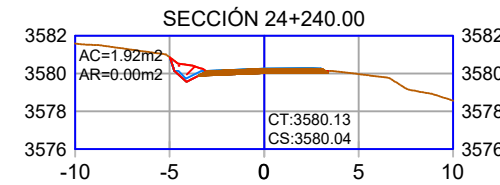
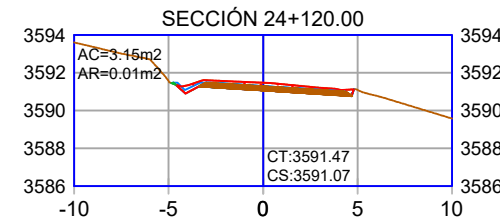
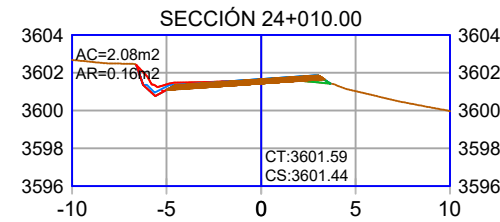
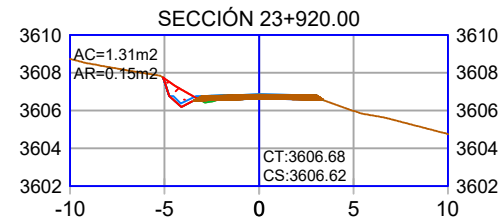
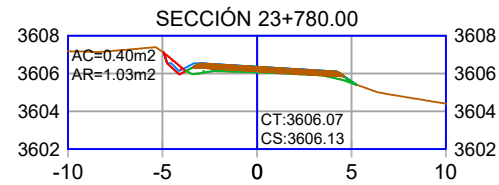
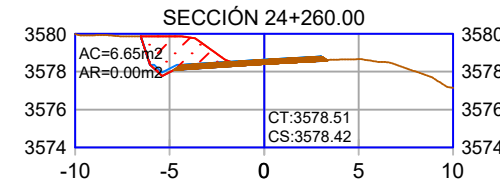
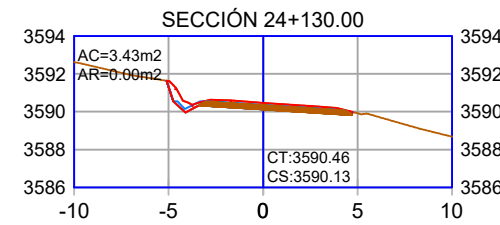
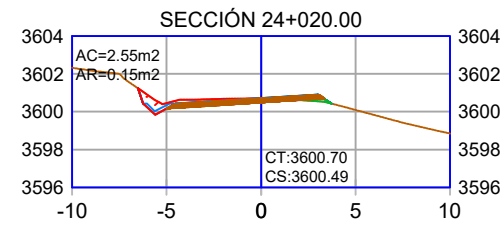
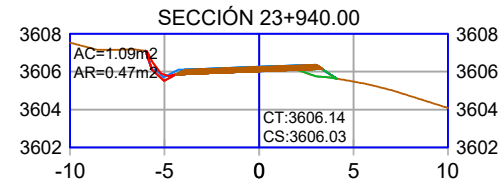
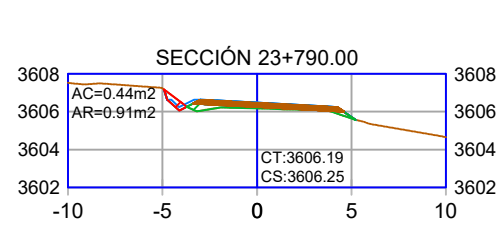
1/400

FECHA:

JULIO DEL 2024

PLANO:

ST-11



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS:

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

UBICACIÓN:

REGIÓN: CAJAMARCA  
 PROVINCIA: CAJAMARCA  
 DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

ASESOR:

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

TESISTA:

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA:

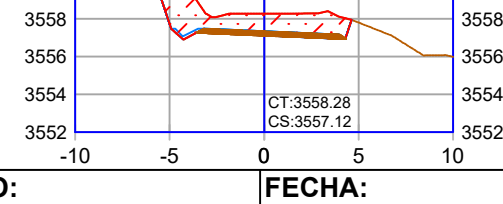
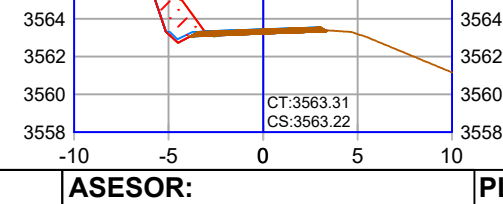
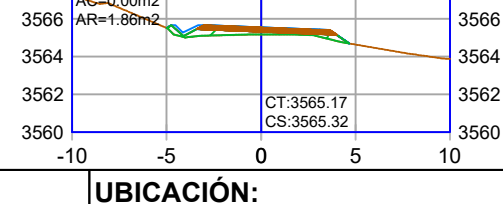
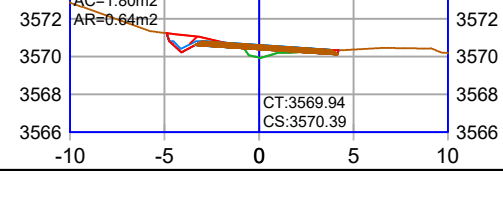
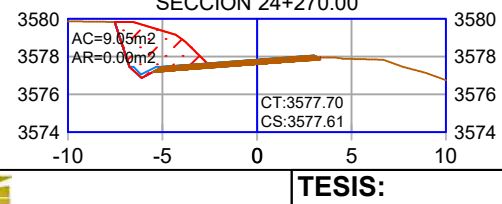
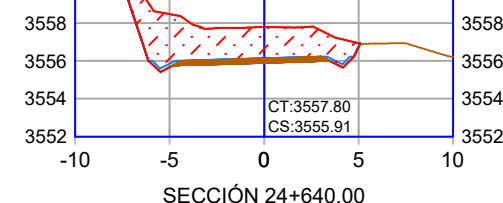
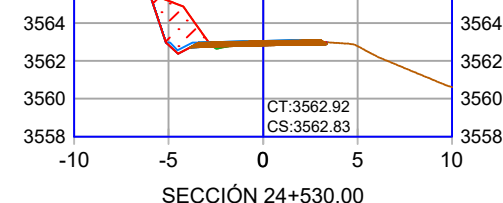
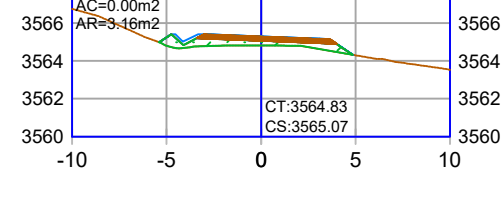
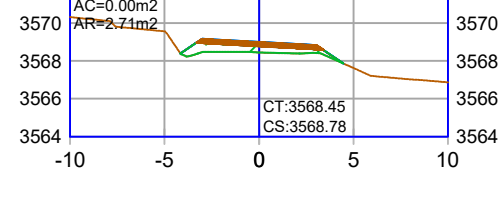
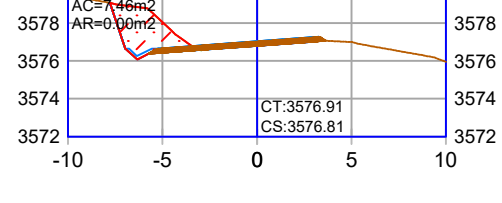
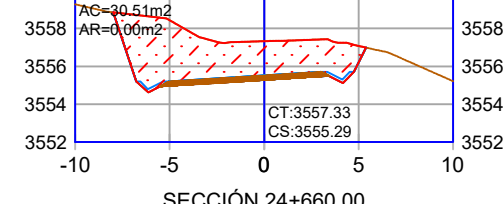
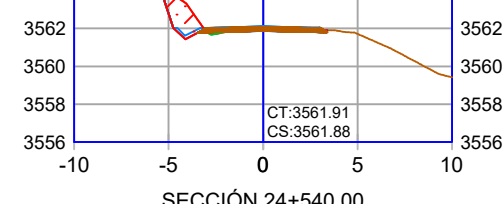
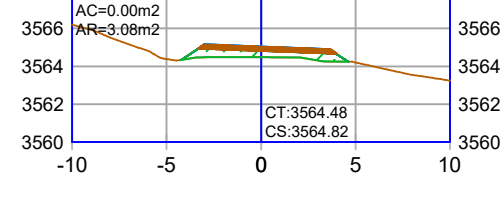
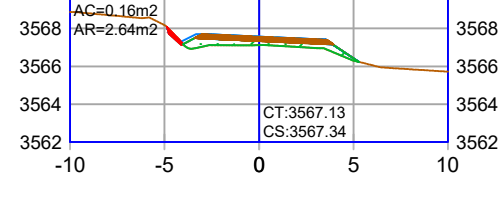
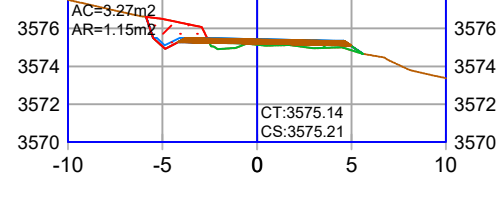
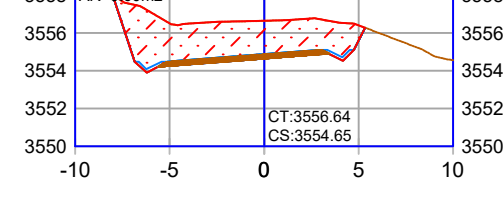
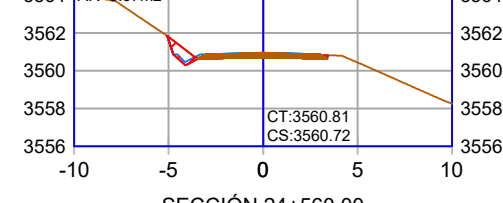
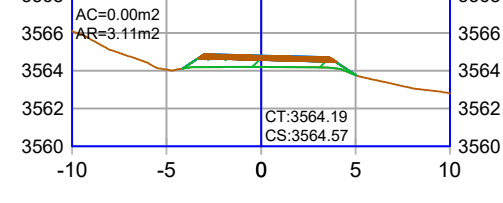
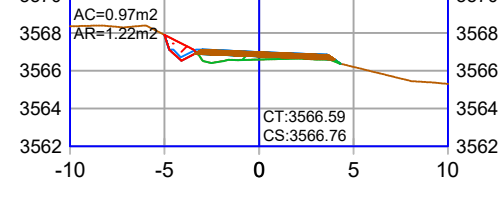
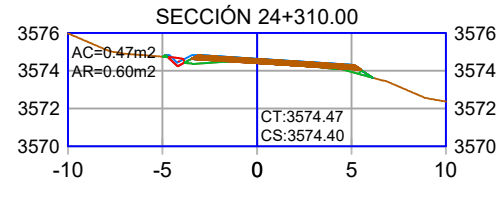
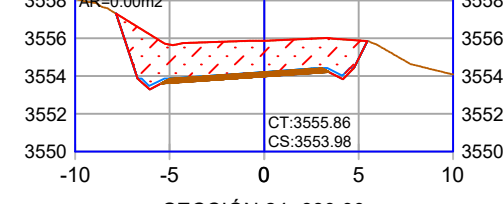
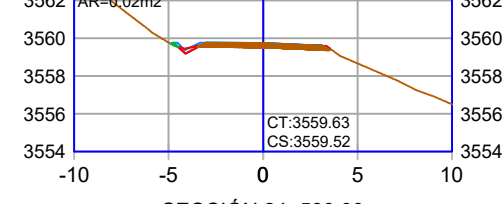
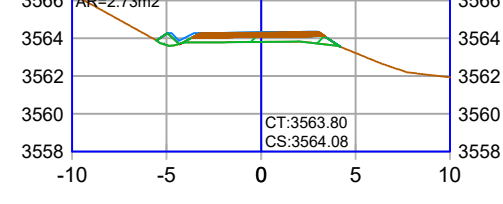
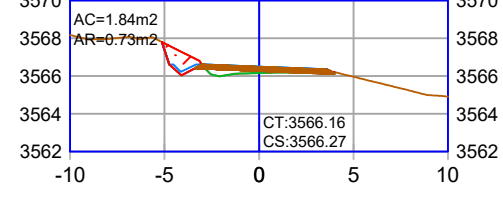
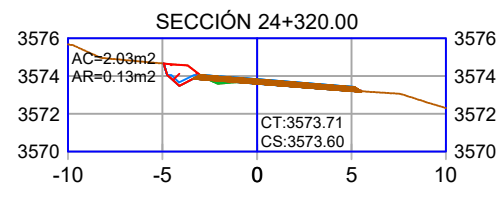
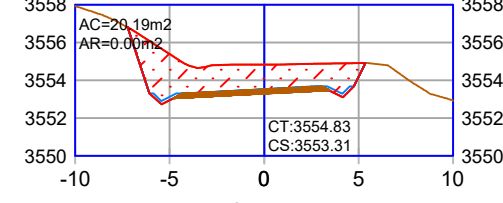
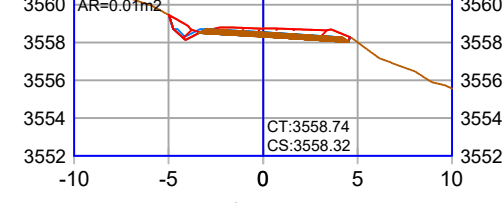
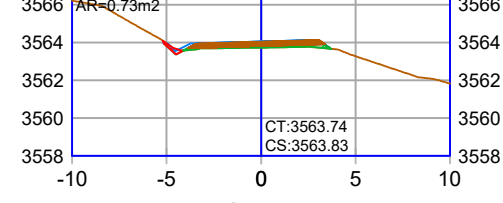
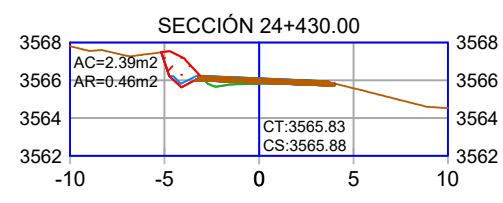
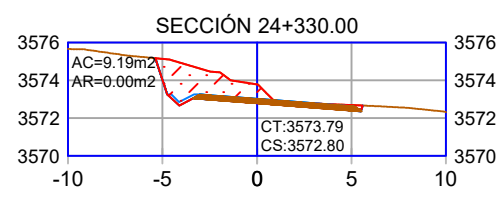
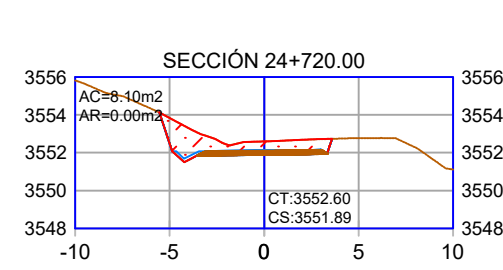
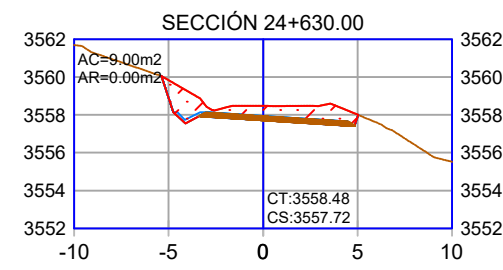
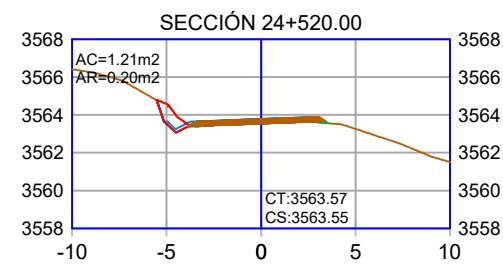
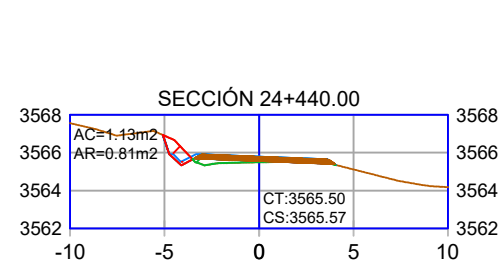
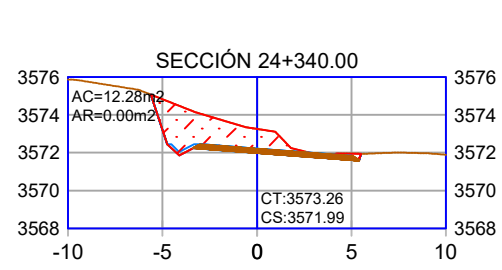
1/400

FECHA:

JULIO DEL 2024

PLANO:

ST-12



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**TESIS:**

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**

**REGIÓN:** CAJAMARCA  
**PROVINCIA:** CAJAMARCA  
**DISTRITOS:** CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

**TESISTA:**

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**

SECCIONES TRANSVERSALES

**ESCALA:**

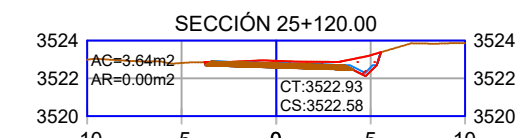
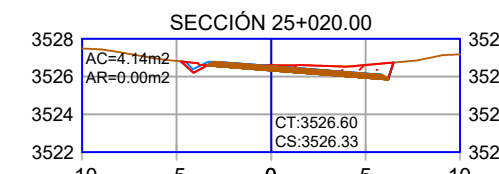
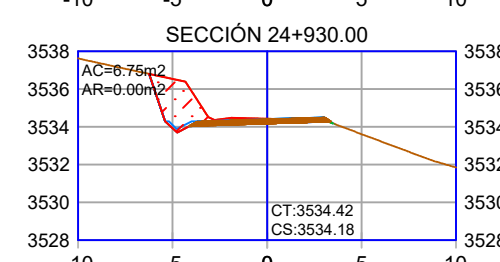
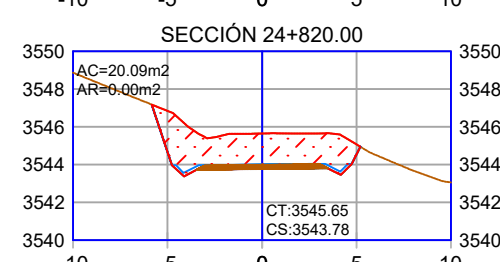
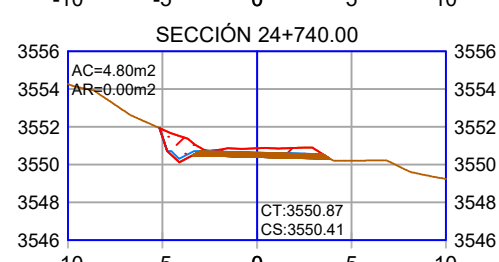
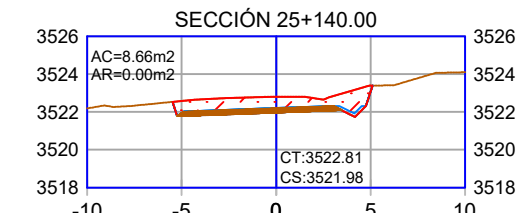
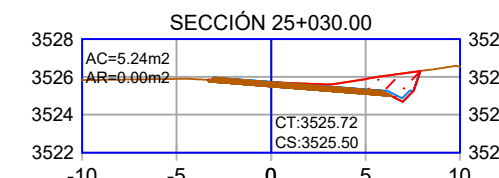
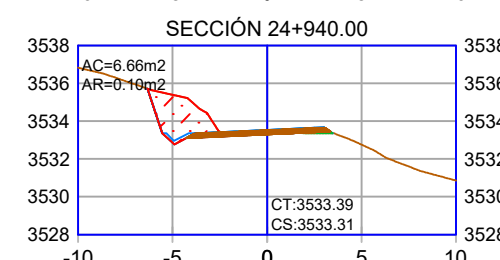
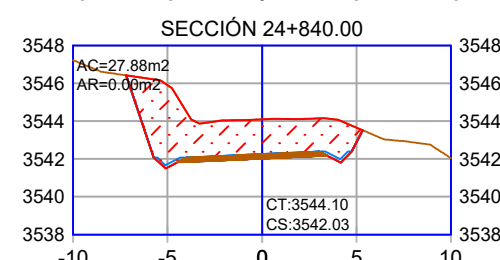
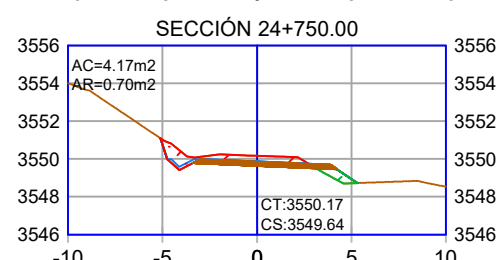
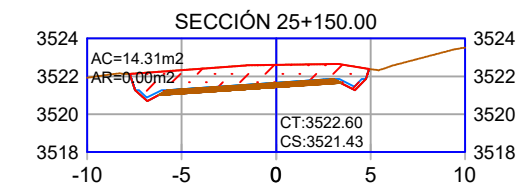
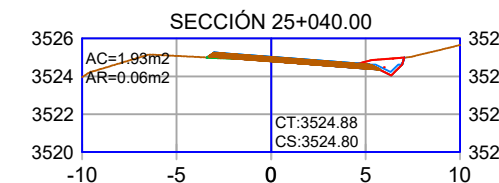
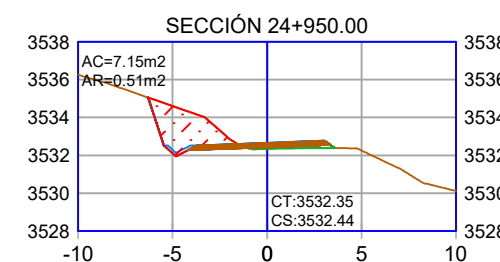
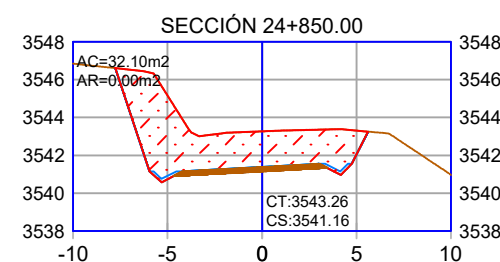
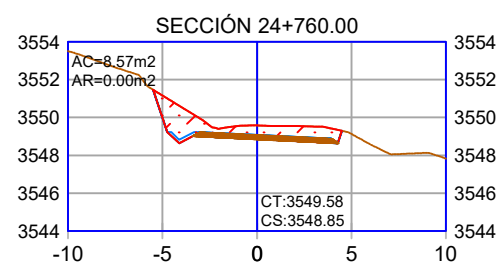
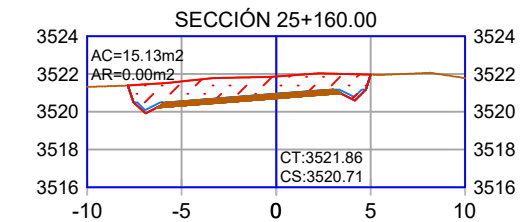
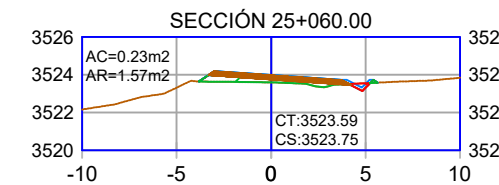
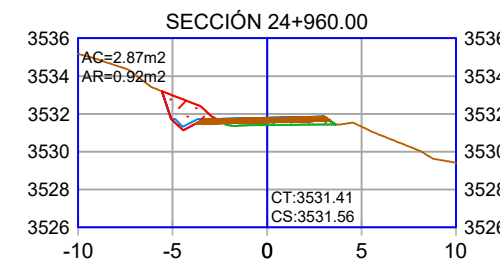
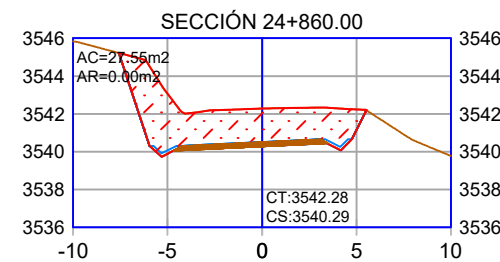
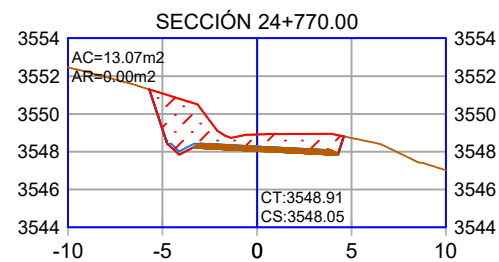
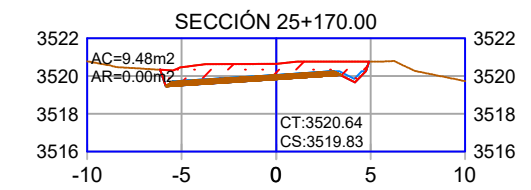
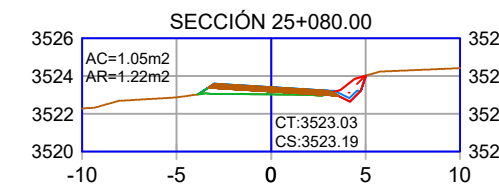
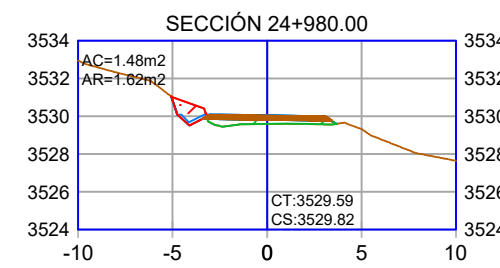
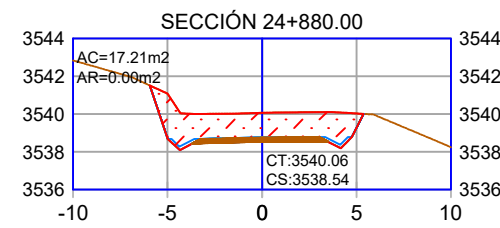
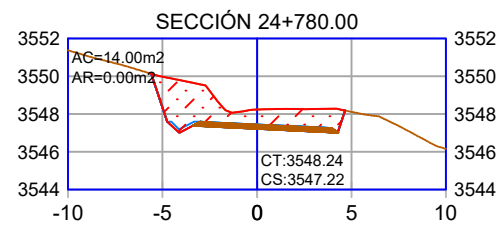
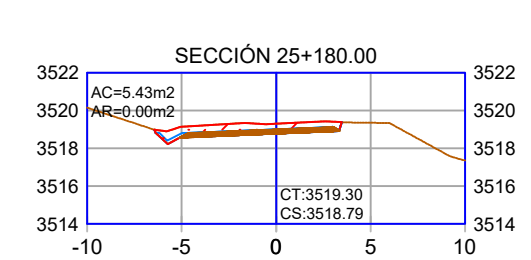
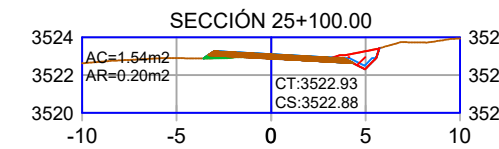
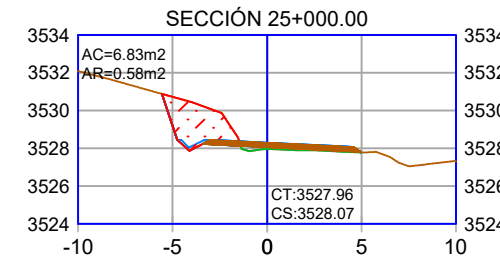
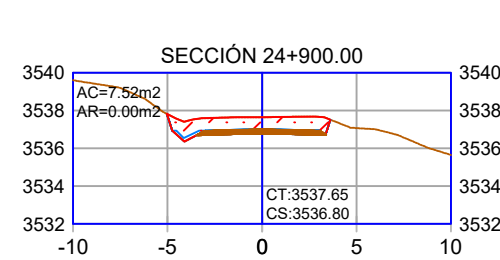
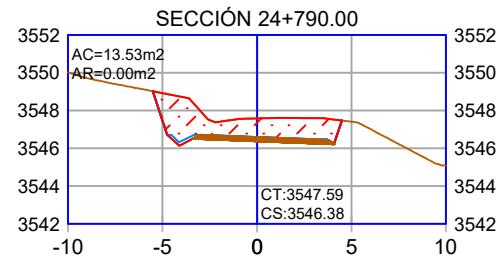
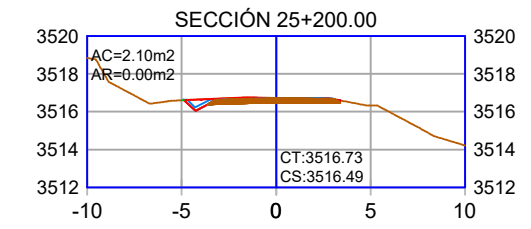
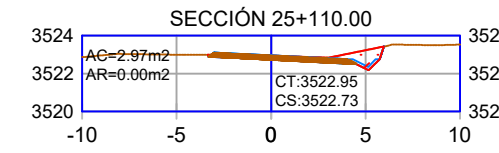
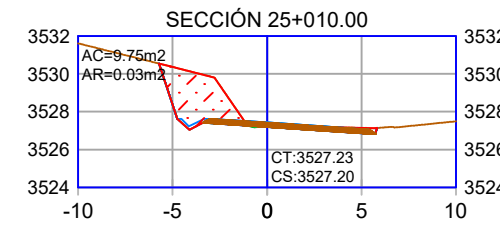
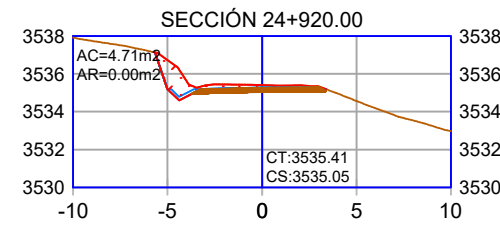
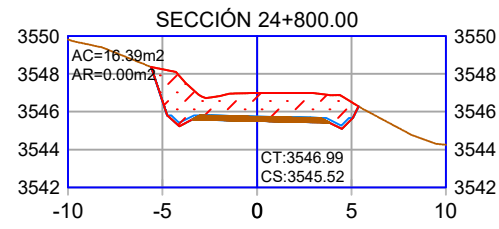
1/400

**FECHA:**

JULIO DEL 2024

**PLANO:**

ST-13



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS:

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

UBICACIÓN:

REGIÓN: CAJAMARCA  
 PROVINCIA: CAJAMARCA  
 DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

ASESOR:

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

TESISTA:

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA:

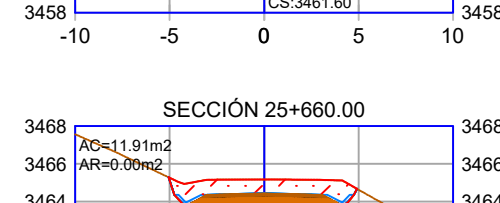
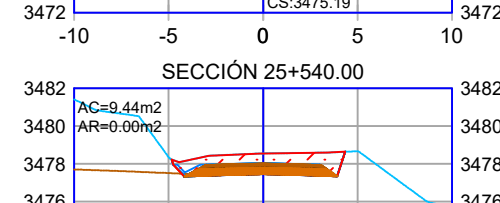
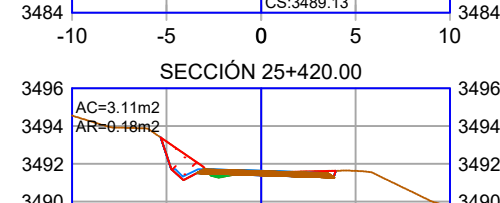
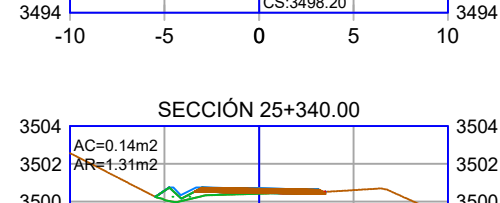
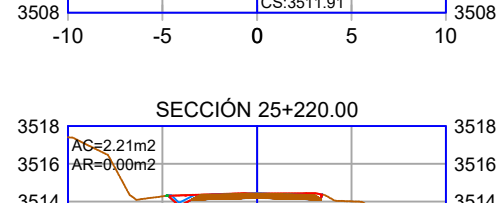
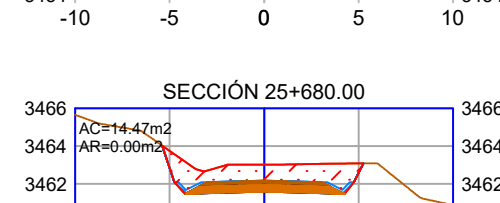
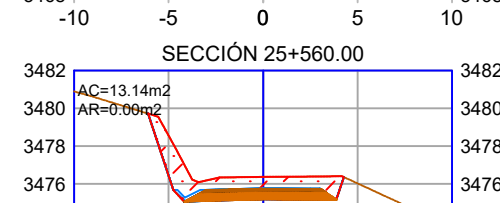
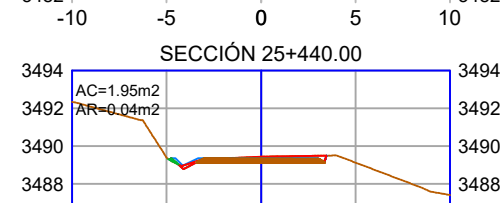
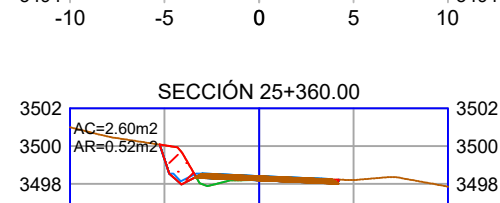
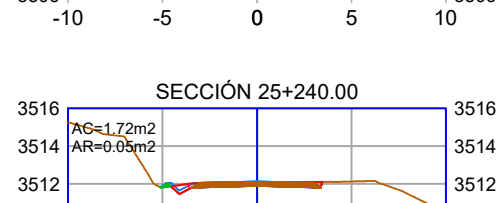
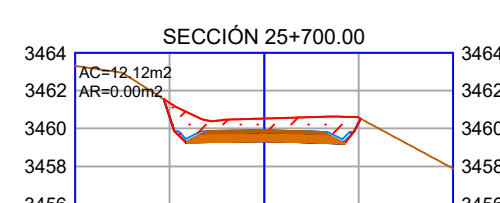
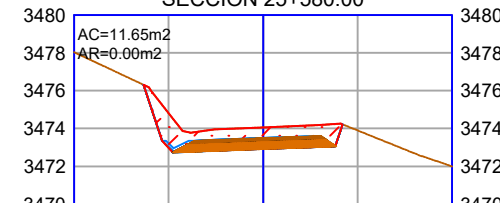
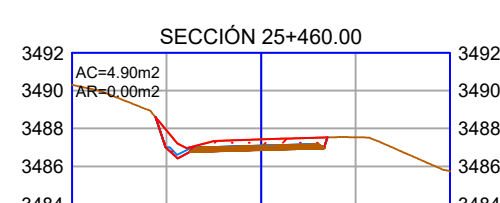
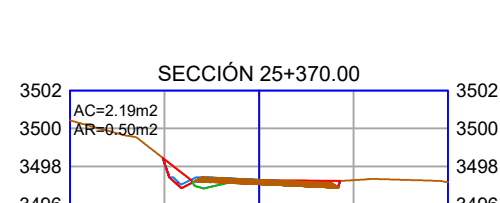
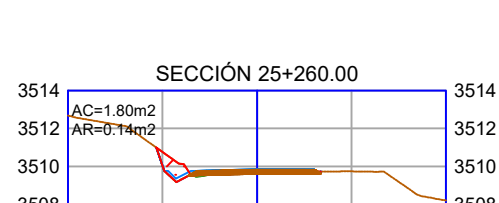
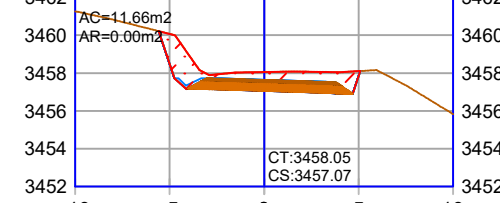
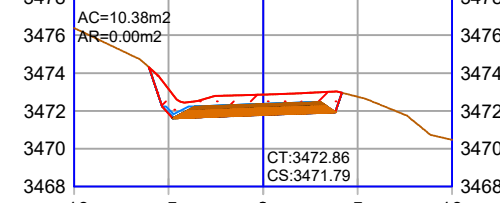
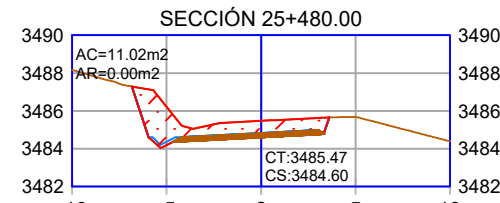
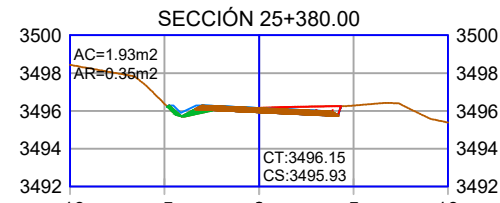
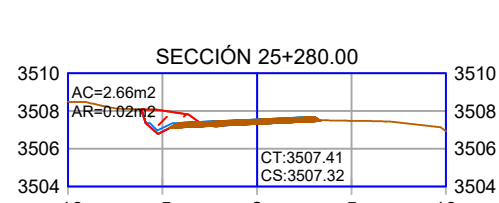
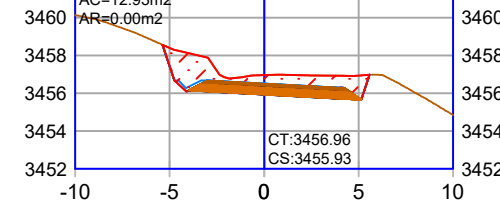
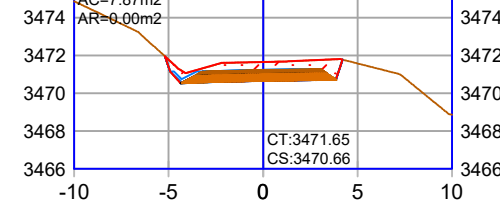
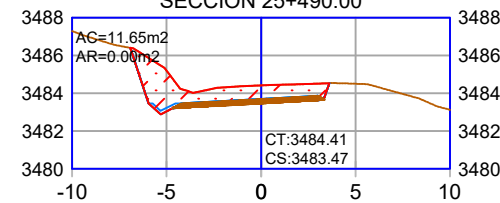
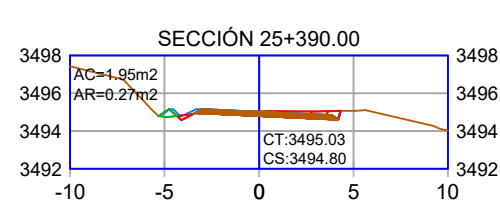
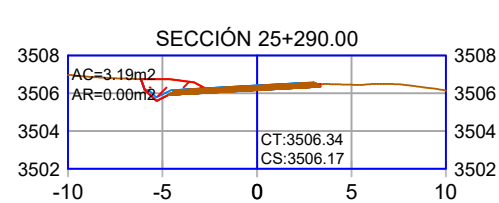
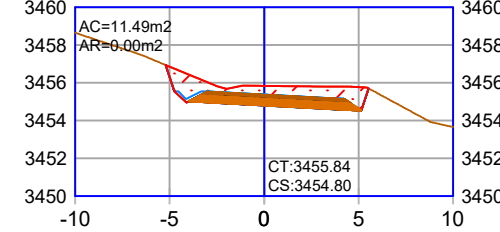
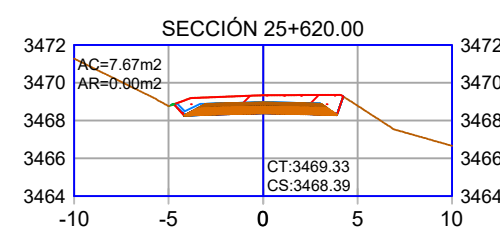
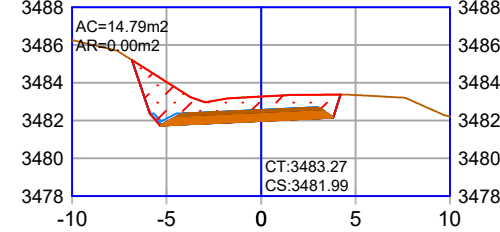
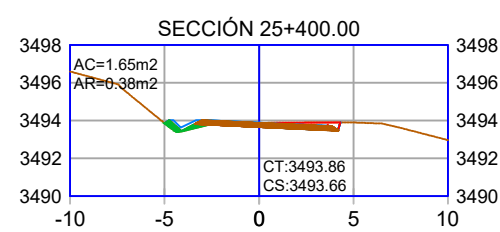
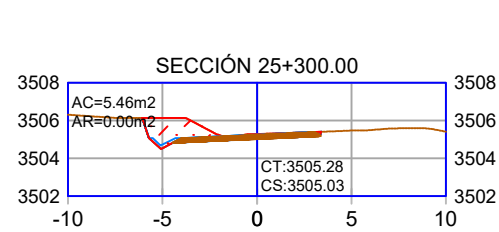
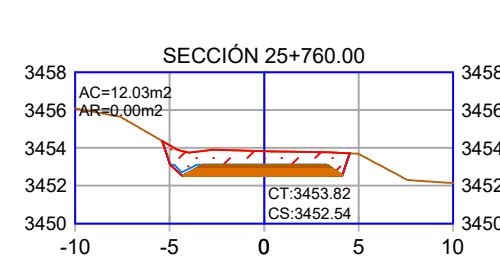
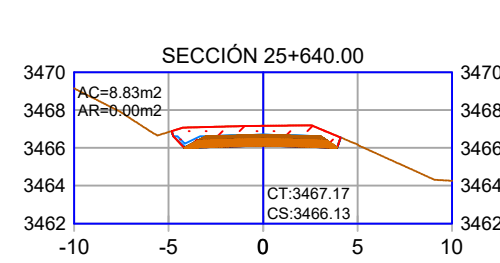
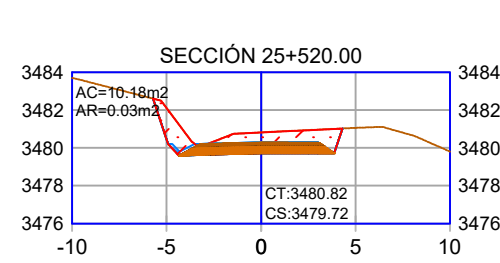
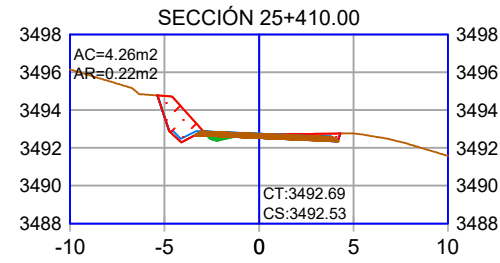
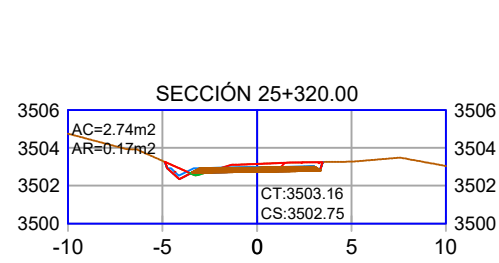
1/400

FECHA:

JULIO DEL 2024

PLANO:

ST-14



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS:

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

UBICACIÓN:

REGIÓN: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITOS: CAJAMARCA - CHETILLA

ASESOR:

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

TESISTA:

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA:

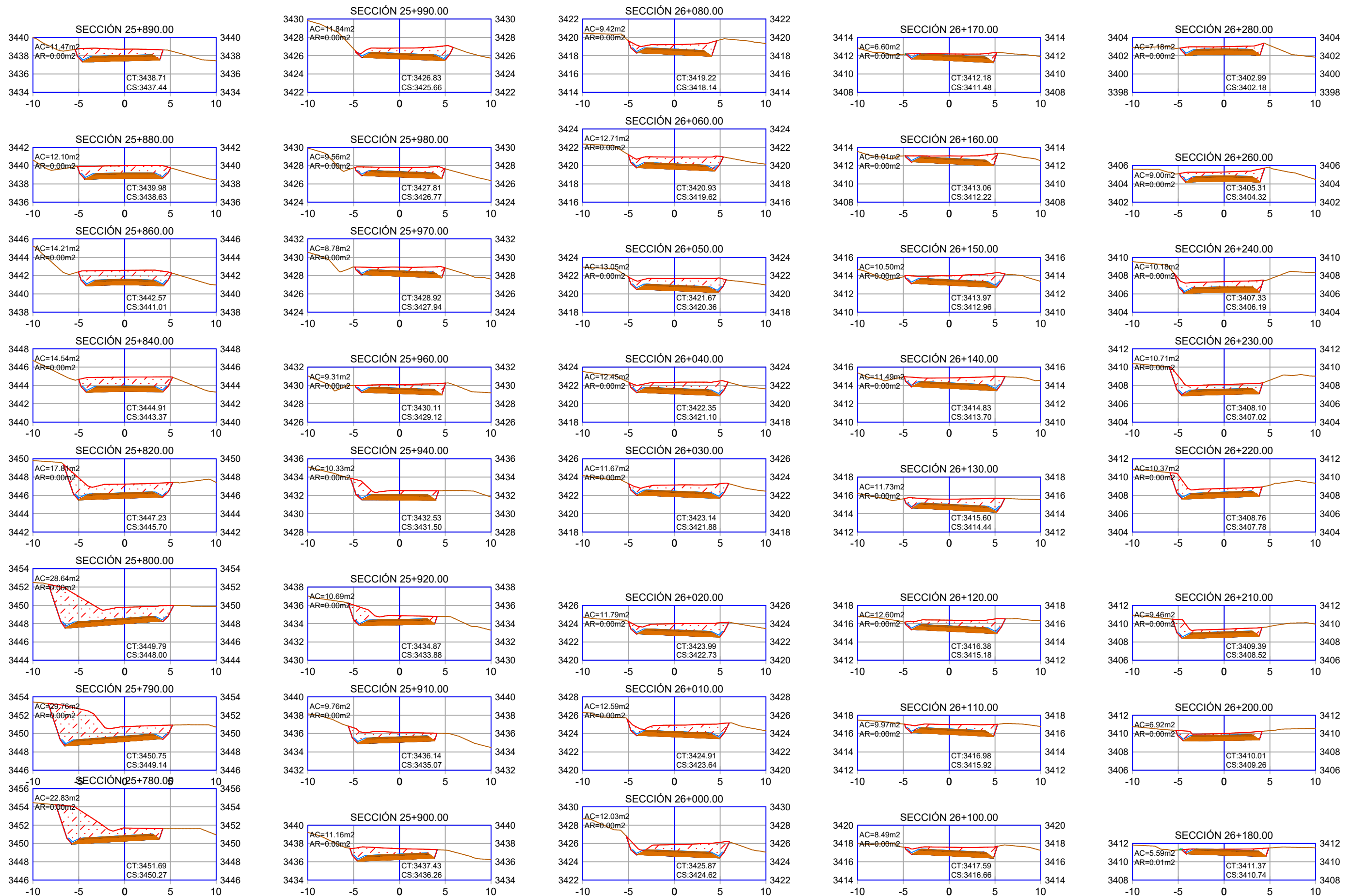
1/400

FECHA:

JULIO DEL 2024

PLANO:

ST-15



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**TESIS:**

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

**UBICACIÓN:**

**REGIÓN:** CAJAMARCA  
**PROVINCIA:** CAJAMARCA  
**DISTRITOS:** CAJAMARCA - CHETILLA

**ASESOR:**

Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

**TESISTA:**

Bach. ALCIDES LANDA NACHUCHO

**PLANO:**

SECCIONES TRANSVERSALES

**ESCALA:**

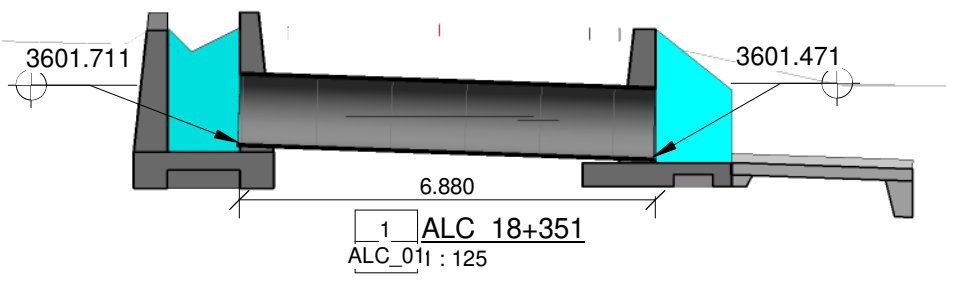
1/400

**FECHA:**

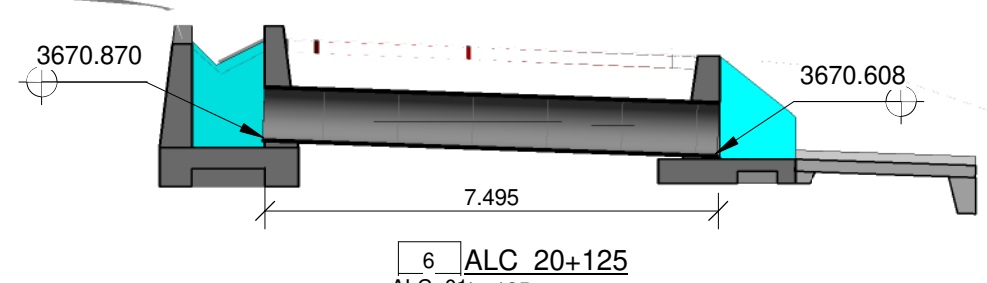
JULIO DEL 2024

**PLANO:**

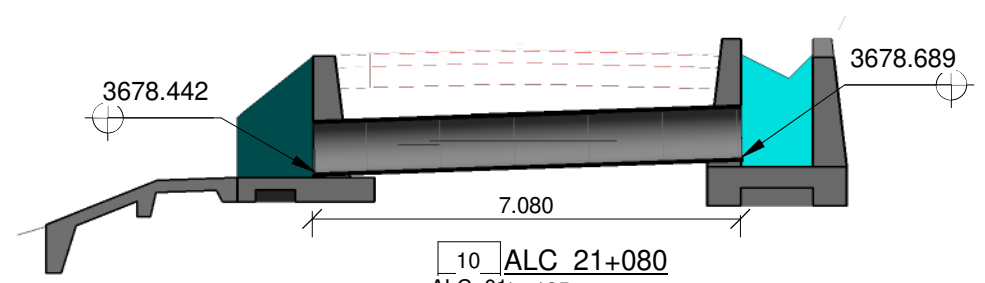
ST-16



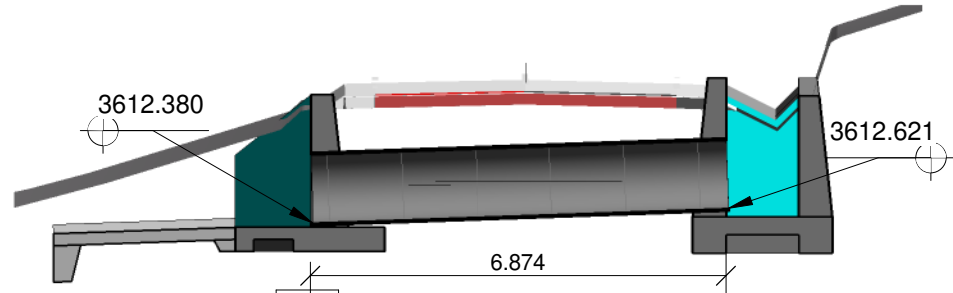
1 ALC 18+351  
ALC\_011 : 125



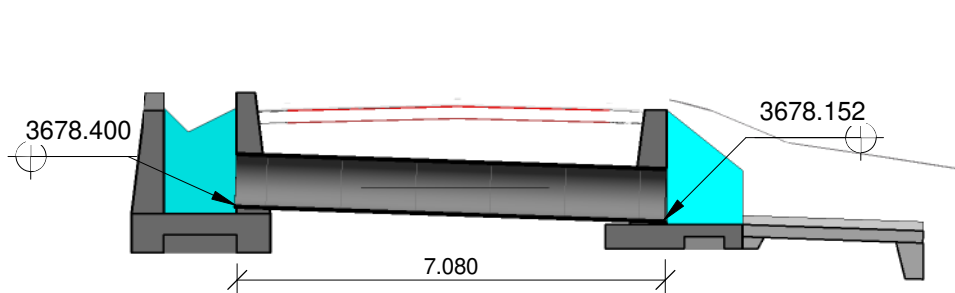
6 ALC 20+125  
ALC\_011 : 125



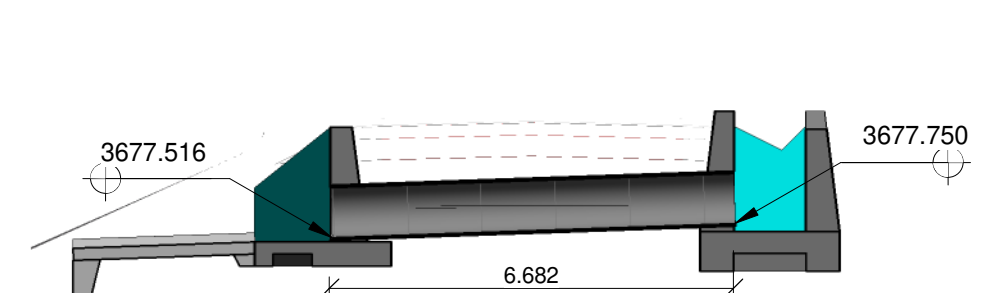
10 ALC 21+080  
ALC\_011 : 125



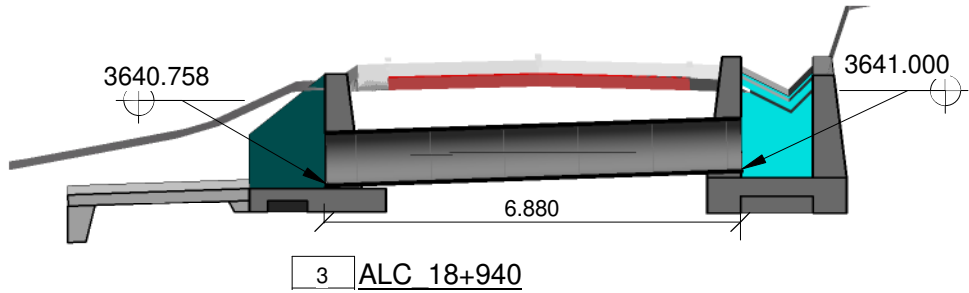
2 ALC 18+640  
ALC\_011 : 125



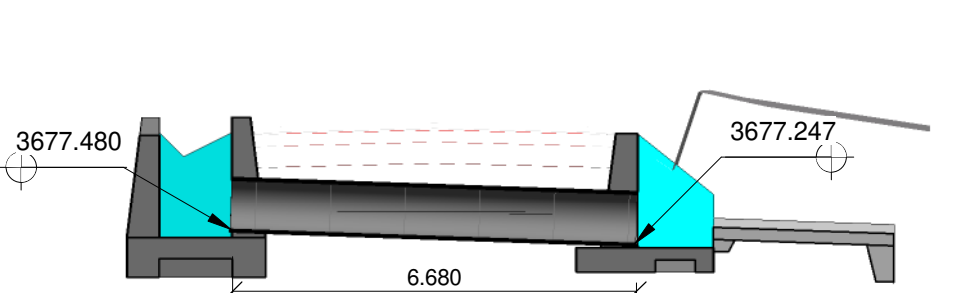
7 ALC 20+450  
ALC\_011 : 125



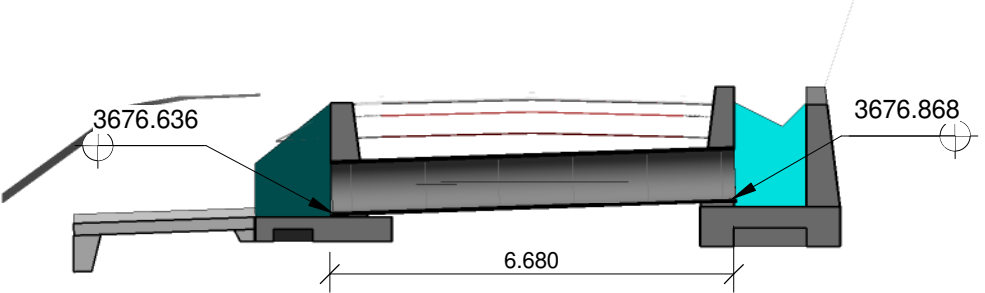
11 ALC 21+264  
ALC\_011 : 125



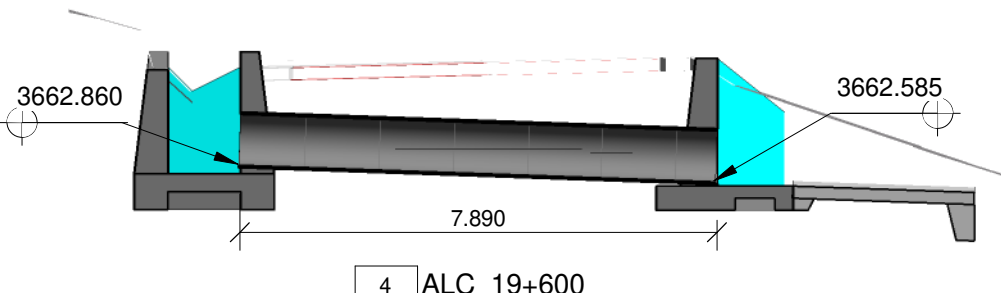
3 ALC 18+940  
ALC\_011 : 125



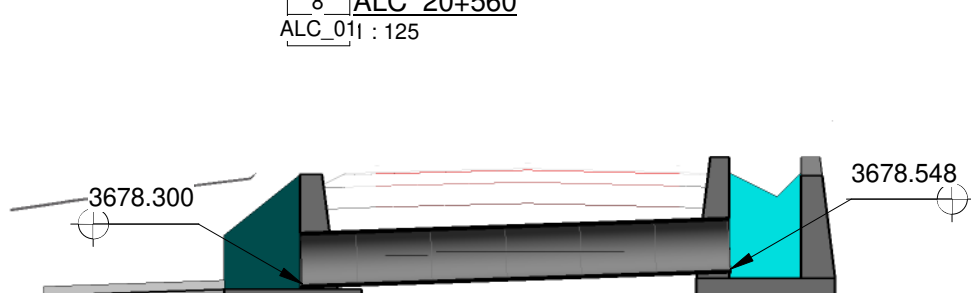
8 ALC 20+560  
ALC\_011 : 125



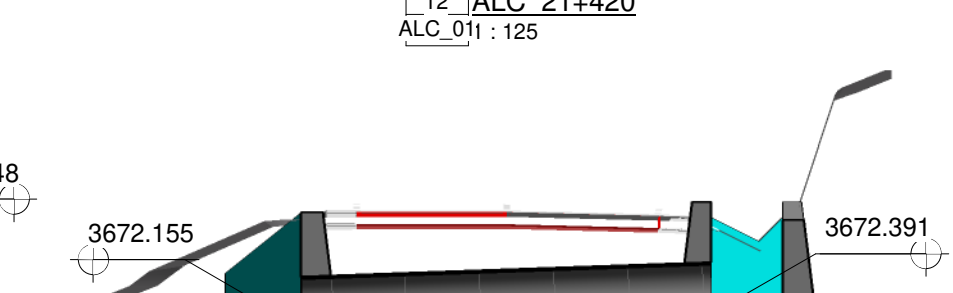
12 ALC 21+420  
ALC\_011 : 125



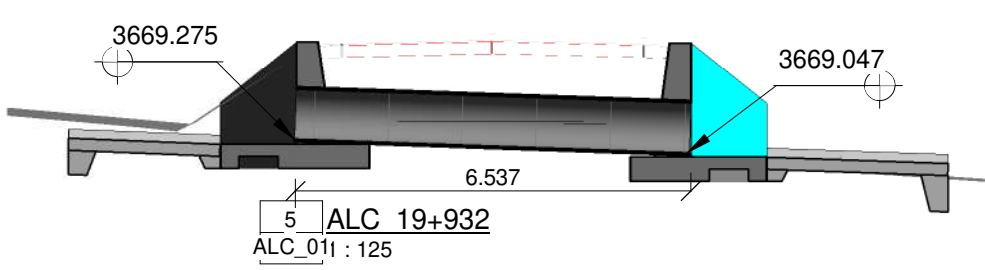
4 ALC 19+600  
ALC\_011 : 125



9 ALC 20+750  
ALC\_011 : 125



13 ALC 21+590  
ALC\_011 : 125



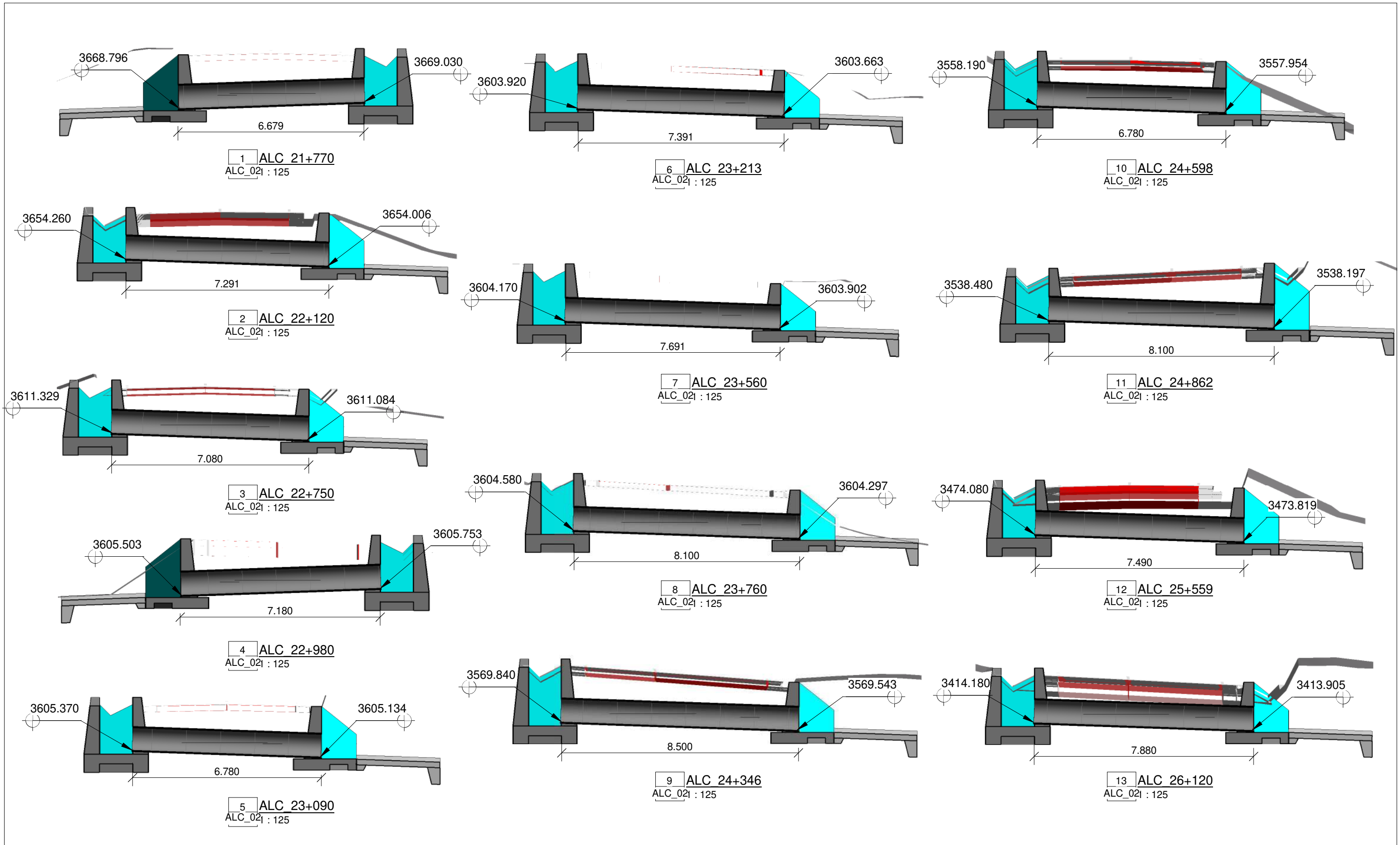
5 ALC 19+932  
ALC\_011 : 125



TESIS: "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

TESISTA: ALCIDES LANDA NACHUCHO  
ASESOR: Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

|                    |                        |                |
|--------------------|------------------------|----------------|
| ALCANTARILLAS      |                        | <b>ALC_01</b>  |
| Número de proyecto | 0001                   |                |
| Fecha              | Julio 2024             |                |
| Dibujado por       | LANDA NACHUCHO ALCIDES | Escala 1 : 125 |



TESIS: "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHETILLA EN LA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA "

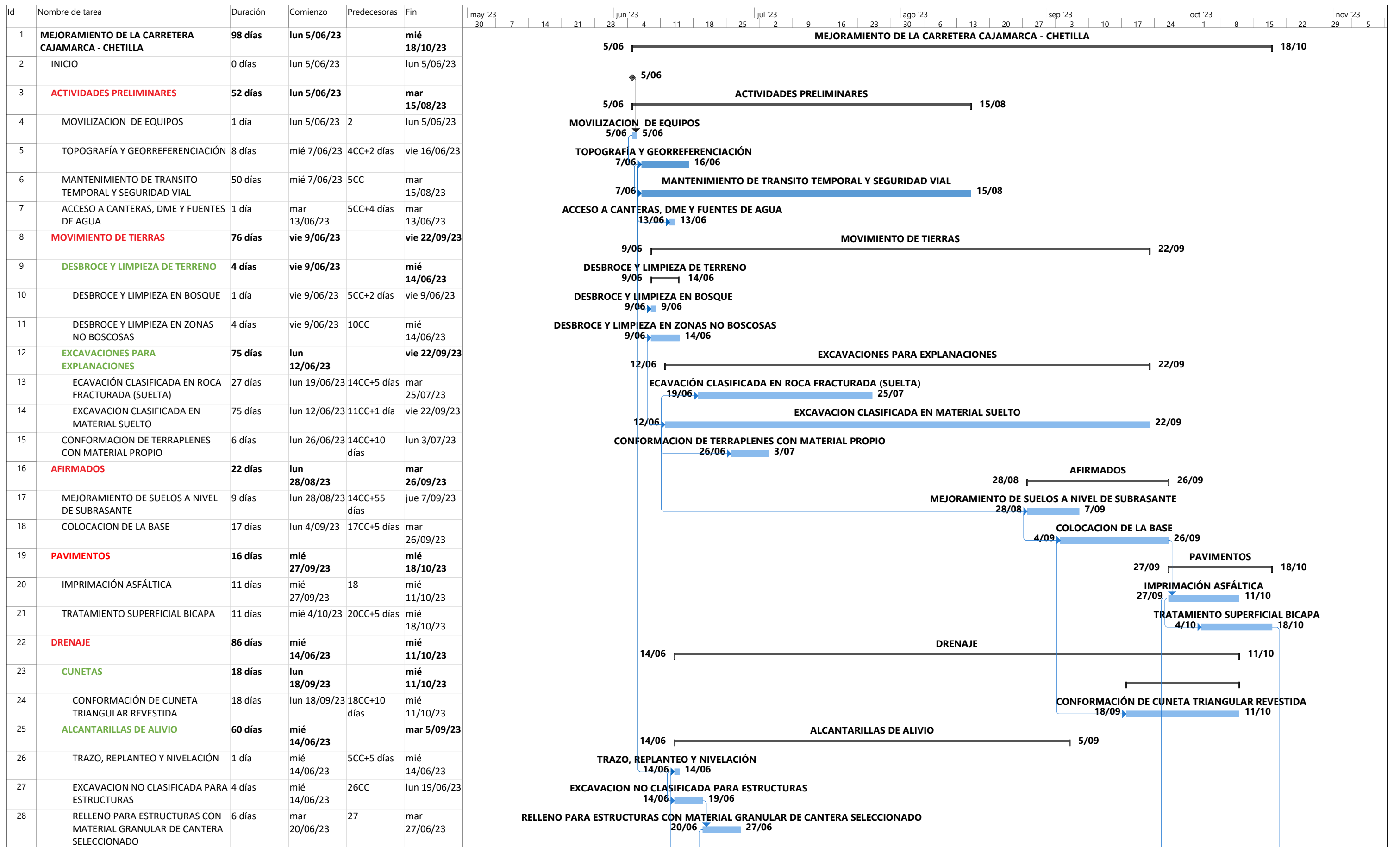
TESISTA:  
ALCIDES LANDA NACHUCHO  
ASESOR:  
Ing. HECTOR HUGO MIRANDA TEJADA

ALCANTARILLAS

|                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| Número de proyecto | 0001                   |
| Fecha              | Julio 2024             |
| Dibujado por       | LANDA NACHUCHO ALCIDES |

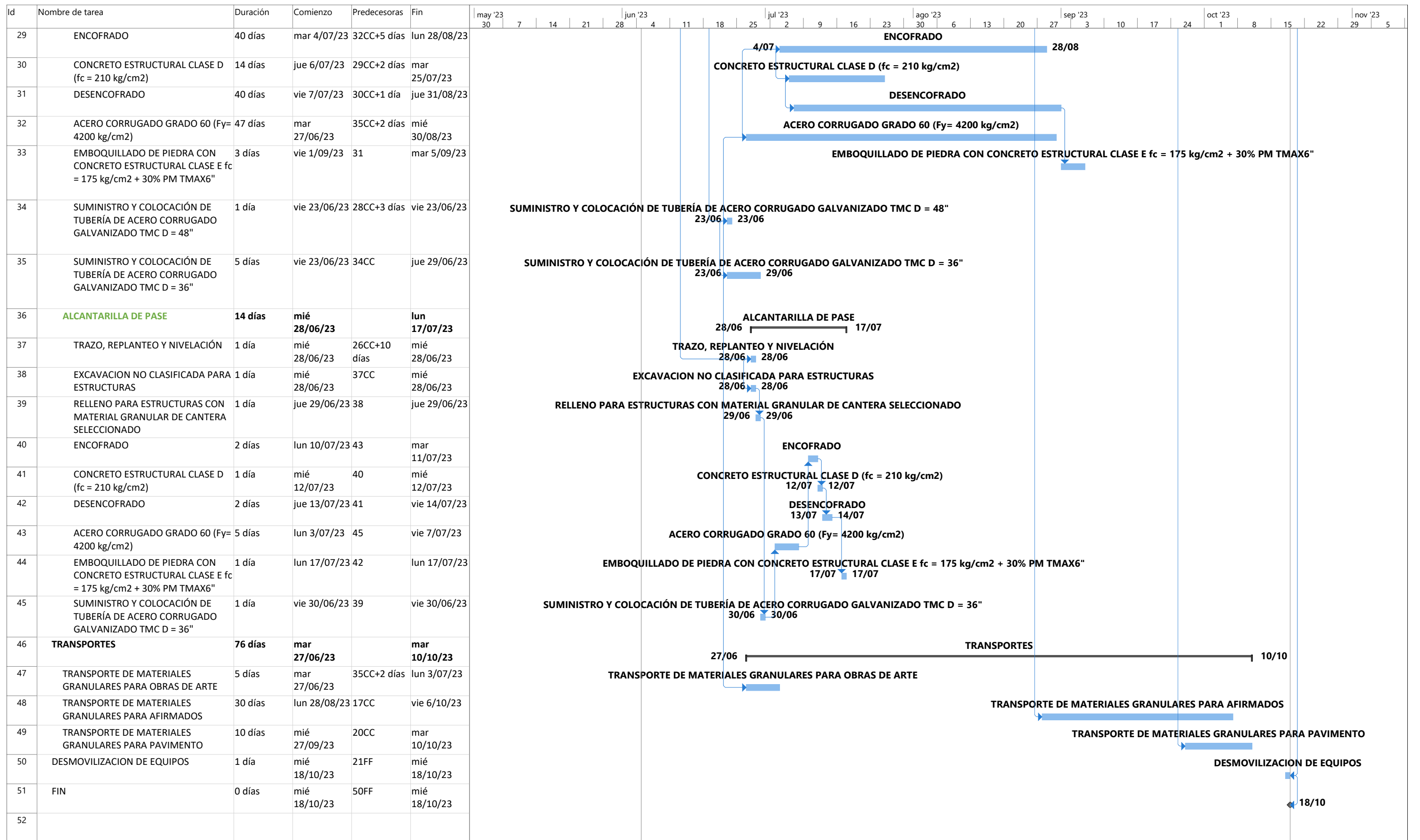
ALC\_02

Escala 1 : 125



Proyecto: CRONOGRAMA DE O  
Fecha: mié 8/01/25

|          |  |                      |  |                           |  |                  |  |                 |  |
|----------|--|----------------------|--|---------------------------|--|------------------|--|-----------------|--|
| Tarea    |  | Resumen del proyecto |  | Tarea manual              |  | solo el comienzo |  | Fecha límite    |  |
| División |  | Tarea inactiva       |  | solo duración             |  | solo fin         |  | Progreso        |  |
| Hito     |  | Hito inactivo        |  | Informe de resumen manual |  | Tareas externas  |  | Progreso manual |  |
| Resumen  |  | Resumen inactivo     |  | Resumen manual            |  | Hito externo     |  |                 |  |



Proyecto: CRONOGRAMA DE O  
Fecha: mié 8/01/25

|          |  |                      |  |                           |  |                  |  |                 |  |
|----------|--|----------------------|--|---------------------------|--|------------------|--|-----------------|--|
| Tarea    |  | Resumen del proyecto |  | Tarea manual              |  | solo el comienzo |  | Fecha límite    |  |
| División |  | Tarea inactiva       |  | solo duración             |  | solo fin         |  | Progreso        |  |
| Hito     |  | Hito inactivo        |  | Informe de resumen manual |  | Tareas externas  |  | Progreso manual |  |
| Resumen  |  | Resumen inactivo     |  | Resumen manual            |  | Hito externo     |  |                 |  |