



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA UZHOC – GRANDA, PARROQUIA JADÁN,
CANTÓN GUALACEO, PROVINCIA DEL AZUAY

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTORES: DANIELA NOEMÍ BERMEO BARROS

CHRISTIAN JAVIER LUCERO ZHISPÓN

TUTOR: ING. CRISTIAN DANILO BUSTOS CABRERA, MGST.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Daniela Noemí Bermeo Barros con documento de identificación N° 0105772784 y Christian Javier Lucero Zhispon con documento de identificación N° 0107461469; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 13 de julio del 2023

Atentamente,



Daniela Noemí Bermeo Barros

0105772784



Christian Javier Lucero Zhispon

0107461469

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Daniela Noemí Bermeo Barros con documento de identificación N° 0105772784 y Christian Javier Lucero Zhispón con documento de identificación N° 0107461469, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño geométrico de la vía Uzhoc – Granda, parroquia Jadán, cantón Gualaceo, provincia del Azuay”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con los manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 13 de julio del 2023

Atentamente,



Daniela Noemí Bermeo Barros

0105772784



Christian Javier Lucero Zhispón

0107461469

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Danilo Bustos Cabrera con documento de identificación N° 0301288262, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA UZHOC – GRANDA, PARROQUIA JADÁN, CANTÓN GUALACEO, PROVINCIA DEL AZUAY, realizado por Daniela Noemí Berneo Barros con documento de identificación N° 0105772784 y por Christian Javier Lucero Zhispon con documento de identificación N° 0107461469, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 13 de julio de 2023

Atentamente,



Ing. Cristian Danilo Bustos Cabrera, Mgst.

0301288262

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres y hermanos, quienes me han apoyado incondicionalmente en todas las etapas de mi vida, gracias por sus consejos y cariño, siempre serán mi motivación a ser mejor persona cada día.

Bermeo Barros, Daniela Noemí

Querido padres, esta tesis es el resultado de un largo y arduo trabajo y no puedo expresar con palabras lo agradecido que estoy por todo el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de este camino, ustedes han sido mi mayor fuente de inspiración y motivación.

Lucero Zhispon, Christian Javier

AGRADECIMIENTO

A Dios quien ha sido nuestra mayor fortaleza para seguir adelante con los estudios y arduo trabajo durante estos cinco años de carrera.

A nuestra familia, por su apoyo incondicional. Su motivación y amor constate han sido fundamental en nuestras vidas y en la consecuencia de este logro.

A los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, quienes nos han brindado sus conocimientos para ser buenos profesionales, pero sobretodo excelentes seres humanos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I: GENERALIDADES..... | 1 |
| 1.1 RESUMEN | 1 |
| 1.2 INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 1.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO | 4 |
| 1.5 OBJETIVOS | 5 |
| 1.5.1 OBJETIVO GENERAL | 5 |
| 1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 2.1 ESTUDIOS | 5 |
| 2.1.1 TOPOGRAFÍA..... | 5 |
| 2.1.2 LAS CARRETERAS | 5 |
| 2.1.3 TRÁFICO..... | 8 |
| 2.1.4 ESTUDIO DE SUELO..... | 9 |
| 2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO..... | 11 |
| 2.2.1 VELOCIDAD DE DISEÑO | 11 |
| 2.2.2 VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN..... | 11 |
| 2.2.3 DISEÑO GEOMETRICO HORIZONTAL | 11 |
| 2.2.4 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL | 18 |
| 2.3 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE | 21 |
| 2.3.1 MÉTODO AASHTO..... | 21 |
| 2.4 DISEÑO DE CUNETAS | 24 |
| 2.4.1 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA | 25 |
| 2.4.2 INTENSIDAD DE LLUVIA | 25 |
| 2.4.3 SECCIÓN DE CANAL..... | 26 |
| 2.5 SEÑALIZACIÓN | 27 |

| | |
|---|----|
| 2.5.1 SEÑALIZACIÓN VERTICAL..... | 27 |
| 2.5.2 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL..... | 29 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA..... | 30 |
| 3.1 TOPOGRAFÍA | 30 |
| 3.1.1 RECONOCIMIENTO DE CAMPO | 30 |
| 3.1.2 TRABAJO DE CAMPO | 30 |
| 3.1.3 TRABAJO DE GABINETE..... | 30 |
| 3.2 ESTUDIO DE TRÁFICO | 31 |
| 3.3 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES ESALS's... 34 | |
| 3.3.1 CLASIFICACIÓN DEL TRÁFICO..... | 34 |
| 3.3.2 DETERMINACIÓN DEL FACTOR EQUIVALENTE DE CARGA..... | 34 |
| 3.4 ESTUDIO DE SUELOS | 36 |
| 3.5 DISEÑO GEOMÉTRICO..... | 36 |
| 3.5.1 VELOCIDAD DE DISEÑO | 36 |
| 3.5.2 VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN | 36 |
| 3.5.3 DISEÑO HORIZONTAL | 37 |
| 3.5.4 DISEÑO VERTICAL | 39 |
| 3.6 DISEÑO DE PAVIMENTOS..... | 40 |
| 3.6.1 TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL..... | 40 |
| 3.6.2 CARGA VEHICULAR ESALS'S | 40 |
| 3.6.3 CONFIABILIDAD (R) | 40 |
| 3.6.4 ERROR ESTÁNDAR COMBINADO | 41 |
| 3.6.5 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD | 41 |
| 3.6.6 MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE..... | 41 |
| 3.6.7 MÓDULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA SUBBASE..... | 41 |
| 3.6.8 MÓDULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA BASE..... | 42 |

| | |
|--|----|
| 3.6.9 MÓDULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA | 42 |
| 3.6.10 CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE..... | 43 |
| 3.6.11 NÚMEROS ESTRUCTURALES REQUERIDOS..... | 43 |
| 3.6.12 ESPESORES DE LAS CAPAS | 45 |
| 3.7 DISEÑO DE CUNETAS | 49 |
| 3.7.1 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA | 49 |
| 3.7.2 INTENSIDAD DE LLUVIA | 50 |
| 3.7.3 VELOCIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA | 50 |
| 3.7.4 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING | 50 |
| 3.7.5 RELACIONES GEOMÉTRICAS PARA PARÁMETROS HIDRÁULICOS | 51 |
| 3.8 DISEÑO DE ALCANTARILLADO | 52 |
| 3.8.1 CAUDAL DE DISEÑO | 52 |
| 3.8.2 SECCIÓN DE ALCANTARILLA | 52 |
| 3.8.3 ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA..... | 52 |
| 3.9 PRESUPUESTO | 53 |
| CONCLUSIONES..... | 54 |
| RECOMENDACIONES | 55 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 56 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO | 4 |
| TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS DE ACUERDO AL TRÁFICO PROYECTADO | 7 |
| TABLA 3. GRUPOS PRINCIPALES DE SUELOS | 10 |
| TABLA 4. GRUPOS PRINCIPALES DE SUELOS | 10 |
| TABLA 5. SIMBOLOGÍA DE SUELOS SUCS | 10 |
| TABLA 6. COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL..... | 16 |
| TABLA 7. FACTOR DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR | 22 |
| TABLA 8. RESUMEN DE CONTEO POR TIPO DE VEHÍCULO..... | 31 |
| TABLA 9. FACTORES DE AJUSTE SEMANAL | 32 |
| TABLA 10. DETERMINACIÓN DEL FACTOR MENSUAL..... | 32 |
| TABLA 11. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL..... | 33 |
| TABLA 12. TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR CADA 5 AÑOS | 33 |
| TABLA 13. TPDA A LOS AÑOS DE INTERÉS DEL PROYECTO | 33 |
| TABLA 14. CLASIFICACIÓN DEL TRÁFICO | 34 |
| TABLA 15. FACTORES EQUIVALENTES DE CARGA..... | 34 |
| TABLA 16. CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES 1..... | 35 |
| TABLA 17. CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES 2..... | 35 |
| TABLA 18. RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD DE DISEÑO Y VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN..... | 37 |
| TABLA 19. PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE RADIO MÍNIMO | 38 |
| TABLA 20. SOBREALCHO PARA CURVAS HORIZONTALES | 38 |
| TABLA 21. TPDA A LOS AÑOS DE INTERÉS DEL PROYECTO | 40 |
| TABLA 22. RESULTADO DEL CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES | 40 |
| TABLA 23. RESULTADOS DE LOS NÚMEROS ESTRUCTURALES | 43 |
| TABLA 24. ESPESORES MÍNIMOS EN PULGADAS, EN BASE AL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES | 45 |
| TABLA 25. ESPESORES MÍNIMOS EN CENTÍMETROS, EN BASE AL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES | 46 |
| TABLA 26. RESULTADOS DE LOS ESPESORES DE CAPA | 46 |
| TABLA 27. RESULTADOS FINALES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.. | 47 |

| | |
|--|----|
| TABLA 28. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA | 49 |
| TABLA 29. VELOCIDADES MÁXIMAS..... | 50 |
| TABLA 30. CAUDAL DE DISEÑO PARA LAS ALCANTARILLAS | 52 |
| TABLA 31. VALORES DE DISEÑO PARA ALCANTARILLADO | 52 |
| TABLA 32. VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN | 59 |
| TABLA 33. RELACIONES ENTRE VELOCIDADES DE CIRCULACIÓN Y DE DISEÑO | 60 |
| TABLA 34. RADIOS MÍNIMOS DE CURVA CIRCULAR..... | 61 |
| TABLA 35. CURVAS VERTICALES Y CONVEXAS MÍNIMAS..... | 62 |
| TABLA 36. CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS MÍNIMAS | 63 |
| TABLA 37. NIVELES DE CONFIABILIDAD SUGERIDOS PARA DIFERENTES CARRETERAS | 64 |
| TABLA 38. VALORES DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR CORRESPONDIENTES A NIVELES DE CONFIABILIDAD SELECCIONADOS | 64 |
| TABLA 39. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD | 65 |
| TABLA 40. VALORES MÁXIMOS RECOMENDADOS DE MÓDULO RESILIENTE (E) POR CAPAS DE RODADURA..... | 66 |
| TABLA 41. CALIDAD DE DRENAJE..... | 66 |
| TABLA 42. VALORES DE MI, RECOMENDADOS PARA CORREGIR LOS COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE BASES Y SUBBASES GRANULARES . | 67 |
| TABLA 43. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA "C" | 67 |
| TABLA 44. VELOCIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES EN CANALES Y CUNETAS REVESTIDAS | 67 |
| TABLA 45. DISTANCIA DE REBASAMIENTO MÍNIMO | 68 |
| TABLA 46. SEÑALIZACIÓN VERTICAL..... | 69 |
| TABLA 47. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL..... | 71 |
| TABLA 48. ENSAYO CBR DE CAMPO | 73 |
| TABLA 49. ENSAYO DCP | 74 |
| TABLA 50. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO..... | 76 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| ILUSTRACIÓN 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO | 4 |
| ILUSTRACIÓN 2. ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE..... | 12 |
| ILUSTRACIÓN 3. ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA CURVA CIRCULAR COMPUESTA | 14 |
| ILUSTRACIÓN 4. ESTABILIDAD DEL VEHÍCULO EN CURVAS | 15 |
| ILUSTRACIÓN 5. TRANSICIÓN DE PERALTE DE UNA CURVA CIRCULAR ... | 16 |
| ILUSTRACIÓN 6. ESQUEMA DE ILUSTRACIÓN DE SOBREALCHO..... | 17 |
| ILUSTRACIÓN 7. ESQUEMA DE CASOS DE CURVAS CONVEXAS..... | 20 |
| ILUSTRACIÓN 8. ESQUEMA DE LOS CASOS DE CURVAS CÓNCavas | 21 |
| ILUSTRACIÓN 9. INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA DE LA ESTACIÓN GUALACEO | 25 |
| ILUSTRACIÓN 10. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN SEGÚN PERÍODO DE RETORNO Y TIEMPO DE CONCENTRACIÓN | 26 |
| ILUSTRACIÓN 11. SECCIÓN TÍPICA DE CUNETA Y CANALES TRIANGULARES | 26 |
| ILUSTRACIÓN 12. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN CON VELOCIDAD DE DISEÑO DE 35 KM/H..... | 37 |
| ILUSTRACIÓN 13. NÚMERO ESTRUCTURAL DE LA SUBBASE..... | 44 |
| ILUSTRACIÓN 14. NÚMERO ESTRUCTURAL DE LA BASE..... | 44 |
| ILUSTRACIÓN 15. NÚMERO ESTRUCTURAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA .. | 45 |
| ILUSTRACIÓN 16. NÚMERO ESTRUCTURAL DE LA SUBBASE..... | 48 |
| ILUSTRACIÓN 17. NÚMERO ESTRUCTURAL DE LA BASE..... | 48 |
| ILUSTRACIÓN 18. NÚMERO ESTRUCTURAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA .. | 49 |
| ILUSTRACIÓN 19. VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING | 51 |
| ILUSTRACIÓN 20. COEFICIENTE ESTRUCTURAL A2, PARA BASE GRANULAR NO TRATADA | 65 |
| ILUSTRACIÓN 21. COEFICIENTE ESTRUCTURAL A3, PARA SUBBASE GRANULAR NO TRATADA | 65 |
| ILUSTRACIÓN 22. PESO BRUTO VEHICULAR | 72 |

TEMA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA UZHOC – GRANDA, PARROQUIA JADÁN,
CANTÓN GUALACEO, PROVINCIA DEL AZUAY

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 RESUMEN

En la actualidad, las comunidades de UZHOC y GRANDA tienen una vía de acceso, la misma que se encuentra en malas condiciones, por tanto, el presente proyecto se enfoca en realizar los estudios necesarios, diseño geométrico horizontal y vertical, TPDA, ESALS, diseño de la estructura de pavimento, diseño de señalización y presupuesto, para que estas cuenten con una vía en óptimas condiciones, impulsando así el desarrollo económico y mejorando su calidad de vida.

PALABRAS CLAVES

- Levantamiento topográfico
- Franja topográfica
- Pendientes
- Calzada
- Pavimento
- Señalización
- Cantidades de obra
- Presupuesto

1.1.1 ABSTRACT

At present, the communities of UZHOC and GRANDA have an access road, which is in poor condition, therefore, this project focuses on conducting the necessary

studies, horizontal and vertical geometric design, TPDA, ESALS, pavement structure design, signage design and budget, so that these communities have a road in optimal conditions, thus promoting economic development and improving their quality of life.

KEYWORDS

- Topographic survey
- Topographic strip
- Earrings
- Roadway
- Pavement
- Signage
- Quantities of work
- Budget

1.2 INTRODUCCIÓN

El diseño geométrico debe ajustarse a las necesidades de los usuarios, la carretera debe ser funcional, contando con características geométricas y volúmenes de tránsito, la cual debe ofrecer un sistema de transporte seguro y eficiente, esta seguridad se logra al conectar los diferentes elementos geométricos con la velocidad y otros parámetros de diseño que se rigen a diferentes normas, como resultado, se da la reducción de posibles situaciones que afecten a los conductores.

En el proyecto integral de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con el fin de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente. (Cárdenas, 2013, p. 12)

Una carretera en buen estado, ofrece beneficios socioeconómicos, los cuales se ven reflejados en la confiabilidad de los usuarios al momento de su viaje bajo cualquier condición climática, la seguridad vial y el confort de los usuarios, una importante reducción de los costos de transporte, facilidad para el acceso a los centros de atención médica y educación e indirectamente se logrará el desarrollo comercial debido a un incremento en la velocidad de circulación del transporte liviano y pesado.

En el presente proyecto se desarrolló el diseño geométrico de la vía Uzhoc – Granda de 1.25 km. Dicha carretera presenta varias deficiencias geométricas, y estas causan un riesgo permanente para los usuarios provocando accidentes constantes, motivo por el cual es necesario dicho diseño, para mejorar la calidad de vida de las personas que viven en las comunidades de Uzhoc y Granda.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la parroquia Jadán, las comunidades de Uzhoc y Granda se comunican utilizando una vía de 1.25 km de longitud, su construcción data de más de 20 años y el trazado geométrico no es eficiente, al contar con una capa de rodadura de lastre, generando dificultades para la circulación vehicular, especialmente en la temporada invernal, además no cuenta con cunetas ni obras de arte para la evacuación de aguas lluvias, a esto se suma también la falta de zonas adecuadas para la circulación de peatones, por lo que la vía en sus condiciones actuales no brinda seguridad a todos los usuarios.

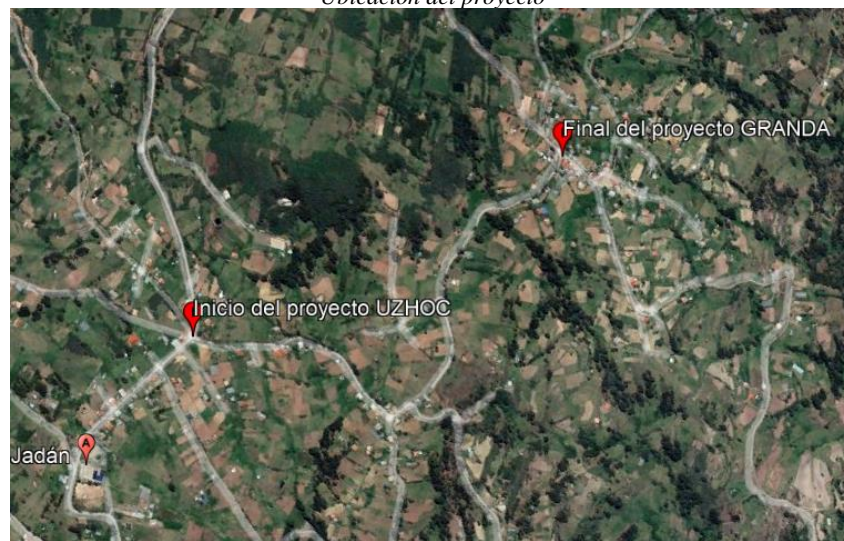
Debido a estas condiciones se consideró la importancia de realizar el diseño geométrico de la vía, la cual conectará a las comunidades Uzhoc y Granda, mejorando así las condiciones de transitabilidad para todos los usuarios del viario, reduciendo el tiempo de viaje y cumpliendo con la normativa de seguridad vial.

Al contar con una vía en mejores condiciones, se mejorará la calidad de vida de los habitantes de las comunidades aledañas, consiguiendo un progreso en sus actividades socioeconómicas, permitiendo a los niños y jóvenes a tener un acceso rápido hacia los establecimientos educativos, reduciendo la longitud total de la vía y consecuentemente el tiempo de viaje y, además, se reducirá la contaminación ambiental producida por el polvo que se genera al ser esta vía de lastre.

1.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto está ubicado en la parroquia Jadán, cantón Gualaceo, provincia del Azuay. El inicio se encuentra en la comunidad de UZHOC que tiene una superficie territorial de 0.5 km² y finaliza en la comunidad de GRANDA con una superficie territorial de 0.7 km², ambas comunidades pertenecientes a la parroquia Jadán.

*Ilustración 1.
Ubicación del proyecto*



Fuente: Google Earth

*Tabla 1.
Ubicación geográfica del proyecto*

| Ubicación | Abscisa | Coordenada E. | Coordenada N | Cota |
|-----------|------------|---------------|--------------|------|
| UZHOC | Km 0 + 000 | 736773.00 | 9679455.00 | 2876 |
| GRANDA | Km 1 + 250 | 736108.00 | 9678845.00 | 2857 |

Fuente: elaboración propia

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar el diseño de la vía Uzhoc - Granda, para mejorar las condiciones de movilidad y tránsito seguro de vehículos livianos, pesados y peatones.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el diseño geométrico de 1.25 km de la vía Uzhoc – Granda, de acuerdo a la normativa MTOP para el Diseño de Carreteras Rurales.
- Diseñar la estructura de pavimento flexible para una vida útil de 20 años.
- Realizar el cálculo y diseño de las cunetas para la evacuación de aguas lluvias y evitar daños en la vía.
- Implementar áreas de circulación para peatones y diseñar la señalización horizontal y vertical para garantizar la seguridad vial de los usuarios.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ESTUDIOS

2.1.1 TOPOGRAFÍA

La topografía es indispensable para realizar estudios de diseño vial. Representa gráficamente el estado actual del terreno, en donde se va a emplazar el proyecto.

2.1.1.1 CURVAS DE NIVEL

Son líneas visibles en un mapa, que unen todos los puntos que tienen la misma elevación, por lo general sobre el nivel del mar, representando así el relieve del terreno.

2.1.2 LAS CARRETERAS

Según Cárdenas (2013):

Una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad. (p. 1)

2.1.2.1 CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS

2.1.2.1.1 SEGÚN SU FUNCIÓN

- **Carreteras de primer orden:** son carreteras que dan acceso a las capitales de los departamentos, su objetivo es la integración de las principales zonas de producción y de consumo del país. (Cárdenas, 2013, p. 3)
- **Carreteras de segundo orden:** unen cabeceras municipales entre sí, o parten de una cabecera municipal y se conecten a una carretera de primer orden. (Cárdenas, 2013, p. 3)
- **Carreteras de tercer orden:** conectan cabeceras municipales con caminos vecinales, con tráfico reducido. (Cárdenas, 2013, p. 3)

2.1.2.1.2 SEGÚN SU TERRENO

- **Carretera de terreno llano:** tienen pendientes longitudinales menores al 3%. (Cárdenas, 2013, p. 4)
- **Carretera de terreno ondulado:** sus pendientes longitudinales están comprendidas entre 3% y 6%. (Cárdenas, 2013, p. 5).
- **Carretera de terreno montañoso:** estas carreteras poseen pendientes longitudinales entre el 6% y 8%. (Cárdenas, 2013, p. 5)
- **Carretera de terreno escarpado:** por lo general, estas poseen pendientes superiores al 8%. (Cárdenas, 2013, p. 5)

2.1.2.1.3 SEGÚN EL TRÁFICO PROYECTADO

Tabla 2.
Clasificación de Carreteras de Acuerdo al Tráfico Proyectado

| CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO | |
|---|--------------------------------|
| CLASE DE CARRETERA | TRÁFICO PROYECTADO TPDA |
| R-I o R-II | Más de 8000 |
| I | De 3000 a 8000 |
| II | De 1000 a 3000 |
| III | De 300 a 1000 |
| IV | De 100 a 300 |
| V | Menos de 100 |
| <p>El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.</p> | |

Fuente: elaboración propia basada en MTOP, (2003)

2.1.3 TRÁFICO

2.1.3.1 TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

El tráfico promedio diario anual (TPDA), es la unidad de medida para conocer el volumen de tráfico de una vía. Para realizar el análisis del TPDA se debe considerar el volumen vehicular de los dos sentidos de circulación, para vías de un solo sentido el tráfico será contado en esa dirección. (MTOP, 2003, p. 12)

El TPDA se puede estimar en una semana, con muestreos de 24 horas diarias, durante por lo menos 4 días por semana, el cual debe incluir sábado y domingo. Al obtener estos datos en campo se podrá ajustar el TPDA semanal de acuerdo a factores mensuales. (MTOP, 2003, p. 12)

2.1.3.2 TRÁNSITO ACTUAL

Es el número de vehículos que transitan por una carretera en el presente, por lo general, es el tráfico antes de realizar un estudio o mejoramiento vial.

2.1.3.4 TRÁNSITO FUTURO

Es la proyección del crecimiento normal del tráfico para un determinado período, por lo general, comprendido entre 15 – 20 años. El tránsito futuro depende del crecimiento normal del tránsito, tránsito generado y el crecimiento del tránsito por desarrollo. (MTOP, 2003)

2.1.3.5 VARIACIONES DE TRÁFICO

Son factores, los cuales ayudan a establecer una relación entre los datos obtenidos en la actualidad con los que se han encontrado anteriormente, llegando así a determinar el TPDA del año en el que se realice el estudio. (MTOP, 2003, p. 13)

El TPDA se puede calcular mediante muestreos, y existen cuatro factores de variación que son:

- **Factor horario (FH):** “nos permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a Volumen Diario Promedio” (MTOP, 2003, p. 14).
- **Factor diario (FD):** “transforma el volumen semanal promedio de tráfico en Volumen Mensual Promedio” (MTOP, 2003, p. 15).
- **Factor semanal (FS):** “transforma el volumen semanal promedio de tráfico en Volumen Mensual Promedio” (MTOP, 2003, p. 16).
- **Factor mensual (FM):** “transforma el volumen mensual promedio de tráfico en TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL” (MTOP, 2003, p. 16).

$$TPDA = T_o * FH * FD * FS * FM \quad (1)$$

En donde:

- **To:** tráfico observado

2.1.3.6 TRÁFICO PROYECTADO

Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$TPDA_{proyectado} = TPDA * (1 + r)^t \quad (2)$$

2.1.4 ESTUDIO DE SUELO

2.1.4.1 GRANULOMETRÍA

“El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo” (Villalaz, 2013, p. 46).

2.1.4.2 LÍMITES DE ATTERBERG

Según Atterberg, cuando un suelo tiene un índice plástico igual a cero el suelo no es plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo presenta baja plasticidad;

cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico. (Villalaz, 2013, p. 70)

2.1.4.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

“En la actualidad existen dos sistemas de clasificación de suelos, American Association of State Highway Officials (AASHTO) y Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS), las cuales proporcionan sus características generales mediante la granulometría y plasticidad de los suelos” (Braja, 2013, p. 78).

2.1.4.3.1 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO

Este sistema tiene 7 grupos principales de suelos:

Tabla 3.
Grupos principales de suelos

| | | |
|--|--|---|
| A-1 A-2 A-3 | Materiales granulares. | El 35% o menos de sus partículas pasan por el tamiz N° 200. |
| A-4 A-5 A-6 A-7 | Limo y materiales del tipo de arcilla. | Más del 35% pasa por el tamiz N°200. |

Fuente: elaboración propia basada en Braja, (2013)

2.1.4.3.2 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS

Este sistema clasifica el suelo en dos grupos:

Tabla 4.
Grupos principales de suelos

| | | |
|-------------------------------|----------------------------------|---|
| Suelos de grano grueso | Grava y arena en estado natural. | Menos del 50% pasa a través del tamiz N° 200. |
| Suelos de grano fino | Limos y arcillas | El 50% o más pasa por el tamiz N° 200. |

Fuente: elaboración propia basada en Braja, (2013)

Simbología de los suelos mediante sistema SUCS.

Tabla 5.
Simbología de suelos SUCS

| Tipo de suelo | Símbolo |
|----------------------|----------------|
| Grava | G |
| Arena | S |

| | |
|----------|----|
| Limo | M |
| Arcilla | C |
| Orgánico | O |
| Turba | Pt |

Fuente: elaboración propia basada en Braja, (2013)

2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO

2.2.1 VELOCIDAD DE DISEÑO

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables. Esta velocidad se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de que su valor sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. (MTOP, 2003, p. 26)

Se podrá adoptar la velocidad de diseño según la tabla que se encuentra en el [Anexo A](#).

2.2.2 VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

Es la velocidad real a la cual transita un vehículo sobre una distancia específica de carretera, esta se obtiene dividiendo la distancia recorrida por el vehículo entre el tiempo total que emplea en recorrerla. (MTOP, 2003, p. 30)

La velocidad de circulación se la puede obtener en base a la velocidad de diseño y al volumen de tránsito de la carretera, como se puede observar en la tabla 10, [Anexo B](#).

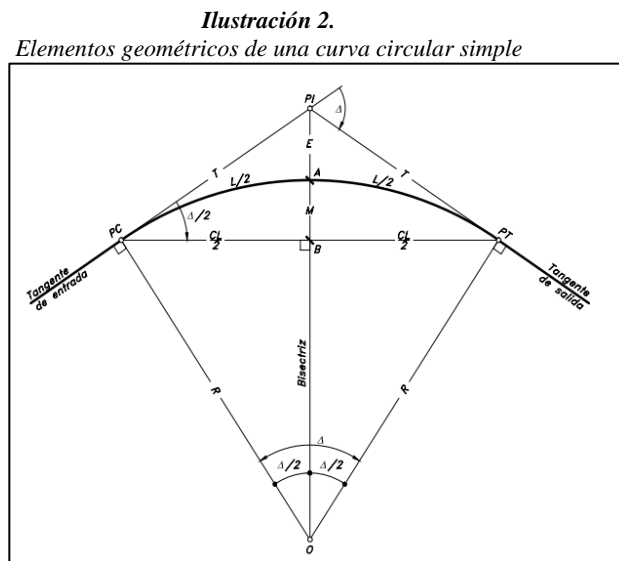
2.2.3 DISEÑO GEOMETRICO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y grado de curvatura variable. El diseño geométrico horizontal de una carretera,

es la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. (Cárdenas, 2013, p. 38)

2.2.3.1 CURVAS CIRCULARES SIMPLES

“Son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales” (Cárdenas, 2013, p. 38).



Fuente: Cárdenas, (2013)

En donde:

- **PI:** punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva.
- **PC:** principio de curva, punto donde termina la tangente de entrada y empieza la curva.
- **PT:** principio de tangente, punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.
- **O:** centro de la curva circular.
- **Δ:** ángulo de deflexión de las tangentes, es igual al ángulo central subtendido por el arco PC-PT.
- **R:** radio de la curva circular simple.

$$R = \frac{T}{\operatorname{tg} \frac{\Delta}{2}} \quad (3)$$

- **T:** tangente o subtangente, distancia desde el PI al PC o desde el PI al PT.

$$T = R * tg \frac{\Delta}{2} \quad (4)$$

- **L:** longitud de curva circular, distancia desde el PC al PT a lo largo del arco circular.
- **CL:** cuerda larga, distancia en línea recta desde el PC al PT.

$$CL = 2 * R * sen \frac{\Delta}{2} \quad (5)$$

- **E:** externa, distancia desde el PI al punto medio de la curva A.

$$E = T * tg \frac{\Delta}{4} \quad (6)$$

- **M:** ordenada media, distancia entre el punto medio de la curva A al punto medio de la cuerda larga B.

$$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2}\right) \quad (7)$$

2.2.3.2 RADIOS MÍNIMOS DE CURVATURA HORIZONTAL

El radio mínimo de la curvatura horizontal es el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente. El empleo de curvas con radios menores al mínimo establecido exigirá peraltes que sobrepasen los límites prácticos de operación de vehículos. Por lo tanto, la curvatura constituye un valor signficante en el diseño del alineamiento. (MTOP, 2003, p. 36)

El radio mínimo se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 * (e + f)} \quad (8)$$

En donde:

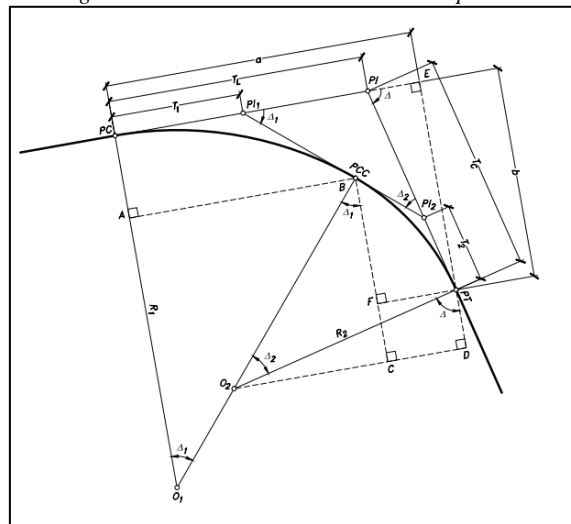
- **R:** radio mínimo de curvatura horizontal, m.
- **V:** velocidad de diseño, km/h.
- **f:** coeficiente de fricción lateral.
- **e:** peralte de la curva, m/m.

Se tiene también radios mínimos en función del peralte y del coeficiente de fricción como se puede observar en el [Anexo C](#).

2.2.3.3 CURVAS CIRCULARES COMPUESTAS

Están formadas a partir de dos o más curvas circulares simples. Generalmente estas curvas se utilizan en terrenos montañosos, cuando el diseño geométrico exige que la carretera quede lo más ajustada posible a la forma del terreno natural, reduciendo así el movimiento de tierras. (Cárdenas, 2013, p. 145)

Ilustración 3.
Elementos geométricos de una curva circular compuesta



Fuente: MTOP, 2003

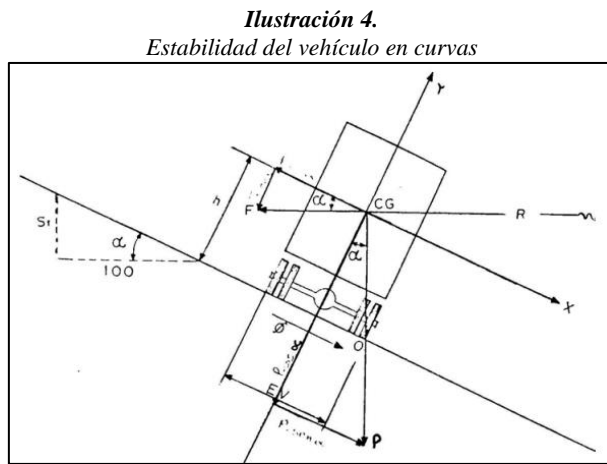
En donde:

- **PI:** punto de intersección de las tangentes.
- **PC:** principio de la curva compuesta.
- **PT:** fin de la curva compuesta o principio de la tangente.

- **PCC:** punto común de curvas o punto de curvatura compuesta. Punto donde termina la primera curva circular simple y empieza la segunda.
- **R1:** radio de la curva de menor curvatura o mayor radio.
- **R2:** radio de la curva de mayor curvatura o menor radio.
- **O1:** centro de la curva de mayor radio.
- **O2:** centro de la curva de menor radio.
- Δ : ángulo de deflexión principal.
- $\Delta 1$: ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio.
- $\Delta 2$: ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio.
- **T1:** tangente de la curva de mayor radio.
- **T2:** tangente de la curva de menor radio.
- **TL:** tangente larga de la curva circular compuesta.
- **TC:** tangente corta de la curva circular compuesta.

2.2.3.4 PERALTE

Cuando un vehículo recorre una trayectoria circular es empujado hacia afuera por efecto de la fuerza centrífuga “F”. Esta fuerza es contrarrestada por las fuerzas componentes del peso (P) del vehículo, debido al peralte, y por la fuerza de fricción desarrollada entre llantas y la calzada. (MTOP, 2003, p. 51)



Fuente: MTOP, 2003

La fórmula del peralte está en función de la velocidad de diseño, el radio de la curva y el coeficiente de fricción lateral.

$$e = \frac{V^2}{127 - R} - f \quad (9)$$

En donde:

- e = peralte de la curva, m/m
- V = velocidad de diseño, km/h.
- R = radio de la curva, m.
- f = máximo coeficiente de fricción lateral.

Tabla 6.
Coeficiente de fricción lateral

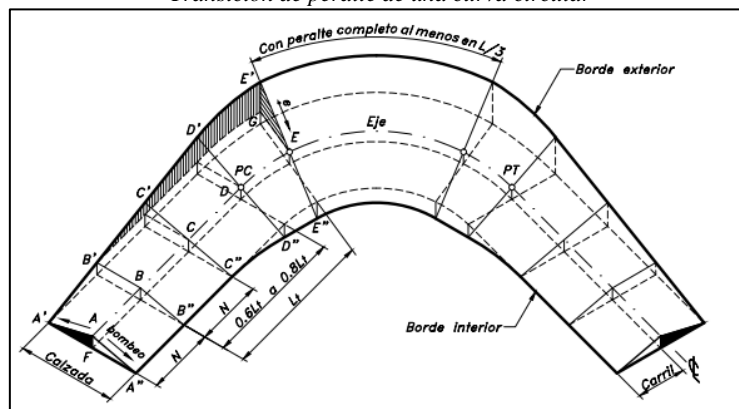
| Velocidad específica km/h | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 |
|---------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| Coeficiente de fricción lateral | 0.18 | 0.172 | 0.164 | 0.157 | 0.149 | 0.141 | 0.133 | 0.126 | 0.118 | 0.11 | 0.10 | 0.094 | 0.087 |

Fuente: elaboración propia basada en Agudelo, (2002)

2.2.3.5 TRANSICIÓN DE PERALTE

La transición de peralte o transición de peraltado es el cambio gradual de inclinación de la calzada, es decir, el cambio de una sección transversal con bombeo normal a otra con peralte. (Cárdenas, 2013, p. 199)

Ilustración 5.
Transición de peralte de una curva circular



Fuente: Cárdenas, 2013

En donde:

- L_t : longitud de transición.
- N : longitud de aplanamiento.
- L : longitud de la curva circular.

- **e:** peralte necesario de la curva circular.

2.2.3.6 SOBREALCHO

Cuando un vehículo circula sobre una curva horizontal sus ruedas traseras describen una trayectoria diferente a la de las ruedas delanteras. Dicha trayectoria corresponde a un arco de radio menor, es decir, que la rueda interna del eje posterior tiende a salirse de la vía. En algunas ocasiones se hace necesario especificar un ancho adicional de calzada en la curva con el fin de evitar que los vehículos se salgan de la vía. Este ancho es variable dependiendo las condiciones de la vía y la misma curva. (Agudelo, 2002, p. 459)

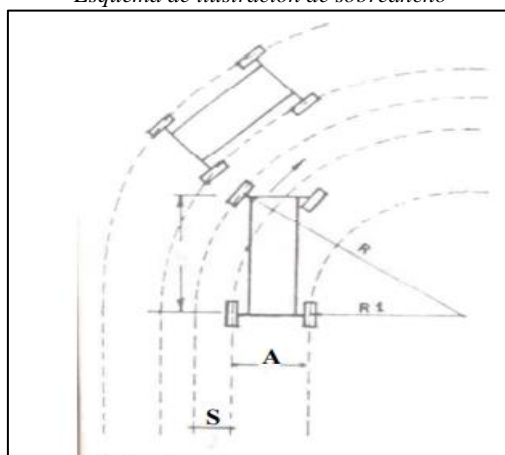
Para determinar el sobreancho de una curva se utiliza la siguiente fórmula, en base a la Ilustración 6:

$$S = R - \sqrt{R^2 - L^2} \quad (10)$$

En donde:

- R: radio de la curva, m.
- A: ancho del vehículo, m.
- S: sobreancho, m.
- V: velocidad de diseño, km/h.
- n: número de carriles.

Ilustración 6.
Esquema de ilustración de sobreancho



Fuente: MTOP, 2003

2.2.3.7 VISIBILIDAD EN LAS CARRETERAS

La distancia de visibilidad es la longitud de carretera que el conductor puede ver de forma continua al transitar en su vehículo, de tal manera que brinde seguridad y eficiencia al momento de conducir. (MTOP, 2003, p. 180)

2.2.3.7.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

Es la distancia mínima que un conductor necesita para alcanzar a ver algún objeto en la carretera, el cual puede causar un riesgo en su tránsito seguro. (MTOP, 2003, p. 181)

La mínima distancia de visibilidad (d) para la parada de un vehículo es igual a la suma de dos distancias; una, la distancia (d_1) recorrida por el vehículo desde el instante en que el conductor avizora un objeto en el camino hasta la distancia (d_2) de frenaje del vehículo, es decir, la distancia necesaria para que el vehículo pare completamente después de haberse aplicado los frenos. (MTOP, 2003, p. 180)

2.2.3.7.2 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO

La distancia de visibilidad de adelantamiento se da en una carretera, la cual cuenta con dos carriles y de circulación en dos sentidos, en donde esta distancia es la necesaria y suficiente para que un vehículo pueda adelantarse a otro que se encuentra en el mismo sentido, con menor velocidad y no cause colisiones con un tercer vehículo que se encuentre en sentido contrario. (Cárdenas, 2013)

2.2.4 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

Según Cárdenas (2013)

El diseño geométrico vertical de una carretera, o alineamiento en perfil, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela

al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía. A este eje también se le denomina rasante o sub-rasante. (p. 307)

2.2.4.1 TANGENTES VERTICALES

Las tangentes verticales se encuentran entre dos curvas sucesivas y su longitud se mide por la distancia entre el fin de la curva anterior a la tangente y el comienzo de la curva posterior. (Cárdenas, 2013, p. 308)

La pendiente máxima de las tangentes verticales depende de la velocidad con la que los vehículos circulan, la misma que está influenciada por el tipo de carretera que existe. (Cárdenas, 2013, p. 309)

La pendiente mínima permite el escurrimiento longitudinal de aguas lluvias en la calzada, y para tener un funcionamiento adecuado en las cunetas, esta pendiente será de 0.5%. (Cárdenas, 2013, p. 309)

2.2.4.2 CURVAS VERTICALES

Son curvas que unen dos tangentes verticales consecutivas, dando como resultado una circulación de vehículos cómoda y segura al cambio de gradiente, de tal manera que permita un drenaje adecuado, tomando en cuenta la velocidad de diseño y la distancia de visibilidad. (Cárdenas, 2013, p. 313)

2.2.4.2.1 CURVAS VERTICALES CONVEXAS

La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros. (MTOP, 2003, p. 208)

La fórmula de la longitud mínima es:

$$L_{min} = 0.60 * V \quad (11)$$

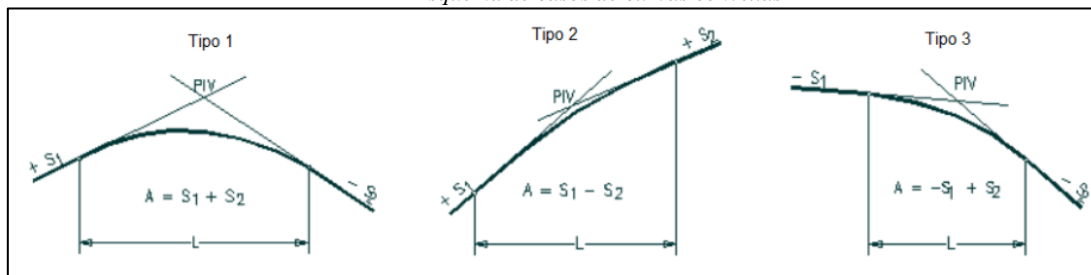
Donde:

- **L:** longitud mínima de la curva vertical convexa.
- **V:** velocidad de diseño, k/m.

Se puede tener tres casos de curvas convexas:

- 1) **Caso 1:** gradiente de entrada mayor a cero y gradiente de salida menor a cero.
- 2) **Caso 2:** gradiente de entrada mayor a cero y gradiente de salida mayor a cero.
- 3) **Caso 3:** gradiente de entrada menor a cero y gradiente de salida menor a cero.

Ilustración 7.
Esquema de casos de curvas convexas



Fuente: Cárdenas, (2013)

Se tiene valores de K para diferentes velocidades de diseño como se puede observar en el [Anexo D](#).

2.2.4.2.2 CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS

Por motivos de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo. (MTOP, 2003, p. 211)

La fórmula de la longitud mínima es:

$$L_{min} = 0.60 * V \quad (12)$$

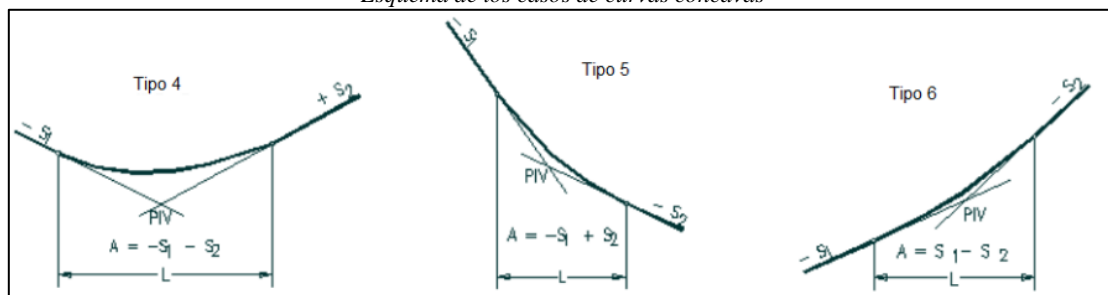
Donde:

- **L:** longitud mínima de la curva vertical cóncava.
- **V:** velocidad de diseño, k/m.

Se puede tener tres casos de curvas cóncavas:

- 4) **Caso 1:** gradiente de entrada menor a cero y gradiente de salida mayor a cero.
- 5) **Caso 2:** gradiente de entrada menor a cero y gradiente de salida menor a cero.
- 6) **Caso 3:** gradiente de entrada mayor a cero y gradiente de salida mayor a cero.

Ilustración 8.
Esquema de los casos de curvas cóncavas



Fuente: Cárdenas, 2013

Se tiene valores de K para diferentes velocidades de diseño como se puede observar en el [Anexo E](#).

2.3 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

2.3.1 MÉTODO AASHTO

El método AASHTO para pavimentos flexibles se basa en determinar el número estructural (SN), este valor determina la resistencia requerida de la estructura del pavimento.

Fórmula de diseño:

$$\log_{10} W_{18} = Z_r * S_o + 9.36 * \log_{10} * (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{\frac{0.40 + 1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} * M_r - 8.07 \quad (13)$$

Donde:

- **W18:** número de ejes equivalentes para el período de diseño

- **Zr:** desviación normal estándar
- **So:** desviación estándar
- **ΔPSI:** diferencia de serviciabilidad
- **Mr:** módulo de resiliente (Psi)
- **SN:** número estructural

2.3.1.1 CONFIABILIDAD

Se entiende por confiabilidad a la probabilidad de que el pavimento pueda reaccionar de la mejor manera ante condiciones de tráfico y ambientales, dentro de la vida útil del diseño, y está representada por la letra “R”. Existen diferentes valores de confiabilidad que dependen del tipo de carretera que se presentan en el [Anexo F](#).

2.3.1.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Se representa con “Zr”, este parámetro está ligado directamente con la confiabilidad (R) y se encuentran en el [Anexo G](#).

2.3.1.3 ERROR ESTÁNDAR COMBINADO

Según Rondón y Reyes (2015), el error estándar combinado tiene en cuenta el error o desviación del diseño, la variación de las propiedades de los materiales, de las propiedades de la subrasante, la variación en la estimación del tránsito, de las condiciones climáticas y en la calidad de la construcción. (p. 546)

Los valores de So se obtienen mediante la siguiente tabla:

Tabla 7.
Factor de Desviación Estándar

| Proyecto de pavimento | Flexible | Rígido |
|------------------------------|-----------------|---------------|
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobre capas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: elaboración propia basada en Rondón y Reyes, (2015)

2.3.1.4 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

Es la condición que se necesita para que un pavimento flexible brinde seguridad y confort a los usuarios, del cual va a depender el diseño y la calidad de la vía. Estos valores se encuentran en el [Anexo H](#), los mismos que dependen del tipo de vía.

2.3.1.5 DETERMINACIÓN DE ESPESOR DE CAPAS

2.3.1.5.1 MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE

Se tiene la siguiente fórmula para obtener el módulo resiliente de la subrasante, el cual depende del CBR obtenido en el laboratorio.

$$M_r = 1500 * CBR \quad (14)$$

Para un CBR menor a 7.2%.

2.3.1.5.2 MÓDULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA BASE Y SUBBASE

- **Sub base:** “es la capa de la estructura de pavimento que subyace a la base granular, compuesta por materiales granulares no tratados colocados generalmente sobre la subrasante, la subrasante mejorada, el afirmado o el terraplén” (Rondón y Reyes, 2015, p. 341).

“La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%” (MOP-001-F, 2002, pp. IV-38).

- **Base:** “es la capa de la estructura de pavimento que por lo general subyace a la carpeta asfáltica en un pavimento flexible, a la losa de concreto en uno de tipo rígido y a la capa estabilizada con cementante hidráulico en uno semirrígido” (Rondón y Reyes, 2015, p. 339).

“El valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%” (MOP-001-F, 2002, pp. IV-48).

El Módulo Resiliente y el Coeficiente Estructural de la sub base y base se obtienen mediante ábacos ubicados en el [Anexo I](#).

2.3.1.5.3 MÓDULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

En el [Anexo J](#) se tiene la tabla de los valores máximos recomendados de módulo resiliente, los cuales dependen del tipo de capa, la velocidad y temperatura en la cual se está haciendo el proyecto.

El coeficiente estructural a_1 caracteriza la mezcla asfáltica, su espesor y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$a_1 = 0.184 * \ln(E) - 1.9547 \quad (15)$$

2.3.1.6 CONDICIONES AMBIENTALES Y DE DRENAJE

Estos coeficientes para la base y sub base están en relación con las características del material, la calidad de drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación, los cuales se encuentran en el [Anexo K](#).

2.3.1.5.4 NÚMEROS ESTRUCTURALES

Son necesarios para obtener el espesor total de la estructura del pavimento, y se determinan mediante la Ecuación 12.

2.4 DISEÑO DE CUNETAS

Son estructuras de drenaje, que están encargadas de captar las aguas de escorrentía superficial provenientes de la vía y de los taludes, estas aguas son conducidas longitudinalmente hasta llegar a un lugar seguro, donde tenga una adecuada disposición. (INVIAS, 2009, p. 198)

2.4.1 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

“Este coeficiente establece la relación que existe entre la cantidad total de lluvia que se precipita y la que se escurre superficialmente” (MTOP, 2003, p. 298). Los diferentes valores para el Coeficiente de Escorrentía según el tipo de suelo se encuentran en el [Anexo L](#).

2.4.2 INTENSIDAD DE LLUVIA

Se entiende por intensidad de lluvia, la cantidad de esta en un período de tiempo determinado. De acuerdo a la información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología las expresiones que se utilizan para determinar la intensidad de lluvia para en la estación M0139- Gualaceo son:

Ilustración 9.
Intensidad-Duración-Frecuencia de la estación Gualaceo

CUADRO N° 47: INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA ESTACIÓN M0139 GUALACEO

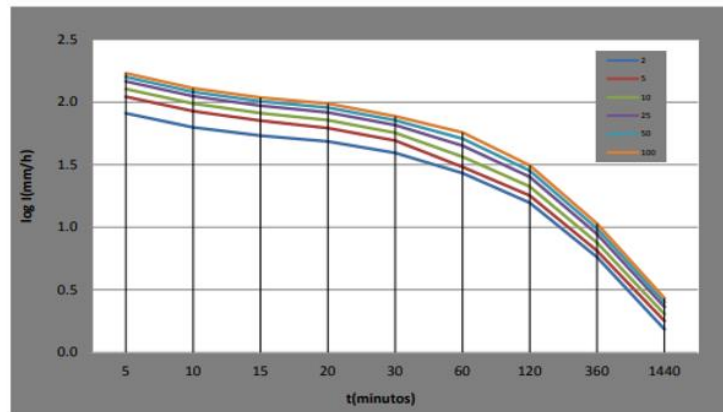
| ESTACIÓN | | INTERVALOS DE TIEMPO (minutos) | ECUACIONES | R | R ² |
|----------|----------|-----------------------------------|--|--------|----------------|
| CÓDIGO | NOMBRE | | | | |
| M0139 | GUALACEO | 5<30 | $i = 163.3335 * T^{0.1753} * t^{-0.4333}$ | 0.9867 | 0.9775 |
| | | 30<120 | $i = 374.6061 * T^{0.1845} * t^{-0.6853}$ | 0.9934 | 0.9868 |
| | | 120<1440 | $i = 1406.3476 * T^{0.1642} * t^{-0.9557}$ | 0.9997 | 0.9993 |

Fuente: INAMHI, (2015)

“Los caudales de diseño para el drenaje de la plataforma se estimarán mediante el método racional, adoptándose un tiempo de concentración mínimo de 10 minutos y un período de retorno equivalente a 25 años” (NEVI, 2012, p. 308), por lo tanto, en la siguiente ilustración se muestra la Intensidad de Precipitación según el Período de Retorno y el Tiempo de Concentración para la estación M0139 :

Ilustración 10.

Intensidad de precipitación según Período de Retorno y Tiempo de Concentración



| T (min) | Período de Retorno T (años) | | | | | |
|---------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| 5 | 91.8 | 107.8 | 121.8 | 143.0 | 161.5 | 182.3 |
| 10 | 68.0 | 79.9 | 90.2 | 105.9 | 119.6 | 135.0 |
| 15 | 57.0 | 67.0 | 75.6 | 88.8 | 100.3 | 113.3 |
| 20 | 50.4 | 59.1 | 66.8 | 78.4 | 88.5 | 100.0 |
| 30 | 41.4 | 49.0 | 55.7 | 66.0 | 74.9 | 85.2 |
| 60 | 25.7 | 30.5 | 34.6 | 41.0 | 46.6 | 53.0 |
| 120 | 16.2 | 18.9 | 21.1 | 24.6 | 27.5 | 30.9 |
| 360 | 5.7 | 6.6 | 7.4 | 8.6 | 9.6 | 10.8 |
| 1440 | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.6 | 2.9 |

INTENSIDAD MÁXIMA (mm/h)

Fuente: INAMHI, (2015)

2.4.3 SECCIÓN DE CANAL

“Las cunetas según la forma de su sección transversal, pueden ser: triangulares, rectangulares y trapezoidales. El uso de cunetas triangulares es generalizado, posiblemente, por su facilidad de construcción y mantenimiento” (MTOP, 2003, p. 255).

Ilustración 11.

Sección típica de cuneta y canales triangulares

| Tipo de Cuneta o Canal | |
|------------------------|--|
| | |
| Ancho Superficial (l) | $(z_a + z_b) \cdot h$ |
| Área (x) | $x + z_b \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)$ |
| Perímetro Mojado (P) | $\frac{(z_a + z_b) \cdot h^2}{2}$ |
| Radio Hidráulico (R) | $h + \sqrt{x^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{z_a^2} \right) + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)}$ |
| | $\frac{x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)}{h + \sqrt{x^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{z_a^2} \right) + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)}}$ |

Fuente: NEVI, (2012)

La capacidad hidráulica de estas cunetas se puede calcular con la expresión de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * \left(A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \right) \quad (16)$$

En donde:

- **Q:** caudal de diseño
- **n:** coeficiente de rugosidad de Manning
- **A:** área mojada
- **R:** radio hidráulico
- **S:** pendiente (m/m)

El agua debe tener una velocidad, la cual no se sedimente y tampoco erosione el material de la misma. La velocidad mínima aconsejable es de 0.25 m/s y las velocidades máximas para obras revestidas se encuentran en el [Anexo M](#).

2.5 SEÑALIZACIÓN

“Las señales de tránsito se utilizan para ayudar al movimiento seguro y ordenado del tránsito de peatones y vehículos” (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical , 2011, p. 6).

2.5.1 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

2.5.1.1 SEÑALES REGULATORIAS

“Regulan el movimiento del tránsito e indican cuando se aplica un requerimiento legal, la falta del cumplimiento de sus instrucciones constituye una infracción de tránsito” (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical , 2011, p. 7).

Pare (R1-1): “se instala en las aproximaciones a las intersecciones, donde una de las vías tiene prioridad con respecto a la otra, y obliga a parar al vehículo frente a esta

señal antes de entrar a la intersección (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical , 2011, p. 16)”

Doble vía (R2-2): “debe ubicarse en el comienzo de una calzada o calle de doble vía y repetirse en todas las intersecciones y cruces. Siempre las señales deben colocarse en ambos lados de la calle” (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical , 2011, p. 20).

Límite máximo de velocidad (R4-1): “esta señal se utiliza para indicar la velocidad máxima permitida en un tramo de vía” (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical , 2011, p. 36).

2.5.1.2 SEÑALES PREVENTIVAS

“Se utilizan para alertar a los conductores de peligros potenciales que se encuentran más adelante” (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical , 2011, p. 49).

Curva cerrada izquierda (P1-1I): “estas señales indican la aproximación a curvas cerradas; y se instalan antes de una curva con ángulo de viraje $\leq 90^\circ$ ” (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical , 2011, p. 51).

Curva cerrada abierta izquierda (P1-2I) y derecha (P1-2D): “indican la aproximación a curvas abiertas; y se instalan en aproximaciones a una curva abierta a la izquierda o derecha” (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical , 2011, p. 51).

Animales en la vía (P6-17): “esta señal debe utilizarse para advertir la probable presencia de animales en la vía, sean estos domésticos o de ganado” (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical , 2011, p. 81).

Alineamiento horizontal (D6-1I) o (D6-1D): “se utiliza en radio de curvas cerradas pudiendo ser a izquierda o derecha según el alineamiento de la curva” (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical , 2011, p. 134).

2.5.2 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta: “estas líneas deben ser color amarillo, y pueden ser traspasadas siempre y cuando haya seguridad, se emplean donde las características geométricas de la vía permiten el rebasamiento y los virajes” (INEN, 2011, p. 11).

Zonas de No Rebasar: “una zona de NO REBASAR se justifica donde la distancia de visibilidad de rebasar es menor que la distancia de rebasamiento mínimo” (INEN, 2011, p. 15), señalado en la tabla que se encuentra en el [Anexo N](#).

Líneas de borde: “indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada, lo que les permite posicionarse correctamente respecto a éste” (INEN, 2011, p. 22).

Línea de pare en intersección con señal vertical de pare: “la línea de pare se demarca siguiendo la alineación de la proyección de los bordillos hacia el interior de la vía, donde se requiere detener el tráfico” (INEN, 2011, p. 27).

Líneas de cruce cebra: “esta señalización delimita una zona de la calzada donde el peatón tiene derecho de paso en forma irrestricta” (INEN, 2011, p. 40).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 TOPOGRAFÍA

3.1.1 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Se realizó el reconocimiento de campo para determinar los posibles problemas que se pueden presentar durante el levantamiento topográfico y buscar las respectivas soluciones.

Se seleccionó el lugar de la ubicación del GPS Base (N:9679468.7410 E:736759.300 Z:2897.916 DATUM UTM WGS84 ZONA 17S), el cual se consideró como punto inicial para realizar las mediciones necesarias.

3.1.2 TRABAJO DE CAMPO

Ya obtenida las coordenadas de partida con el GPS base, se realizó el levantamiento planimétrico y altimétrico en base a la vía existente UZHOC-GRANDA, que cuenta con una longitud de 1.257 km. Los puntos se tomaron a lo largo del eje de la vía a detalle con una franja topográfica de 80 metros, los cuales cuentan con numeración, coordenadas (Norte, Este, Cota) y descripción.

Este levantamiento topográfico se realizó con ayuda del RTK, tomando puntos aproximadamente cada 10 y 5 metros tanto en el eje de vía y bordillos como en la franja topográfica.

3.1.3 TRABAJO DE GABINETE

3.1.3.1 TRANSFERENCIA DE DATOS

Una vez recopilado los datos en campo, se transfirieron del equipo a una computadora. Esto se realizó mediante la tecnología de Bluetooth, permitiendo una transferencia rápida y sin cables.

3.1.3.2 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

En esta etapa los datos recopilados se revisaron y se llevó un proceso de control de calidad para verificar su precisión y consistencia, eliminando puntos erróneos o no necesarios, es decir, se realizó una limpieza general de los datos y la generación de modelos digitales del terreno con ayuda del software CIVL 3D.

3.1.3.3 GENERACIÓN DE INFORMES Y MAPAS

Una vez completado el procesamiento y análisis de los datos, se generó informes y mapas topográficos, los cuales incluyen coordenadas, elevaciones, perfil del terreno, perfil del proyecto y curvas de nivel, los cuales se pueden observar en el [Anexo V](#).

3.2 ESTUDIO DE TRÁFICO

Los conteos del tráfico se realizaron de forma manual en un período de 12 horas (7:00 a 19:00) por seis días (25/04/2023 al 30/04/2023) y el día lunes 24 de abril se realizó el conteo de 24 horas, cuya localización fue en el inicio de la vía (ABS 0+000).

Al finalizar los siete días de conteo se procedió a digitalizar la información y se llegó a determinar que por la vía Uzhoc-Granda transitan los siguientes vehículos: vehículos livianos, busetas, camiones de 2 ejes y motos. Obteniendo como resultado los siguientes datos:

Tabla 8.
Resumen de conteo por tipo de vehículo
RESUMEN CONTEO VEHICULAR

| Tipo de vehículo | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |
|------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| Livianos | 190 | 135 | 124 | 119 | 136 | 119 | 81 |
| Busetas | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 0 | 2 |
| Camiones 2 ejes | 18 | 18 | 17 | 11 | 10 | 17 | 3 |
| Motos | 34 | 34 | 26 | 20 | 22 | 13 | 24 |

Fuente: elaboración propia

Para obtener el Tráfico Promedio Diario Anual, se necesitó de los siguientes factores:

- **Factor diario:** se obtuvo un factor diario de 1 al realizar la división de 7 para el número de días contados, en este caso 7 días.
- **Factor horario:** este se obtiene en relación a las 24 horas de conteo, el día lunes se contó 24 horas, por lo tanto, el factor horario es de 1.
- **Factor semanal:** se obtiene mediante los factores de ajuste semanal, como se muestra en la siguiente tabla, obteniendo como resultado FS= 1.071.

Tabla 9.
Factores de ajuste semanal

| FACTORES DE AJUSTE SEMANAL | | | |
|----------------------------|-----------|--------------|----------------|
| MES | # DE DÍAS | # DE SEMANAS | FACTOR SEMANAL |
| Enero | 31 | 4.429 | 1.107 |
| Febrero | 28 | 4.000 | 1.000 |
| Marzo | 31 | 4.429 | 1.107 |
| Abril | 30 | 4.286 | 1.071 |
| Mayo | 31 | 4.429 | 1.107 |
| Junio | 30 | 4.286 | 1.071 |
| Julio | 31 | 4.429 | 1.107 |
| Agosto | 31 | 4.429 | 1.107 |
| Septiembre | 30 | 4.286 | 1.071 |
| Octubre | 31 | 4.429 | 1.107 |
| Noviembre | 30 | 4.286 | 1.071 |
| Diciembre | 31 | 4.429 | 1.107 |

Fuente: elaboración propia

- **Factor mensual:** se obtuvo del consumo de combustible de la provincia del Azuay, de los años 2019-2021 y realizando una proyección para el año 2022.

Tabla 10.
Determinación del factor mensual

| CONSUMO DE COMBUSTIBLE 2022 | | | | | |
|-----------------------------|------------|-----------|------------|-------------|---------|
| FUENTE: autor (proyección) | | | | | |
| MES | Extra | Super | Diesel | Suma | FM |
| Enero | 5 041 034 | 426 907 | 3 821 603 | 9 289 543 | 1.05959 |
| Febrero | 4 880 836 | 433 298 | 3 541 383 | 8 855 516 | 1.11152 |
| Marzo | 5 355 979 | 453 869 | 3 841 103 | 9 650 951 | 1.01991 |
| Abril | 5 032 952 | 413 959 | 3 736 007 | 9 182 917 | 1.07189 |
| Mayo | 5 078 272 | 399 376 | 4 163 812 | 9 641 460 | 1.02092 |
| Junio | 5 196 709 | 387 913 | 4 223 877 | 9 808 499 | 1.00353 |
| Julio | 5 547 513 | 419 991 | 4 503 173 | 10 470 677 | 0.94007 |
| Agosto | 5 452 805 | 428 022 | 4 448 420 | 10 329 247 | 0.95294 |
| Septiembre | 5 349 559 | 389 638 | 4 417 146 | 10 156 342 | 0.96916 |
| Octubre | 5 258 978 | 392 703 | 4 126 129 | 9 777 810 | 1.00668 |
| Noviembre | 5 417 543 | 396 626 | 4 330 418 | 10 144 587 | 0.97028 |
| Diciembre | 5 907 968 | 444 561 | 4 457 393 | 10 809 921 | 0.91056 |
| Total | 63 520 145 | 4 986 862 | 49 610 461 | 118 117 467 | |
| Promedio total | 9 843 122 | | | | |

Fuente: elaboración propia

Una vez determinado el factor de ajuste mensual de 1.072, se obtuvo el factor del Tráfico Promedio Diario Anual con la fórmula (1) establecida en el capítulo anterior, dando como resultado la siguiente información:

Tabla 11.
Tráfico Promedio Diario Anual

| FACTOR TPDA= 1.149 | | | | | |
|------------------------------|-----|--------------------------------|---------|---|------------|
| RESUMEN DE TRÁFICO OBSERVADO | | % RESUMEN DE TRÁFICO OBSERVADO | | RESUMEN DE TRÁFICO OBSERVADO APLICANDO TPDA | |
| Livianos | 142 | Livianos | 85.54% | Livianos | 163 |
| Busetas | 8 | Busetas | 4.82% | Busetas | 9 |
| 2 ejes | 16 | 2 ejes | 9.64% | 2 ejes | 18 |
| 3 ejes | 0 | 3 ejes | 0.00% | 3 ejes | 0 |
| > 3 ejes | 0 | > 3 ejes | 0.00% | > 3 ejes | 0 |
| TOTAL | 166 | TOTAL | 100.00% | TOTAL | 191 |

Fuente: elaboración propia

Una vez obtenido el TPDA, se realizó la proyección de la cantidad de vehículos para un período de 20 años, mediante la ecuación (2), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 12.
Tasa de crecimiento vehicular cada 5 años

| TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR | | | | |
|-------------------------------|----------|-------|----------|--------|
| PERÍODO | LIVIANOS | BUSES | CAMIONES | TIEMPO |
| 2023-2028 | 2.20% | 0.84% | 0.84% | 5 |
| 2028-2033 | 1.03% | 0.81% | 0.81% | 5 |
| 2033-2038 | 0.81% | 0.77% | 0.77% | 5 |
| 2038-2043 | 0.75% | 0.75% | 0.75% | 5 |

Fuente: elaboración propia

Tabla 13.
TPDA a los años de interés del proyecto

| VEHICULOS | TPDA 2023 | TPDA 2028 | TPDA 2033 | TPDA 2038 | TPDA 2043 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Livianos | 163 | 182 | 192 | 200 | 208 |
| Busetas | 9 | 10 | 11 | 12 | 12 |
| 2 ejes | 18 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 3 ejes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| > 3 ejes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 191 | 212 | 224 | 234 | 243 |
| | | | | TPDA 2043 | 243 |

Fuente: elaboración propia

El resultado del TPDA para un período de diseño de 20 años, fue de 243 vehículos, por lo tanto, en función de la Tabla “CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN

FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO”, la vía Uzhoc-Granda se encuentra dentro de la clase IV de 100 hasta 300 vehículos.

3.3 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES ESALS's

3.3.1 CLASIFICACIÓN DEL TRÁFICO

Una vez recopilado los datos de tráfico, se procedió a clasificarlos por categorías, ya que cada una de estas tiene diferentes características de carga y efectos de daño en el pavimento.

Tabla 14.
Clasificación del Tráfico

| AÑO 2023 | TOTAL | Porcentajes de Vehiculos | |
|-----------|-------|--------------------------|--|
| TPD TOTAL | 197 | | |
| AUTOS | 163 | 82.9% | |
| BUSES | 9 | 4.7% | |
| CAMIONES | 24 | 12.441% | |
| 2DA | 19 | 9.900% | |
| 2DB | 4 | 2.033% | |
| 3 - A | 1 | 0.508% | |
| 4 - C | 0 | 0.000% | |
| 2S2 | 0 | 0.000% | |
| 2R3 | 0 | 0.000% | |
| 3S2 | 0 | 0.000% | |
| 3R3 | 0 | 0.000% | |
| 3S3 | 0 | 0.000% | |

| Distribucion Camiones |
|-----------------------|
| 389.6% |
| 80.0% |
| 20.0% |
| 0.0% |
| 0.0% |
| 0.0% |
| 0.0% |
| 0.0% |
| 0.0% |

Fuente: elaboración propia

3.3.2 DETERMINACIÓN DEL FACTOR EQUIVALENTE DE CARGA

Se calculó el factor de ejes equivalentes de acuerdo con el Método AASHTO 93, utilizando el Peso Bruto Vehicular descrito en la NEVI 12, [Anexo Q](#).

Tabla 15.
Factores Equivalentes de Carga

| FACTORES DE EQUIVALENTE DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO | | | | | | | | |
|---|--------|-----------|--------------|-----------|--------|----------|--------|----------|
| TIPO | SIMPLE | | SIMPLE DOBLE | | TANDEM | | TRIDEM | |
| | tons | (P/6.6)^4 | tons | (P/8.2)^4 | tons | (P/15)^4 | tons | (P/23)^4 |
| BUS | 4 | 0.13 | 9 | 1.45 | | | | |
| 2DA | 3 | 0.04 | 7 | 0.53 | | | | |
| 2DB | 7 | 1.27 | 11 | 3.24 | | | | |
| 3A | 7 | 1.27 | | | 20 | 3.16 | | |
| 4C | 7 | 1.27 | | | | 0.00 | 24 | 1.19 |
| 2S2 | 7 | 1.27 | 11 | 3.24 | 20 | 3.16 | | |
| 2R3 | 7 | 1.27 | 11 | 3.24 | 20 | 3.16 | | |
| | | | 11 | 3.24 | | | | |
| 3S2 | 7 | 1.27 | | | 20 | 3.16 | | |
| | | | | | 20 | 3.16 | | |
| 3R3 | 7 | 1.27 | 11 | 3.24 | 20 | 3.16 | | |
| | | | | | 20 | 3.16 | | |
| 3S3 | 7 | 1.27 | | | 20 | 3.16 | 24 | 1.19 |

| FACTOR FEC |
|------------|
| 1.59 |
| 0.57 |
| 4.50 |
| 4.43 |
| 2.45 |
| 7.66 |
| 10.90 |
| 7.59 |
| 10.82 |
| 5.61 |

Fuente: elaboración propia

Una vez determinado el factor equivalente de carga, se procedió a calcular el Número de Ejes Equivalentes (ESALS), para un período de 20 años, obteniendo un valor de $W_{18}=183437$, para 2 carriles.

Tabla 16.
Cálculo del Número de Ejes Equivalentes 1

| AÑO | % Crecimiento | | | | TRANSITO PROMEDIO DIARIO | | | | |
|------|---------------|-------|----------------|---------------|--------------------------|-------|-------|----------------|---------------|
| | AUTOS | BUSES | CAMION LIVIANO | CAMION PESADO | TPD TOTAL | AUTOS | BUSES | CAMION LIVIANO | CAMION PESADO |
| 2023 | 2.20% | 0.84% | 0.84% | 0.84% | 197 | 163 | 9 | 19 | 5 |
| 2024 | 2.20% | 0.84% | 0.84% | 0.84% | 201 | 167 | 9 | 20 | 5 |
| 2025 | 2.20% | 0.84% | 0.84% | 0.84% | 205 | 170 | 9 | 20 | 5 |
| 2026 | 2.20% | 0.84% | 0.84% | 0.84% | 209 | 174 | 9 | 20 | 5 |
| 2027 | 2.20% | 0.84% | 0.84% | 0.84% | 213 | 178 | 10 | 20 | 5 |
| 2028 | 2.20% | 0.84% | 0.84% | 0.84% | 217 | 182 | 10 | 20 | 5 |
| 2029 | 1.03% | 0.81% | 0.81% | 0.81% | 219 | 184 | 10 | 20 | 5 |
| 2030 | 1.03% | 0.81% | 0.81% | 0.81% | 221 | 186 | 10 | 21 | 5 |
| 2031 | 1.03% | 0.81% | 0.81% | 0.81% | 224 | 188 | 10 | 21 | 5 |
| 2032 | 1.03% | 0.81% | 0.81% | 0.81% | 226 | 189 | 10 | 21 | 5 |
| 2033 | 1.03% | 0.81% | 0.81% | 0.81% | 228 | 191 | 10 | 21 | 5 |
| 2034 | 0.81% | 0.77% | 0.77% | 0.77% | 230 | 193 | 10 | 21 | 5 |
| 2035 | 0.81% | 0.77% | 0.77% | 0.77% | 232 | 195 | 10 | 21 | 6 |
| 2036 | 0.81% | 0.77% | 0.77% | 0.77% | 234 | 196 | 10 | 22 | 6 |
| 2037 | 0.81% | 0.77% | 0.77% | 0.77% | 235 | 198 | 10 | 22 | 6 |
| 2038 | 0.81% | 0.77% | 0.77% | 0.77% | 237 | 199 | 10 | 22 | 6 |
| 2039 | 0.75% | 0.75% | 0.75% | 0.75% | 239 | 201 | 10 | 22 | 6 |
| 2040 | 0.75% | 0.75% | 0.75% | 0.75% | 241 | 202 | 11 | 22 | 6 |
| 2041 | 0.75% | 0.75% | 0.75% | 0.75% | 243 | 204 | 11 | 22 | 6 |
| 2042 | 0.75% | 0.75% | 0.75% | 0.75% | 244 | 205 | 11 | 23 | 6 |
| 2043 | 0.75% | 0.75% | 0.75% | 0.75% | 246 | 207 | 11 | 23 | 6 |

Fuente: elaboración propia

Tabla 17.
Cálculo del Número de Ejes Equivalentes 2

| CAMIONES | | | | | | | | | W ₁₈ Acumulado | W ₁₈ Carril Diseño |
|----------|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------|----------------------------------|
| 2DA | 2DB | 3 - A | 4 - C | 2S2 | 2R3 | 3S2 | 3R3 | 3S3 | | |
| 19 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 589 | 8 355 |
| 20 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 257 | 16 747 |
| 20 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 004 | 25 177 |
| 20 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 832 | 33 645 |
| 20 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 740 | 42 152 |
| 20 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 106 730 | 50 697 |
| 20 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 124 799 | 59 279 |
| 21 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 142 947 | 67 900 |
| 21 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 161 176 | 76 559 |
| 21 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 179 485 | 85 255 |
| 21 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 197 876 | 93 991 |
| 21 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 216 346 | 102 764 |
| 21 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 234 895 | 111 575 |
| 22 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 253 525 | 120 424 |
| 22 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 272 235 | 129 312 |
| 22 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 291 027 | 138 238 |
| 22 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 309 898 | 147 202 |
| 22 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 328 849 | 156 203 |
| 22 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 347 879 | 165 243 |
| 23 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 366 991 | 174 321 |
| 23 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 386 183 | 183 437 |

Fuente: elaboración propia

3.4 ESTUDIO DE SUELOS

Los estudios que se realizaron a la subrasante permitieron definir las características físicas y mecánicas del suelo sobre el cual se diseñó la estructura de pavimento con sus respectivos espesores.

El día 30 de mayo del 2023 se realizó la extracción de la muestra de suelo en las coordenadas N: 9679424 E: 736606 Z: 2870 msnm, en el [Anexo R](#) se presenta un resumen de los ensayos realizados de acuerdo a las siguientes normas:

- Ensayo DCP (Norma ASTM D-6951)
- Proctor Modificado (Norma ASTM D1557-12)

3.5 DISEÑO GEOMÉTRICO

3.5.1 VELOCIDAD DE DISEÑO

La vía Uzhoc-Granda al ser un camino vecinal tipo IV, con un TPDA de 153 vehículos, y de acuerdo a la tabla ubicada en el [Anexo A](#), se determinó una velocidad de diseño de 35 km/h.

3.5.2 VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

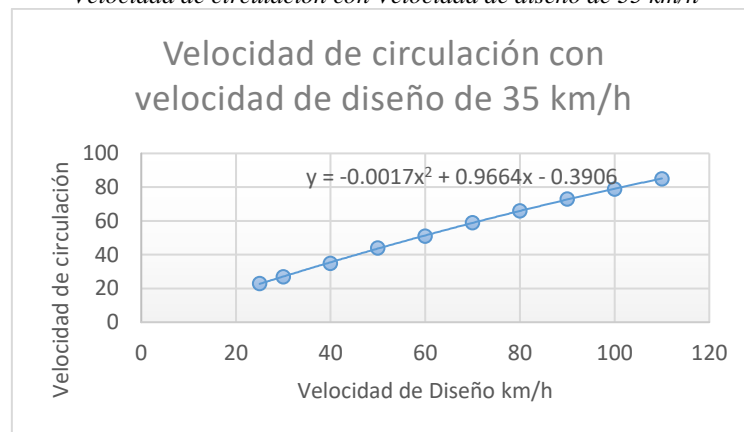
Esta velocidad está en función a la velocidad de diseño (35 km/h) y al volumen de tránsito (medio). En el [Anexo B](#) se pudo observar que no existe información para una velocidad de diseño que se ajuste al proyecto, por lo tanto, se realizó una gráfica con coordenadas X y Y, velocidad de diseño y velocidad de circulación, respectivamente, con una línea de tendencia polinómica de grado 2, la cual es la que más se ajusta a la gráfica, como se puede observar a continuación:

Tabla 18.
Relación entre Velocidad de Diseño y Velocidad de Circulación

| Velocidad de diseño (km/h) | Velocidad de circulación (km/h) |
|---------------------------------------|--|
| 25 | 23 |
| 30 | 27 |
| 40 | 35 |
| 50 | 44 |
| 60 | 51 |
| 70 | 59 |
| 80 | 66 |
| 90 | 73 |
| 100 | 79 |
| 110 | 85 |

Fuente: elaboración propia

Ilustración 12.
Velocidad de circulación con Velocidad de diseño de 35 km/h



Fuente: elaboración propia

Con la ecuación que se muestra en el gráfico, se obtuvo una velocidad de circulación de 31 km/h.

3.5.3 DISEÑO HORIZONTAL

3.5.3.1 RADIO MÍNIMO

La MTOP recomienda una tasa de sobreelevación del “8% para caminos con capa granular de rodadura (caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidades hasta 50 km/h” (MTOP, 2003, p. 56). A continuación, se resume los parámetros necesarios para el cálculo del radio mínimo:

Tabla 19.
Parámetros para el cálculo de Radio Mínimo

| PARÁMETROS DE CÁLCULO DE RADIO MÍNIMO | | |
|--|-------|---------------------------------|
| Velocidad de diseño | 35 | km/h |
| Tasa de sobreelevación e | 0.08 | 8% |
| Coeficiente de fricción lateral f | 0.255 | |
| Radio mínimo calculado | 28.79 | $R = \frac{V^2}{127 * (e + f)}$ |
| Radio asumido | 30 | m |

Fuente: elaboración propia

3.5.3.2 PERALTE

El peralte se consideró de acuerdo a la normativa MTOP (2003), considerando factores de velocidad de diseño, radio de curvatura, coeficiente de fricción y las características del vehículo, por lo tanto, el peralte seleccionado fue del 8% para vías clase IV.

3.5.3.3 SOBREANCHO

El sobreancho se diseñó en base al radio de curvatura, ancho de los vehículos, velocidad de diseño y número de carriles.

A continuación, se presentan los sobreanchos para las diferentes curvas:

Tabla 20.
Sobreancho para Curvas Horizontales

| | | | |
|---|----------------|-----|------|
| CURVA (1-2-3-6-8-9-10-11-12-15-16) | CAMION 2 EJES: | 7.5 | m |
| | N° carriles | 2 | |
| | Radio de curva | 70 | m |
| | Velocidad | 35 | km/h |
| | SOBREANCHO | 1.2 | m |
| CURVA (4-5) | CAMION 2 EJES: | 7.5 | m |
| | N° carriles | 2 | |
| | Radio de curva | 65 | m |
| | Velocidad | 35 | km/h |
| | SOBREANCHO | 1.3 | m |
| CURVA (7) | CAMION 2 EJES: | 7.5 | m |
| | N° carriles | 2 | |
| | Radio de curva | 30 | m |
| | Velocidad | 35 | km/h |
| | SOBREANCHO | 2.5 | m |
| CURVA (13-14) | CAMION 2 EJES: | 7.5 | m |
| | N° carriles | 2 | |
| | Radio de curva | 50 | m |
| | Velocidad | 35 | km/h |
| | SOBREANCHO | 1.6 | m |

Fuente: elaboración propia

3.5.3.4 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA Y REBASAMIENTO

De acuerdo con la tabla “VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN”, ubicada en el [Anexo A](#), se obtuvo una Distancia de Visibilidad de 35 m y de Rebasamiento de 150 m.

En el [Anexo S](#) se encuentra el Reporte del Diseño Horizontal.

3.5.4 DISEÑO VERTICAL

3.5.4.1 CURVAS VERTICALES CONVEXAS

Para la longitud de curva se tomó en cuenta la diferencia algebraica entre las pendientes de cada curva y el valor de k.

El valor de k se encuentra establecido en la tabla “VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN”, ubicada en el [\(Anexo A\)](#), y para el presente proyecto se determinó un valor de 3.

La longitud mínima que se obtuvo mediante la Ecuación 10, tiene un valor de 21m.

3.5.4.2 CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS

La longitud de curva cóncava mínima que se utilizó en el proyecto, es la misma que se obtuvo mediante la Ecuación 10, $L_{min} = 21m$.

En el [Anexo T](#) se encuentra el Reporte del Diseño Vertical.

En el [Anexo V](#) se encuentran los planos de las secciones transversales cada 10 a lo largo del proyecto, las curvas con sus respectivos peraltes y sobreeanchos y el volumen de corte y relleno.

3.6 DISEÑO DE PAVIMENTOS

3.6.1 TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL

A continuación, se presenta el TPDA proyectado al año 2043.

Tabla 21.
TPDA a los años de interés del proyecto

| VEHICULOS | TPDA 2023 | TPDA 2028 | TPDA 2033 | TPDA 2038 | TPDA 2043 |
|--------------|------------|------------|------------|------------------|------------|
| Livianos | 163 | 182 | 192 | 200 | 208 |
| Busetas | 9 | 10 | 11 | 12 | 12 |
| 2 ejes | 18 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 3 ejes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| > 3 ejes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 191 | 212 | 224 | 234 | 243 |
| | | | | TPDA 2043 | 243 |

Fuente: elaboración propia

3.6.2 CARGA VEHICULAR ESALS'S

Se presentan los resultados del cálculo de ejes equivalentes:

Tabla 22.
Resultado del cálculo del Número de Ejes Equivalentes

| CAMIONES | | | | | | | | | W ₁₈ | W ₁₈ |
|----------|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|-----------------|
| 2DA | 2DB | 3 - A | 4 - C | 2S2 | 2R3 | 3S2 | 3R3 | 3S3 | Acumulado | Carril Diseño |
| 19 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 589 | 8 355 |
| 20 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 257 | 16 747 |
| 20 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 004 | 25 177 |
| 20 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 832 | 33 645 |
| 20 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 740 | 42 152 |
| 20 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 106 730 | 50 697 |
| 20 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 124 799 | 59 279 |
| 21 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 142 947 | 67 900 |
| 21 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 161 176 | 76 559 |
| 21 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 179 485 | 85 255 |
| 21 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 197 876 | 93 991 |
| 21 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 216 346 | 102 764 |
| 21 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 234 895 | 111 575 |
| 22 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 253 525 | 120 424 |
| 22 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 272 235 | 129 312 |
| 22 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 291 027 | 138 238 |
| 22 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 309 898 | 147 202 |
| 22 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 328 849 | 156 203 |
| 22 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 347 879 | 165 243 |
| 23 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 366 991 | 174 321 |
| 23 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 386 183 | 183 437 |

Fuente: elaboración propia

3.6.3 CONFIABILIDAD (R)

De acuerdo al estudio de tráfico, la vía Uzhoc-Granda es un camino vecinal tipo IV, con un TPDA proyectado al año 2043 de 243 vehículos, por lo cual, de acuerdo a la

tabla “Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras”, ubicada en el [Anexo F](#), se tiene un nivel de confiabilidad del 80% para zonas rurales.

El coeficiente de Desviación Estándar para un nivel de confiabilidad del 80% es de -0.841, los mismos valores que se muestran en la tabla “Valores normales de Desviación Estándar correspondientes a niveles de Confiabilidad seleccionada”, ubicada en el [Anexo G](#).

3.6.4 ERROR ESTÁNDAR COMBINADO

El valor que se seleccionó de acuerdo a la tabla N°8, es de 0.45, para Construcción Nueva de Pavimento Flexible.

3.6.5 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

Para el presente proyecto los valores seleccionados son:

- Índice de serviciabilidad inicial $P_o = 4.2$
- Índice de serviciabilidad final $P_t = 2.0$

Por lo tanto, el Índice de Serviciabilidad ΔPSI , determinado mediante la resta de $P_o - P_t$ es de 2.20.

3.6.6 MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE

El CBR de diseño para el proyecto es de 1.00%, dicho valor se utiliza para obtener el Módulo Resiliente de la Subrasante mediante la ecuación (13), dando como resultado:

$MR = 1500 \text{ PSI}$.

3.6.7 MÓDULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA SUBBASE

De acuerdo a la MOP-001, especificado en el capítulo II, numeral 2.3.1.5.2 de este proyecto, se tiene un CBR para la Subbase mayor o igual a 30%, por lo tanto, con el

valor mínimo se procede a determinar el Módulo Resiliente y Coeficiente Estructural, mediante los ábacos ubicados en el [Anexo I](#), obteniendo los siguientes resultados:

Módulo Resiliente= 14690 PSI

Coeficiente Estructural= 0.107

3.6.8 MÓDULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA BASE

De acuerdo a la MOP-001, especificado en el capítulo II, numeral 2.3.1.5.2 de este proyecto, se tiene un CBR para la Base mayor o igual a 80%, por lo tanto, con el valor mínimo se procede a determinar el Módulo Resiliente y Coeficiente Estructural, mediante los ábacos ubicados en el [Anexo I](#), obteniendo los siguientes resultados:

Módulo Resiliente= 28550

Coeficiente Estructural= 0.134

3.6.9 MÓDULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

Para determinar el Módulo Resiliente, se tomó en cuenta los valores recomendados por los autores (Rondón y Reyes), los cuales se encuentran en el [Anexo J](#), dichos valores dependen de la temperatura (según la PDOT (2023): la temperatura media anual es de 14.5 °C) y la velocidad de circulación con la cual transitan los vehículos (31 km/h) por la vía Uzhoc-Granda, y se obtuvo el siguiente resultado:

Módulo Resiliente= 6000 MPa= 870228 PSI.

El Coeficiente Estructural se obtuvo de la ecuación (14), dando como resultado:

Coeficiente Estructural= 0.562

3.6.10 CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

Según la PDOT (2023) de Gualaceo, se tiene una precipitación media de 810 mm, con lo cual se determinó que el tiempo que tarda el agua en ser evacuada es de 1 semana, esto también debido a la topografía de la zona, la mayor parte es de ondulada a montañosa.

Para los coeficientes de Base y Subbase, m_2 y m_3 respectivamente, se tienen los siguientes resultados en base a las tablas ubicadas en el [Anexo K](#):

$$m_2 = 1$$

$$m_3 = 1$$

3.6.11 NÚMEROS ESTRUCTURALES REQUERIDOS

En base a los datos obtenidos y con la ecuación (12), se determinó los números estructurales de subbase, base y mezcla asfáltica:

Tabla 23.
Resultados de los Números Estructurales

| Capa | Número Estructural |
|------------------|---------------------------|
| Subbase | 1.41 |
| Base | 1.85 |
| Mezcla asfáltica | 4.18 |

Fuente: elaboración propia

Mediante la utilización del programa AASHTO 93 se pudo comprobar los resultados anteriormente descritos, dando como resultado:

Ilustración 13.
Número Estructural de la Subbase

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

| | | | |
|---|--|--|--|
| Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido | | Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 80 % $Z_r = -0.841$ So = 0.45 | |
| Serviciabilidad inicial y final PSI inicial = 4.2 PSI final = 2 | | Módulo resiliente de la subrasante Mr = 28550 psi | |
| Información adicional para pavimentos rígidos | | | |
| Módulo de elasticidad del concreto - E _c (psi) | | Coefficiente de transmisión de carga - (J) | |
| Módulo de rotura del concreto - S _c (psi) | | Coefficiente de drenaje - (Cd) | |
| Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = 183437 <input type="radio"/> Calcular W18 | | Número Estructural SN = 1.42 | |
| Observaciones | | | |
| <input type="button" value="Calcular"/> | | <input type="button" value="Salir"/> | |

Fuente: Programa AASHTO 93

Ilustración 14.
Número Estructural de la Base

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

| | | | |
|---|--|--|--|
| Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido | | Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 80 % $Z_r = -0.841$ So = 0.45 | |
| Serviciabilidad inicial y final PSI inicial = 4.2 PSI final = 2 | | Módulo resiliente de la subrasante Mr = 14690 psi | |
| Información adicional para pavimentos rígidos | | | |
| Módulo de elasticidad del concreto - E _c (psi) | | Coefficiente de transmisión de carga - (J) | |
| Módulo de rotura del concreto - S _c (psi) | | Coefficiente de drenaje - (Cd) | |
| Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = 183437 <input type="radio"/> Calcular W18 | | Número Estructural SN = 1.86 | |
| Observaciones | | | |
| <input type="button" value="Calcular"/> | | <input type="button" value="Salir"/> | |

Fuente: Programa AASHTO 93

Ilustración 15.
Número Estructural de la Mezcla Asfáltica

Fuente: Programa AASHTO 93

3.6.12 ESPESORES DE LAS CAPAS

La AASHTO, (1993) establece espesores mínimos para la estructura de pavimento en base al número de ejes equivalentes, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 24.
Espesores mínimos en pulgadas, en base al Número de Ejes Equivalentes

| ESPESORES MÍNIMOS DE CAPAS (in) | | |
|--|-----------------------|----------------------|
| W18 (10⁶) | Capa Asfáltica | Base granular |
| < 50000 | TSD | 4.0 |
| 50000 - 150000 | 2.0 | 4.0 |
| 150000 - 500000 | 2.5 | 4.0 |
| 500000 - 2000000 | 3.0 | 6.0 |
| 2000000 - 7000000 | 3.5 | 6.0 |
| > 7000000 | 4.0 | 6.0 |

Fuente: *Elaboración propia basada en AASHTO, (1993)*

Tabla 25.
Espesores mínimos en centímetros, en base al Número de Ejes Equivalentes

| ESPESORES MÍNIMOS DE CAPAS (cm) | | |
|--|-----------------------|----------------------|
| W18 (10⁶) | Capa Asfáltica | Base granular |
| < 50000 | TSD | 10.0 |
| 50000 - 150000 | 5.0 | 10.0 |
| 150000 - 500000 | 6.0 | 10.0 |
| 500000 - 2000000 | 8.0 | 15.0 |
| 2000000 - 7000000 | 9.0 | 15.0 |
| > 7000000 | 10.0 | 15.0 |

Fuente: Elaboración propia basada en AASHTO, (1993)

De acuerdo a este criterio, y con los datos obtenidos en los procesos anteriores, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 26.
Resultados de los espesores de capa

| Capa | Espesor (in) |
|------------------|---------------------|
| Mezcla Asfáltica | 3.00 |
| Base | 6.00 |
| Subbase | 22.00 |

Fuente: elaboración propia

La MOP-001-F (2002), sugiere que se debe reemplazar el material de la subrasante por material de mejoramiento, cuando el CBR de la subrasante sea menor al 6%, este suelo de reemplazo deberá ser suelo granular, material rocoso o la combinación de ambos.

Por lo tanto, al tener un CBR del 1%, se utilizó material de mejoramiento, y se calculó nuevamente los espesores de capa, siguiendo el mismo procedimiento antes mencionado.

El MTC (2013) recomienda que los últimos 0.60 m por debajo de la subrasante tengan un CBR mayor o igual al 6%, si no cumplen esta condición se deberá considerar material de mejoramiento, por lo tanto, para el presente proyecto se consideró un CBR= 6%, obteniendo los siguientes resultados finales:

Tabla 27.
Resultados finales de la Estructura de Pavimento

| | |
|---|------------|
| Confiabilidad | 80% |
| ZR | -0.841 |
| Error Estándar Combinado | 0.45 |
| Índice de serviciabilidad inicial | 4.2 |
| Índice de serviciabilidad final | 2.0 |
| Δ PSI | 2.2 |
| Módulo Resiliente del Mejoramiento | 9000 PSI |
| Módulo Resiliente de la Subbase | 14690 PSI |
| Coefficiente Estructural a3 | 0.107 |
| Módulo Resiliente de la Base | 28550 PSI |
| Coefficiente Estructural a2 | 0.134 |
| Módulo Resiliente de la Mezcla Asfáltica | 870228 PSI |
| Coefficiente Estructural a1 | 0.562 |
| Coefficientes de Drenaje m2, m3 | 1 |
| Número Estructural Mezcla Asfáltica | 1.41 |
| Número Estructural Base | 1.85 |
| Número Estructural Subbase | 2.23 |
| Espesor Mezcla Asfáltica | 8 cm |
| Espesor Base | 15 cm |
| Espesor Subbase | 10 cm |
| Δ SN | 1.95 |

| | |
|----------------------------|-------|
| Coeficiente Estructural a4 | 0.035 |
| Espesor de Mejoramiento | 55 cm |

Fuente: elaboración propia

Mediante la utilización del programa AASHTO 93 se pudo comprobar los resultados de los Número Estructurales de cada capa, dando como resultado:

Ilustración 16.
Número Estructural de la Subbase

Fuente: Programa AASHTO 93

Ilustración 17.
Número Estructural de la Base

Fuente: Programa AASHTO 93

Ilustración 18.
Número Estructural de la Mezcla Asfáltica

Fuente: Programa AASHTO 93

3.7 DISEÑO DE CUNETAS

3.7.1 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Para la determinación del Coeficiente de Escorrentía se utilizó la tabla del [Anexo L](#), teniendo en cuenta que el proyecto se encuentra en un área cuya cobertura vegetal es “pastos con vegetación ligera”, tiene una pendiente media y el suelo es semipermeable, con estas consideraciones se tiene el siguiente resultado:

Tabla 28.
Determinación del Coeficiente de Escorrentía

| SECCIONES | LONGITUD (m) | BOSQUE (ha) | C | PASTO (ha) | C |
|-----------|--------------|-------------|------|------------|------|
| SECCION 1 | 40 | 0 | 0.35 | 0.14 | 0.45 |
| SECCION 2 | 85 | 0 | 0.35 | 0.30 | 0.45 |
| SECCION 3 | 65 | 0 | 0.35 | 0.23 | 0.45 |
| SECCION 4 | 140 | 0 | 0.35 | 0.49 | 0.45 |
| SECCION 5 | 105 | 0 | 0.35 | 0.37 | 0.45 |
| SECCION 6 | 225 | 0 | 0.35 | 0.79 | 0.45 |
| SECCION 7 | 210 | 0 | 0.35 | 0.74 | 0.45 |
| SECCION 8 | 165 | 0 | 0.35 | 0.58 | 0.45 |
| SECCION 9 | 221 | 0 | 0.35 | 0.77 | 0.45 |

Fuente: elaboración propia

3.7.2 INTENSIDAD DE LLUVIA

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) ha realizado estudios de las curvas IDF de todo el país y proporciona ecuaciones para el cálculo de la intensidad, de acuerdo a intervalos de tiempo en minutos y por estaciones.

Se utilizó la estación M0139 Gualaceo para el presente proyecto, adoptándose un tiempo de concentración mínimo de 10 minutos y un período de retorno equivalente a 25 años, consiguiendo así una intensidad máxima de 105.9 mm/h, como se puede observar en la Ilustración 10.

3.7.3 VELOCIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA

La pendiente máxima para evitar la erosión del material se consideró de 4.50 m/s, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 29.
Velocidades máximas

| MATERIAL | VELOCIDAD (m/s) |
|------------------------|------------------------|
| Arenas finas y limos | 0.40 – 0.60 |
| Arcilla arenosa | 0.50 – 0.75 |
| Arcilla | 0.75 – 1.00 |
| Arcilla firme | 1.00 – 1.50 |
| Grava limosa | 1.00 – 1.50 |
| Grava fina | 1.50 – 2.00 |
| Pizarras suaves | 1.50 – 2.00 |
| Grava gruesa | 2.00 -3.50 |
| Zampeados | 3.00 – 4.50 |
| Rocas sanas y hormigón | 4.50 – 7.50 |

Fuente: elaboración propia basada en MTOP, (2003)

La velocidad mínima para evitar sedimentación de materiales se consideró de 0.60 m/s.

3.7.4 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING

Este coeficiente varía de acuerdo al tipo de material, para el proyecto se tomó el valor de 0.020 para hormigón sin alisar de acuerdo a la siguiente ilustración:

Ilustración 19.
Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning

| | | | | |
|--|--|-------|-------|-------|
| d) Hormigón | Platachado | 0,011 | 0,013 | 0,015 |
| | Alisado con regla | 0,013 | 0,015 | 0,016 |
| | Alisado con ripio a la vista en el fondo | 0,015 | 0,017 | 0,020 |
| | Sin alisar | 0,014 | 0,017 | 0,020 |
| | Gunita (hormigón proyectado), sección regular | 0,016 | 0,019 | 0,023 |
| | Idem, sección ondulada | 0,018 | 0,022 | 0,025 |
| | Garita sobre una roca bien excavada | 0,017 | 0,020 | |
| | Garita sobre una roca excavada en forma irregular | 0,022 | 0,027 | |
| e) Fondo de hormigón alisado con lados de: | Piedra acomodada en mortero | 0,015 | 0,017 | 0,020 |
| | Piedra distribuida al azar en mortero | 0,017 | 0,020 | 0,024 |
| | Albañilería de piedra en bruto unida con cemento, enlucida | 0,016 | 0,020 | 0,024 |
| | Albañilería de piedra en bruto unida con cemento | 0,020 | 0,025 | 0,030 |
| f) Fondo de grava con lados de: | Empedrado o enrocado (rip rap) | 0,020 | 0,030 | 0,035 |
| | Hormigón (con moldaje) | 0,017 | 0,020 | 0,025 |
| | Piedra distribuida al azar en mortero | 0,020 | 0,023 | 0,026 |
| | Empedrado o rip rap | 0,023 | 0,033 | 0,036 |
| g) Ladrillo | Terminación tipo barnizada o vidriada | 0,011 | 0,013 | 0,015 |
| | En mortero de cemento | 0,012 | 0,015 | 0,018 |
| h) Albañilería | Empedrado cementado | 0,017 | 0,025 | 0,030 |
| | Empedrado libre | 0,023 | 0,032 | 0,035 |
| i) Asfalto | Piedra conteada | 0,013 | 0,015 | 0,017 |
| | Liso | 0,013 | 0,013 | |
| j) Cubierto con Vegetación | Rugoso | 0,016 | 0,016 | |
| | | 0,030 | | 0,500 |

Fuente: NEVI, (2012)

3.7.5 RELACIONES GEOMÉTRICAS PARA PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Para el diseño de las cunetas se tomó en cuenta una relación de 1:2, es decir, $d=0.2\text{m}$ y $a=0.4\text{m}$. La velocidad se determinó en base a la pendiente, el coeficiente de rugosidad de Manning y el radio hidráulico. Para la obtención de la capacidad de la cuneta se utilizó la pendiente, el radio hidráulico, el coeficiente de rugosidad de Manning y el área del canal.

Las principales áreas de aporte que se consideró para el proyecto son áreas provenientes del escurrimiento en la propia calzada de la vía y un área de 35 metros de ancho por presencia de vegetación en el talud.

Para la obtención del caudal de diseño se tiene:

Q1, se determinó multiplicando el caudal máximo y la longitud entre sumideros.

Q2, se determinó en base a la ecuación del Método Racional $\left(\frac{C*I*A}{360}\right)$.

En el [Anexo U](#) se presenta un resumen de todos los cálculos del Diseño de Cunetas.

3.8 DISEÑO DE ALCANTARILLADO

3.8.1 CAUDAL DE DISEÑO

Para determinar el caudal y ubicación de las alcantarillas, se tomó en cuenta el tiempo que tarda el agua en llegar desde el punto más alejado de las cunetas hasta la alcantarilla, en base a la longitud de las cunetas, pendiente y velocidad del flujo.

Tabla 30.
Caudal de diseño para las alcantarillas

| Alcantarilla | Abscisa | Caudal de Diseño (m3/s) |
|--------------|----------|-------------------------|
| 1 | 0+190.00 | 0.086 |
| 2 | 0+435.00 | 0.268 |
| 3 | 0+870.00 | 0.120 |
| 4 | 1+035.00 | 0.220 |

Fuente: elaboración propia

3.8.2 SECCIÓN DE ALCANTARILLA

Para determinar las secciones de las alcantarillas, se consideró el caudal, pendiente del terreno, sección parcialmente llena, velocidades máximas y mínimas que establece la norma INVIAS (2009).

Tabla 31.
Valores de diseño para alcantarillado

| ALCANTARILLA | Abscisa | Caudal de Diseño (m3/s) | Diámetro Interior (m) | Sección parcialmente llena | Caudal de sección (m3/s) | ¿Cumple Velocidad? | ¿Cumple Caudal? |
|--------------|----------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------|
| 1 | 0+190.00 | 0.086 | 0.9 | 80% | 2.711 | CUMPLE | CUMPLE |
| 2 | 0+435.00 | 0.268 | 0.9 | 80% | 2.711 | CUMPLE | CUMPLE |
| 3 | 0+870.00 | 0.120 | 0.9 | 80% | 2.711 | CUMPLE | CUMPLE |
| 4 | 1+035.00 | 0.220 | 0.9 | 80% | 2.711 | CUMPLE | CUMPLE |

Fuente: elaboración propia

3.8.3 ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA

Para las estructuras de entrada y salida de las alcantarillas, se tomó en cuenta las secciones típicas que nos facilitan las norma INVIAS, (2009), considerando la seguridad de los usuarios y la pendiente del terreno.

El diámetro seleccionado fue de 900 mm, basado en la norma INNVIAS (2009) el cual establece un diámetro mínimo de 0.9 m para todas las alcantarillas, utilizando tubería de PVC, la cual tiene la capacidad de soportar el caudal de diseño requerido.

Se decidió diseñar la estructura de salida a 1.5 metros de la vía, dando como resultado los planos ubicados en el [Anexo V](#).

3.9 PRESUPUESTO

Presupuesto para el Diseño Geométrico de la vía Uzhoc-Granda, parroquia Jadán, cantón Gualaceo, provincia del Azuay.

| PRESUPUESTO | | | | | | |
|-------------|--------|---|--------|-----------|------------|-------------------|
| Ítem | Código | Descripción | Unidad | Cantidad | P.Unitario | P.Total |
| 1 | | OBRAS PRELIMINARES | | | | 12 011.89 |
| 1.1 | 502002 | Desbroce y Limpieza del terreno | m2 | 2 765.40 | 0.88 | 2 433.55 |
| 1.2 | 501007 | Replanteo y nivelación | m2 | 7 542.00 | 1.27 | 9 578.34 |
| 2 | | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | 371 388.31 |
| 2.1 | 549005 | Excavación manual en suelo sin clasificar | m3 | 8.00 | 12.79 | 102.32 |
| 2.2 | 504279 | Excavación a máquina con retroexcavadora | m3 | 8 195.35 | 1.99 | 16 308.75 |
| 2.3 | 506002 | Cargado de material con minicargadora | m3 | 10 244.19 | 1.98 | 20 283.50 |
| 2.4 | 506005 | Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera | m3 | 10 244.19 | 2.22 | 22 742.10 |
| 2.5 | 506007 | Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, distancia > 6 Km | m3-km | 29 160.96 | 0.23 | 6 707.02 |
| 2.6 | 548004 | Subrasante conformación y compactación con equipo pesado | m2 | 9 050.40 | 1.36 | 12 308.54 |
| 2.7 | 505003 | Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado | m3 | 4 214.47 | 25.28 | 106 541.80 |
| 2.8 | 505004 | Sub base conformación y compactación con equipo pesado | m3 | 766.27 | 31.93 | 24 467.00 |
| 2.9 | 548005 | Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado | m3 | 1 149.40 | 37.04 | 42 573.78 |
| 2.10 | 548010 | Imprimación asfáltica con barrido mecánico | m2 | 7 542.00 | 1.27 | 9 578.34 |
| 2.11 | 548011 | Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta | m2 | 7 524.00 | 14.59 | 109 775.16 |
| 3 | | DRENAJE VIAL | | | | 41 906.80 |
| 3.1 | 504006 | Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar | m3 | 90.00 | 17.50 | 1 575.00 |
| 3.2 | 504019 | Excavación mecánica, zanja 0-2 m, material sin clasificar, cuchara 40 cm | m3 | 4.50 | 3.64 | 16.38 |
| 3.3 | 506002 | Cargado de material con minicargadora | m3 | 92.00 | 1.98 | 182.16 |
| 3.4 | 506005 | Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera | m3 | 92.00 | 2.22 | 204.24 |

| | | | | | | |
|-----------------|---|---|-------|----------|--------|-------------------|
| 3.5 | 506007 | Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, distancia > 6 Km | m3-km | 80.00 | 0.23 | 18.40 |
| 3.6 | 551886 | Sum, Tubería PVC para Alcant, U/E D=900 mm serie 3. Tipo A2. | m | 36.00 | 108.96 | 3 922.56 |
| 3.7 | 552338 | Cama de arena e= 3cm | m2 | 60.34 | 1.55 | 93.53 |
| 3.8 | 513040 | Acero de Refuerzo fy=4200 Kg/cm2 (Incluye corte y doblado) | Kg | 725.00 | 2.36 | 1 711.00 |
| 3.9 | 507003 | Hormigón simple f'c = 210 kg/cm2 | m3 | 163.20 | 128.53 | 20 976.10 |
| 3.10 | 512001 | Encofrado metálico para cunetas | m | 2 514.00 | 4.62 | 11 614.68 |
| 3.11 | 512005 | Encofrado de madera recto (2 usos) | m2 | 156.00 | 10.21 | 1 592.76 |
| 4 | | SEÑALIZACION | | | | 19 035.60 |
| 4.1 | 550322 | Señalización - Letrero tipo 2 | u | 24.00 | 120.58 | 2 893.92 |
| 4.2 | 551468 | Marcas de pintura termoplástica de pavimento (Pintura Blanca, ancho=100mm) | m | 3 807.00 | 4.24 | 16 141.68 |
| 5 | | OBRAS AMBIENTALES | | | | 3 504.27 |
| 5.1 | 550A30 | Alquiler de batería sanitaria móvil, incluye instalación, desinstalación y accesorios | u | 2.00 | 310.46 | 620.92 |
| 5.2 | 531696 | Letreros de Información del Proyecto (Socio Comunidad) | u | 5.00 | 374.47 | 1 872.35 |
| 5.3 | 532710 | Parante con base de hormigón, 20 usos | u | 10.00 | 6.59 | 65.90 |
| 5.4 | 532310 | Cinta plástica de señalización "Peligro" 10cm de ancho, 200m de largo | u | 10.00 | 24.43 | 244.30 |
| 5.5 | 532024 | Difusión Social | u | 1.00 | 700.80 | 700.80 |
| SUBTOTAL | | | | | | 447 846.88 |
| IVA | | | | | 12 % | 53 741.63 |
| TOTAL | | | | | | 501 588.51 |
| Son: | QUINIENTOS UNO MIL QUINIENTOS OCHENTA Y OCHO CON 51/100 DÓLARES | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

CONCLUSIONES

- El diseño geométrico se realizó en base a la Norma MTOP (2003), asegurando el correcto trazado de la vía, con una velocidad de diseño de 35 km/h y pendientes longitudinales máximas de 12%, debido a la topografía ondulada a montañosa.
- Como producto del estudio de tráfico, con una proyección a 20 años se obtuvo un TPDA de 243 vehículos de manera que la vía se cataloga como clase IV, camino vecinal, tomando una sección típica de 6 metros de ancho.
- El estudio de suelos determinó un CBR de 1%, es decir, una subrasante de muy mala calidad, por lo que se reemplazó por una capa de mejoramiento con un CBR de 6% recomendado por la literatura empleada.

- La propuesta de la estructura de pavimento se conformó por una capa de Pavimento Asfáltico, Base Clase I, Subbase Clase III y Mejoramiento con material de préstamo con espesores de 3 in, 6 in, 4 in, 22 in, respectivamente.
- De acuerdo con el análisis hidrológico, se requirió colocar 5 alcantarillas de paso en diferentes puntos de la vía y cunetas triangulares en ambos extremos, garantizando así la correcta evacuación de aguas lluvias.
- De acuerdo con la norma INEN (2011), se implementó el diseño de señalización horizontal y vertical, contribuyendo a la prevención y disminución de índices de accidentabilidad de la zona.

RECOMENDACIONES

- En el momento de ejecutar el proyecto se deberá incorporar señalización visible de los trabajos que se estén realizando en la vía, de manera que se garantice seguridad a los usuarios.
- Después de la ejecución de la obra, se aconseja desviar las aguas lluvia de las alcantarillas hacia una zona apropiada, evitando así impactos negativos en la estructura de la vía y en los terrenos adyacentes.
- Actualmente se tiene un flujo peatonal bajo, por lo tanto, no se consideró el diseño de veredas. Sin embargo, se recomienda su implementación a futuro ya que es probable que el flujo peatonal aumente.
- Posteriormente a la ejecución de la obra, se recomienda realizar mantenimientos periódicos en la vía y obras de drenaje, con el objetivo de mantenerlos en óptimas condiciones y sin deterioros, garantizando así su funcionalidad y durabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). *Diseño de Estructuras de Pavimentos*.
- Agudelo, J. (2002). *Diseño Geométrico de Vías Ajustado al Manual Colombiano*.
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>
- Braja, M. D. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Cengage Learning.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: Eco Ediciones.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. En J. Cárdenas. Bogotá: Eco Ediciones.
- Chocontá, P. (2004). *Diseño Geométrico de Vías*. Escuela Colombina de Ingeniería.
- INAMHI. (2015). *DETERMINACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN*.
[file:///C:/Users/Dani/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/2282GFYT/estaciones%20metereologicas%20ecuyadir\[1\].pdf](file:///C:/Users/Dani/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/2282GFYT/estaciones%20metereologicas%20ecuyadir[1].pdf)
- INEN. (2011). *Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical* .
https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015_reglamento-tecnico-ecuatoriano-rte-inen-004-1-2011.pdf
- INEN. (2011). *Señalización Vial. Parte 2. Señalización horizontal* .
https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/LOTAIP2015_reglamento_tecnico_se+%C2%A6alizaci+%C2%A6n_horizontal.pdf
- INVIAS. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*.
- Montejo, A. (2002). *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS* .
- MOP-001-F. (2002). *ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES*. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf
- MTC. (2008). *MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO* .
[file:///C:/Users/Dani/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/H CZ4OD3D/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito\[1\].pdf](file:///C:/Users/Dani/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/H CZ4OD3D/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito[1].pdf)
- MTC. (2013). *MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS*.
https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual_Suelos_Pavimentos.pdf
- MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geometrico de Carreteras*. Ministerio de Transporte y Obras Publicas .
- NEVI. (2012). *Norma para Estudios y Diseños Viales*.

PDOT. (2023). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN GUALACEO*.

Rondón, H., & Reyes, F. (2015). *PAVIMENTOS, MATERIALES, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO*. Ecoe Ediciones.

Villalaz, C. (2013). *Mecánica de suelos y cimentaciones*.

ANEXOS

Anexo A

Tabla 32.

Valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción



República del Ecuador
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE
DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN

| NORMAS | CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA ⁽¹⁾ | | | | | | CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾ | | | | | | CLASE III 300 – 1 000 TPDA ⁽¹⁾ | | | | | | CLASE IV 100 – 300 TPDA ⁽¹⁾ | | | | | | CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾ | | | | | |
|---|---|-----|-----|----------|-----|-----|---|-----|-----|----------|-----|-----|--|-----|-----|----------|-----|-----|--|-----|-----|----------|-----|-------------------|---|-----|-----|----------|-----|-------------------|
| | RECOMENDABLE | | | ABSOLUTA | | | RECOMENDABLE | | | ABSOLUTA | | | RECOMENDABLE | | | ABSOLUTA | | | RECOMENDABLE | | | ABSOLUTA | | | RECOMENDABLE | | | ABSOLUTA | | |
| | LL | O | M | LL | O | M | LL | O | M | LL | O | M | LL | O | M | LL | O | M | LL | O | M | LL | O | M | LL | O | M | LL | O | M |
| Velocidad de diseño (K.P.H.) | 110 | 100 | 80 | 100 | 80 | 60 | 100 | 90 | 70 | 90 | 80 | 50 | 90 | 80 | 60 | 80 | 60 | 40 | 80 | 60 | 50 | 60 | 35 | 25 ⁽³⁾ | 60 | 50 | 40 | 50 | 35 | 25 ⁽³⁾ |
| Radio mínimo de curvas horizontales (m) | 430 | 350 | 210 | 350 | 210 | 110 | 350 | 275 | 160 | 275 | 210 | 75 | 275 | 210 | 110 | 210 | 110 | 42 | 210 | 110 | 75 | 110 | 30 | 20 | 110 | 75 | 42 | 75 | 30 | 20 ⁽³⁾ |
| Distancia de visibilidad para parada (m) | 180 | 160 | 110 | 160 | 110 | 70 | 160 | 135 | 90 | 135 | 110 | 55 | 135 | 110 | 70 | 110 | 70 | 40 | 110 | 70 | 55 | 70 | 35 | 25 | 70 | 55 | 40 | 55 | 35 | 25 |
| Distancia de visibilidad para rebasamiento (m) | 830 | 690 | 565 | 690 | 565 | 415 | 690 | 640 | 490 | 640 | 565 | 345 | 640 | 565 | 415 | 565 | 415 | 270 | 480 | 290 | 210 | 290 | 150 | 110 | 290 | 210 | 150 | 210 | 150 | 110 |
| Peralte | MAXIMO = 10% | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.) | | | | | | | | | | | |
| Coefficiente “K” para: ⁽²⁾ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Curvas verticales convexas (m) | 80 | 60 | 28 | 60 | 28 | 12 | 60 | 43 | 19 | 43 | 28 | 7 | 43 | 28 | 12 | 28 | 12 | 4 | 28 | 12 | 7 | 12 | 3 | 2 | 12 | 7 | 4 | 7 | 3 | 2 |
| Curvas verticales cóncavas (m) | 43 | 38 | 24 | 38 | 24 | 13 | 38 | 31 | 19 | 31 | 24 | 10 | 31 | 24 | 13 | 24 | 13 | 6 | 24 | 13 | 10 | 13 | 5 | 3 | 13 | 10 | 6 | 10 | 5 | 3 |
| Gradiente longitudinal ⁽³⁾ máxima (%) | 3 | 4 | 6 | 3 | 5 | 7 | 3 | 4 | 7 | 4 | 6 | 8 | 4 | 6 | 7 | 6 | 7 | 9 | 5 | 6 | 8 | 6 | 8 | 12 | 5 | 6 | 8 | 6 | 8 | 14 |
| Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%) | 0,5% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ancho de pavimento (m) | 7,3 | | | 7,3 | | | 7,0 | | | 6,70 | | | 6,70 | | | 6,00 | | | 6,00 | | | 6,00 | | | 4,00 ⁽⁵⁾ | | | | | |
| Clase de pavimento | Carpeta Asfáltica y Hormigón | | | | | | Carpeta Asfáltica | | | | | | Carpeta Asfáltica o D.T.S.B. | | | | | | D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado | | | | | | Capa Granular o Empedrado | | | | | |
| Ancho de espaldones ⁽⁵⁾ estables (m) | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 2,0 | 1,5 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 0,5 | 0,60 (C.V. Tipo 6 y 7) | | | | | | --- | | | | | |
| Gradiente transversal para pavimento (%) | 2,0 | | | | | | 2,0 | | | | | | 2,0 | | | | | | 2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E) | | | | | | 4,0 | | | | | |
| Gradiente transversal para espaldones (%) | 2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0 | | | | | | 2,0 - 4,0 | | | | | | 2,0 - 4,0 | | | | | | 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E) | | | | | | --- | | | | | |
| Curva de transición | USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Puentes | Carga de diseño HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ancho de la calzada (m) SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾ 0,50 m mínimo a cada lado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mínimo derecho de vía (m) | Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- 1) El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado a 15 – 20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7 000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 K.P.H. más para clase de terreno – Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.
- 2) Longitud de las curvas verticales: $L = KA$, en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algebraica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales: $L_{min} = 0,60 V$, en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.
- 3) En longitudes cortas menores a 500 m. se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.
- 4) Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. a 6 m. de altura, previo análisis y justificación.
- 5) Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.
- 6) Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.
- 7) En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, úsense dos aceras completas de 1,20 m de ancho.
- 8) Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.
- 9) Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar $V_0 = 20$ Km/h y $R = 15$ m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.

Fuente: MTOP, (2003)

Anexo B

Tabla 33.
Relaciones entre velocidades de circulación y de diseño

| VELOCIDAD DE DISEÑO km/h | VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN km/h | | |
|--|---|---|--|
| | VOLUMEN DE TRÁNSITO BAJO | VOLUMEN DE TRÁNSITO INTERMEDIO | VOLUMEN DE TRÁNSITO ALTO |
| 25 | 24 | 23 | 22 |
| 30 | 28 | 27 | 26 |
| 40 | 37 | 35 | 34 |
| 50 | 46 | 44 | 42 |
| 60 | 55 | 51 | 48 |
| 70 | 63 | 59 | 53 |
| 80 | 71 | 66 | 57 |
| 90 | 79 | 73 | 59 |
| 100 | 86 | 79 | 60 |
| 110 | 92 | 85 | 61 |

Fuente: elaboración propia basada en MTOP, (2003)

Anexo C

Tabla 34.
Radios mínimos de curva circular

| RADIOS MÍNIMOS DE CURVAS EN FUNCIÓN DEL PERALTE “e” Y DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL “f” | | | | | | | | | |
|--|--------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Velocidad de diseño km/h | “f” max | Radio mínimo calculado | | | | Radio mínimo recomendado | | | |
| | | e= 0.10 | e= 0.08 | e= 0.06 | e= 0.04 | e= 0.10 | e= 0.08 | e= 0.06 | e= 0.04 |
| 20 | 0.35 | 7 | 7 | 8 | 8 | - | 20 | 30 | 20 |
| 25 | 0.315 | 12 | 13 | 13 | 14 | - | 20 | 25 | 25 |
| 30 | 0.284 | 19 | 20 | 21 | 22 | - | 25 | 30 | 30 |
| 35 | 0.255 | 27 | 29 | 31 | 33 | - | 30 | 35 | 35 |
| 40 | 0.221 | 39 | 42 | 45 | 48 | - | 42 | 45 | 50 |
| 45 | 0.206 | 52 | 56 | 60 | 65 | - | 58 | 60 | 66 |
| 50 | 0.190 | 68 | 73 | 79 | 86 | - | 75 | 80 | 90 |
| 60 | 0.165 | 107 | 116 | 126 | 138 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| 70 | 0.150 | 154 | 168 | 184 | 203 | 160 | 170 | 185 | 205 |
| 80 | 0.140 | 210 | 229 | 252 | 280 | 210 | 230 | 255 | 280 |
| 90 | 0.134 | 273 | 298 | 329 | 367 | 275 | 300 | 330 | 370 |
| 100 | 0.130 | 342 | 375 | 414 | 463 | 350 | 375 | 415 | 465 |
| 110 | 0.124 | 425 | 467 | 518 | 581 | 430 | 470 | 520 | 585 |
| 120 | 0.120 | 515 | 567 | 630 | 709 | 520 | 570 | 630 | 710 |
| Nota: se podrá utilizar un radio mínimo de 15 m en los siguientes casos: <ul style="list-style-type: none"> • Presencia de estructuras existentes. • Relieve difícil | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia basada en MTOP, (2003)

Anexo D

Tabla 35.
Curvas verticales y convexas mínimas

| CURVAS VERTICALES CONVEXAS MÍNIMAS | | | |
|---|--|-----------------------|-------------------|
| Velocidad de diseño kph | Distancia de visibilidad para parada M | Coefficiente K | |
| | | Calculado | Redondeado |
| 20 | 20 | 0.94 | 1 |
| 25 | 25 | 1.47 | 2 |
| 30 | 30 | 2.11 | 2 |
| 35 | 35 | 2.88 | 3 |
| 40 | 40 | 3.76 | 4 |
| 45 | 50 | 5.87 | 6 |
| 50 | 55 | 7.1 | 7 |
| 60 | 70 | 11.5 | 12 |
| 70 | 90 | 19.01 | 19 |
| 80 | 110 | 28.4 | 28 |
| 90 | 135 | 42.78 | 43 |
| 100 | 160 | 60.09 | 60 |
| 110 | 180 | 76.06 | 80 |
| 120 | 220 | 113.62 | 115 |

Fuente: elaboración propia basada en MTOP, (2003)

Anexo E

Tabla 36.
Curvas verticales cóncavas mínimas

| CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS MÍNIMAS | | | |
|---|--|-----------------------|-------------------|
| Velocidad de diseño Kph | Distancia de visibilidad para parada m | Coefficiente K | |
| | | Calculado | Redondeado |
| 20 | 20 | 2.08 | 2 |
| 25 | 25 | 2.98 | 3 |
| 30 | 30 | 3.96 | 4 |
| 35 | 35 | 5.01 | 5 |
| 40 | 40 | 6.11 | 6 |
| 45 | 50 | 8.42 | 8 |
| 50 | 55 | 9.62 | 10 |
| 60 | 70 | 13.35 | 13 |
| 70 | 90 | 18.54 | 19 |
| 80 | 110 | 23.87 | 24 |
| 90 | 135 | 30.66 | 31 |
| 100 | 160 | 37.54 | 38 |
| 110 | 180 | 43.09 | 43 |
| 120 | 220 | 54.26 | 54 |

Fuente: elaboración propia basada en MTOP, (2003)

Anexo F

Tabla 37.
Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras

| Tipo de camino | Zonas Urbanas (%) | Zonas rurales (%) |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Autopistas | 85 – 99.9 | 80 – 99.9 |
| Carreteras de primer orden | 80 – 99 | 75 – 95 |
| Carreteras secundarias | 80 – 95 | 75 – 95 |
| Caminos vecinales | 50 – 80 | 50 – 80 |

Fuente: elaboración propia basada en Montejo, (2002)

Anexo G

Tabla 38.
Valores de Desviación Estándar correspondientes a niveles de confiabilidad seleccionados

| Confiabilidad (%) | ZR |
|--------------------------|-----------|
| 50 | 0.00 |
| 70 | -0.524 |
| 75 | -0.674 |
| 80 | -0.841 |
| 85 | -1.037 |
| 90 | -1.282 |
| 92 | -1.405 |
| 94 | -1.555 |
| 95 | -1.645 |
| 98 | -2.054 |
| 99.99 | -3.750 |

Fuente: elaboración propia basada en Rondón y Reyes (2015)

Anexo H

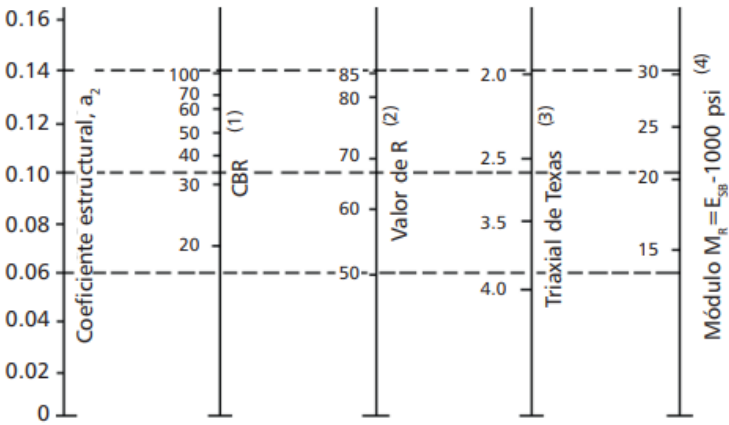
Tabla 39.
Índice de serviciabilidad

| Tipo de vía | Severidad final |
|-------------|-----------------|
| Autopista | 2.5 – 3.0 |
| Carreteras | 2.0 – 2.5 |

Fuente: elaboración propia basada en Rondón y Reyes (2015)

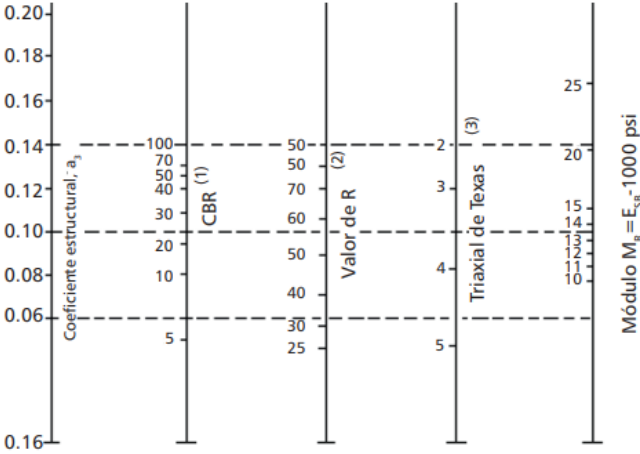
Anexo I

Ilustración 20.
Coeficiente estructural a_2 , para base granular no tratada



Fuente: Rondón y Reyes (2015)

Ilustración 21.
Coeficiente estructural a_3 , para subbase granular no tratada



Fuente: Rondón y Reyes (2015)

Anexo J

Tabla 40.
Valores máximos recomendados de módulo resiliente (E) por capas de rodadura

| Capa | T (°C) | f (Hz) | v (km/h) | E (MPa) |
|----------|--------|--------|----------|---------|
| Rodadura | 10 | 2.5 | 15-25 | 7000 |
| | | 5.0 | 35-45 | 8500 |
| | | 10.0 | 70-80 | 9500 |
| | 15 | 2.5 | 15-25 | 5000 |
| | | 5.0 | 35-45 | 6000 |
| | | 10.0 | 70-80 | 7200 |
| | 20 | 2.5 | 15-25 | 3000 |
| | | 5.0 | 35-45 | 4000 |
| | | 10.0 | 70-80 | 5000 |
| | 25 | 2.5 | 15-25 | 2200 |
| | | 5.0 | 35-45 | 2700 |
| | | 10.0 | 70-80 | 3500 |
| | 30 | 2.5 | 15-25 | 1200 |
| | | 5.0 | 35-45 | 1600 |
| | | 10.0 | 70-80 | 2000 |

Fuente: elaboración propia basada en Rondón y Reyes (2015)

Anexo K

Tabla 41.
Calidad de drenaje

| CALIDAD DE DRENAJE | TIEMPO QUE TARDE EL AGUA EN SER EVACUADA |
|--------------------|--|
| Excelente | 2 horas |
| Bueno | 1 día |
| Regular | 1 semana |
| Pobre | 1 mes |
| Muy malo | El agua no evacúa |

Fuente: elaboración propia basada en Rondón y Reyes (2015)

Tabla 42.

Valores de *mi*, recomendados para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|-----------------------------|---|-------------|-------------|-------------|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más del 25% |
| Excelente | 1.40 – 1.35 | 1.35 – 1.30 | 1.30 – 1.20 | 1.20 |
| Bueno | 1.35 – 1.25 | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.05 | 1.00 – 0.80 | 0.80 |
| Pobre | 1.15 – 1.05 | 1.05 – 0.80 | 0.80 – 0.60 | 0.60 |
| Muy malo | 1.05 – 0.95 | 0.95 – 0.75 | 0.75 – 0.40 | 0.40 |

Fuente: elaboración propia basada en Rondón y Reyes (2015)

Anexo L

Tabla 43.

Coeficiente de Escorrentía "C"

| Coeficiente de Escorrentía "C" | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| Cobertura Vegetal | Pendiente del terreno | | | | |
| | Tipo de Suelo | Pronunciada 50% | Alta 20% | Media 5% | Suave 1% |
| Sin vegetación | Impermeable | 0.80 | 0.75 | 0.70 | 0.65 |
| | Semipermeable | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.55 |
| | Permeable | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 |
| Cultivos | Impermeable | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.55 |
| | Semipermeable | 0.60 | 0.55 | 0.50 | 0.45 |
| | Permeable | 0.40 | 0.35 | 0.30 | 0.25 |
| Pastos vegetación ligera | Impermeable | 0.65 | 0.65 | 0.55 | 0.50 |
| | Semipermeable | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 |
| | Permeable | 0.35 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |
| Hierba, grama | Impermeable | 0.60 | 0.55 | 0.50 | 0.45 |
| | Semipermeable | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 |
| | Permeable | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.15 |
| Bosques densa vegetación | Impermeable | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 |
| | Semipermeable | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.30 |
| | Permeable | 0.25 | 0.20 | 0.15 | 0.10 |

Fuente: elaboración propia basada en MTOP, (2003)

Anexo M

Tabla 44.

Velocidades máximas admisibles en canales y cunetas revestidas

| Tipo de revestimiento | Velocidad máxima admisible, m/s |
|--|------------------------------------|
| Mezclas asfálticas en sitio tratamientos superficiales | 3.00 |
| Mampostería de piedra | 4.50 |
| Hormigón asfáltico o de cemento portland | 4.50 |

Fuente: elaboración propia basada en NEVI, (2012)

Anexo N








Tabla 45.
Distancia de rebasamiento mínimo









| Velocidad de diseño (km/h) | Distancia de rebasamiento mínima (m) |
|---------------------------------------|---|
| 30 | 80 |
| 40 | 110 |
| 50 | 140 |
| 60 | 180 |
| 70 | 240 |
| 80 | 290 |
| 90 | 350 |
| 100 | 430 |





Fuente: elaboración propia basada en INEN, (2011)

Anexo O

Tabla 46.
Señalización vertical

| Abscisa | Simbología | Código | Dimensiones (mm) |
|-----------------------|---|---------|------------------|
| 0+000.00 |  | R1-1A | 600x600 |
| 0+000.00 |  | R2-2A | 900x300 |
| 0+020.00 |  | R4-1A | 600x600 |
| 0+240.00 |  | R4-1A | 600x600 |
| 0+300.00 |  | R4-1A | 600x600 |
| 0+450.00 |  | P1-1A I | 600x600 |
| 0+480.00- 0+540.00 |  | D6-2I | 1600x400 |

| | | | |
|----------|---|---------|---------|
| 0+550.00 |  | P1-1A D | 600x600 |
| 0+570.00 |  | P6-17A | 600x600 |
| 0+590.00 |  | P6-17A | 600x600 |
| 0+600.00 |  | P6-17A | 600x600 |
| 0+580.00 |  | P6-17A | 600x600 |
| 0+720.00 |  | R4-1A | 600x600 |
| 0+820.00 |  | R4-1A | 600x600 |
| 1+000.00 |  | P1-2A D | 600x600 |

| | | | |
|----------|---|---------|---------|
| 1+080.00 |  | P1-2A I | 600x600 |
| 1+240.00 |  | R4-1A | 600x600 |
| 1+257 |  | R1-1A | 600x600 |
| 1+257 |  | R2-2A | 900x300 |

Fuente: elaboración propia

Anexo P

Tabla 47.
Señalización Horizontal

| Pintura de Pavimento (amarilla) | |
|--|--------------------|
| Líneas segmentadas de separación opuesta | Longitud: 1257 m |
| Zonas de No Rebasar | Ancho: 0.1 m |
| Pintura de Pavimento (blanca) | |
| Líneas de borde | Longitud: 2514 m |
| | Ancho: 0.1 m |
| Línea de pare en intersección con señal vertical pare | Longitud: 6 m |
| | Ancho: 0.4 m |
| Líneas de cruce cebra | Longitud: 3 m |
| | Ancho: 0.45 m |
| | Separación: 0.75 m |
| Tipo de pintura | |
| Se utilizará la pintura termoplástica, de acuerdo a la Norma NTE INEN 1042 (2R). Sus microesferas de vidrio ayudarán a la reflectividad en la vía, considerando que esta en la noche no cuenta con la iluminación necesaria para la seguridad de los usuarios. | |

Fuente: elaboración propia

Anexo Q

Ilustración 22.
Peso Bruto Vehicular


Tabla 2A. 106 - 03 Nacional de Pesos y Dimensiones: “Posibles combinaciones”

| TIPO | DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE | DESCRIPCIÓN | PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas) | LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (m ejes) | | |
|------|--------------------------------------|-------------|---|--|-------|------|
| | | | | Largo | Ancho | Alto |
| 2S1 | | | 29 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 2S2 | | | 38 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 2S3 | | | 42 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 3S1 | | | 38 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 3S2 | | | 47 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 3S3 | | | 48 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 2R2 | | | 40 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 2R3 | | | 45 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 3R2 | | | 48 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 3R3 | | | 48 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 2B1 | | | 29 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 2B2 | | | 38 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 2B3 | | | 42 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 3B1 | | | 38 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 3B2 | | | 47 | 20,50 | 2,50 | 4,30 |
| 3B3 | | | 48 | >20,50 | 3,00 | 4,30 |

Fuente: NEVI (2012)


Anexo R

Tabla 48.
Ensayo CBR de campo

| | | | | | | | |
|---|---|---|----------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
|  | HOJA DE CAMPO PENETRÓMETRO CONO DINÁMICO DPC NORMA ASTM D-6951 ENSAYO DE CAMPO | | | | | | |
| | PROYECTO: | Ensayos CBR para el Sr. Cristian Lucero | | | | FECHA: | 30/05/2023 |
| | ENSAYO: | DCP1_1 | | | | LOCALIZACIÓN: | Jadán |
| | COORDENADAS: | N: 9 679 424 | E: 736 606 | Cota: 2870 msnm | PESO DE MARTILLO: | 8 kg (17.6 lb) | |
| | TIPO DE MATERIAL INSPECCIÓN VISUAL: | Arcilla limosa | | | | NIVEL FREÁTICO: | N/A |
| | | | | | | | |
| Número de golpes | Penetración acumulada (mm) | Penetración entre lectura (mm) | Penetración por golpe (mm) | Factor de martillo E | Índice DCP (mm/golpe) | CBR [%] | Observaciones |
| 3 | 81.00 | 81.00 | 27.00 | 1.00 | 27.00 | 2.18 | |
| 3 | 162.00 | 81.00 | 27.00 | 1.00 | 27.00 | 2.18 | |
| 3 | 230.00 | 68.00 | 22.67 | 1.00 | 22.67 | 2.59 | |
| 3 | 301.00 | 71.00 | 23.67 | 1.00 | 23.67 | 2.48 | |
| 3 | 375.00 | 74.00 | 24.67 | 1.00 | 24.67 | 2.38 | |
| 3 | 444.00 | 69.00 | 23.00 | 1.00 | 23.00 | 2.55 | |
| 3 | 511.00 | 67.00 | 22.33 | 1.00 | 22.33 | 2.63 | |
| 3 | 581.00 | 70.00 | 23.33 | 1.00 | 23.33 | 2.52 | |
| 3 | 649.00 | 68.00 | 22.67 | 1.00 | 22.67 | 2.59 | |
| 3 | 713.00 | 64.00 | 21.33 | 1.00 | 21.33 | 2.75 | |
| 3 | 772.00 | 59.00 | 19.67 | 1.00 | 19.67 | 2.99 | |
| 3 | 834.00 | 62.00 | 20.67 | 1.00 | 20.67 | 2.84 | |
| 3 | 893.00 | 59.00 | 19.67 | 1.00 | 19.67 | 2.99 | |
| | | | | | PROMEDIO: | 2.59 | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Fuente: Laboratorio Geo & Geo

Tabla 49.
Ensayo DCP

| | | | | | | |
|---|--|---|-----------|-----------------|------------------|------------|
|  | HOJA DE CAMPO PENETRÓMETRO CONO DINÁMICO DPC | | | | | |
| | NORMA ASTM D-6951 | | | | | |
| | PROYECTO: | Ensayos CBR para el Sr. Cristian Lucero | | | FECHA: | 30/05/2023 |
| | ENSAYO: | DCP1_1 | | | FECHA DE ENSAYO: | 05/06/2023 |
| | COORDENADAS: | N: 9679424 | E: 736606 | Cota: 2870 msnm | LOCALIZACIÓN: | Jadán |
| | TIPO DE MATERIAL: | Limo de baja plasticidad | | | NIVEL FREÁTICO: | N/A |

COMPACTACION C B R

| MOLDE | 1 | | 2 | | | 3 | | | |
|------------------------|------------------|-------|----------|------------------|-------|----------|------------------|-------|----------|
| Altura Molde (mm) | 120 | | 120 | | | 120 | | | |
| N° Capas | 5 | | 5 | | | 5 | | | |
| N°Golp x Capa | 10 | | 25 | | | 55 | | | |
| Cond. Muestra | ANTES DE EMPAPAR | | DESPUES | ANTES DE EMPAPAR | | DESPUES | ANTES DE EMPAPAR | | DESPUES |
| P. Húm.+ Molde | 10004.00 | | 10385.15 | 10104.00 | | 10627.75 | 10264.50 | | 10769.88 |
| Peso Molde (gr) | 6202.10 | | 6202.10 | 6202.00 | | 6202.00 | 6201.60 | | 6201.60 |
| Peso Húmedo (gr) | 3801.90 | | 4183.05 | 3902.00 | | 4425.75 | 4062.90 | | 4568.28 |
| Vol. Molde (cc) | 2264.30 | | 2264.30 | 2264.31 | | 2264.31 | 2264.31 | | 2264.31 |
| Densidad H.(gr/cc) | 1.68 | | 1.85 | 1.72 | | 1.95 | 1.79 | | 2.02 |
| Número de Ensayo | 1-A | 1-B | 1-C | 2-A | 2-B | 2-C | 3-A | 3-B | 3-C |
| P.Húmedo + Tara (gr) | 71.03 | 44.70 | 87.25 | 48.11 | 46.86 | 55.09 | 83.85 | 81.98 | 76.68 |
| Peso Seco + Tara (gr) | 67.20 | 42.75 | 76.33 | 45.90 | 44.60 | 48.13 | 79.14 | 77.32 | 66.38 |
| Peso Agua (gr) | 3.83 | 1.95 | 10.92 | 2.21 | 2.26 | 6.96 | 4.71 | 4.66 | 10.30 |
| Peso Tara (gr) | 17.41 | 17.48 | 17.31 | 17.46 | 17.51 | 17.28 | 17.57 | 17.27 | 17.57 |
| P. Muestra Seca (gr) | 49.79 | 25.27 | 59.02 | 28.44 | 27.09 | 30.85 | 61.57 | 60.05 | 48.81 |
| Cont. Humedad | 7.69% | 7.72% | 18.50% | 7.77% | 8.34% | 22.56% | 7.65% | 7.76% | 21.10% |
| Cont.Hum.Prom. | | 7.70% | 18.50% | | 8.06% | 22.56% | | 7.71% | 21.10% |
| DENSIDAD SECA (gr/cm3) | | 1.559 | 1.559 | | 1.595 | 1.595 | | 1.666 | 1.666 |

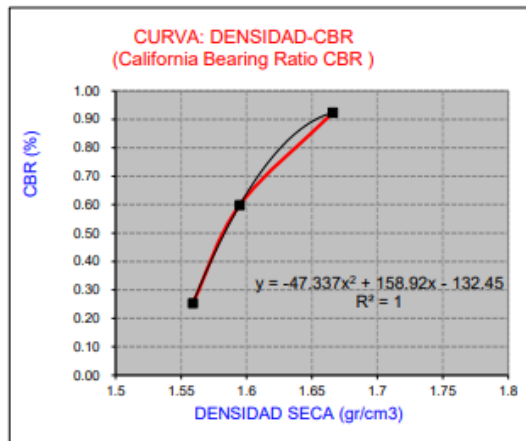
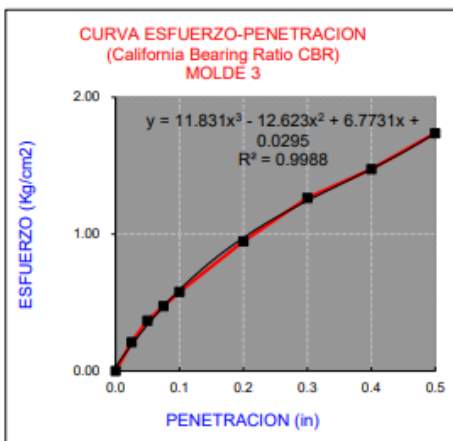
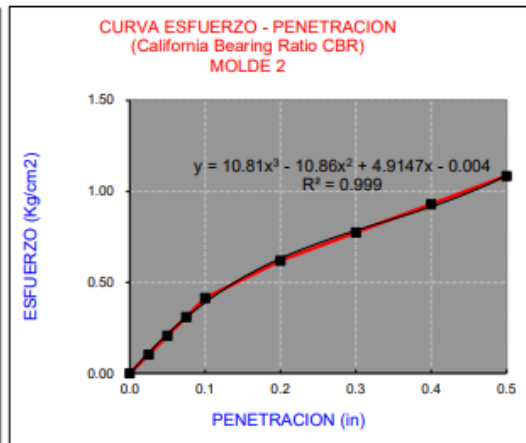
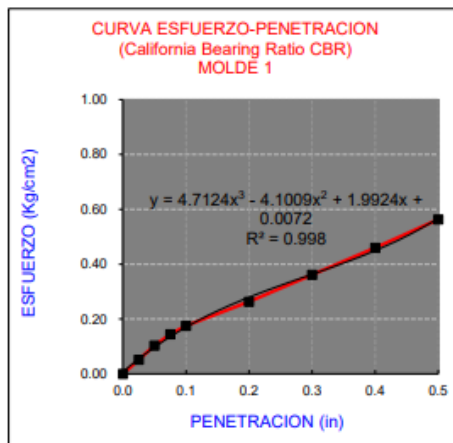
ENSAYO DE HINCHAMIENTO

| TIEMPO | | MOLDE 1 | | | MOLDE 2 | | | MOLDE 3 | | |
|-----------|--------|---------|--------------|-------|---------|--------------|-------|---------|--------------|-------|
| ACUMULADO | | LECTURA | HINCHAMIENTO | | LECTURA | HINCHAMIENTO | | LECTURA | HINCHAMIENTO | |
| (Hs) | (Días) | DEFORM. | (mm) | (%) | DEFORM. | (mm) | (%) | DEFORM. | (mm) | (%) |
| 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.00 |
| 24 | 1 | 3.400 | 3.400 | 2.83 | 6.200 | 6.200 | 5.17 | 7.500 | 7.500 | 6.25 |
| 48 | 2 | 6.200 | 6.200 | 5.17 | 10.200 | 10.200 | 8.50 | 14.500 | 14.500 | 12.08 |
| 72 | 3 | 10.200 | 10.200 | 8.50 | 14.200 | 14.200 | 11.83 | 20.500 | 20.500 | 17.08 |
| 96 | 4 | 13.600 | 13.600 | 11.33 | 20.200 | 20.200 | 16.83 | 26.900 | 26.900 | 22.42 |

ENSAYO CARGA - PENETRACION

| PENETRACION | | MOLDE N° 01 | | MOLDE N° 02 | | MOLDE N° 03 | |
|-------------|--------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| (mm) | (pulg) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) |
| 0.00 | 0.000 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 0.64 | 0.025 | 1 | 0.05 | 2 | 0.10 | 4 | 0.21 |
| 1.27 | 0.050 | 2 | 0.10 | 4 | 0.21 | 7 | 0.37 |
| 1.91 | 0.075 | 3 | 0.14 | 6 | 0.31 | 9 | 0.47 |
| 2.54 | 0.100 | 3 | 0.18 | 8 | 0.41 | 11 | 0.58 |
| 5.08 | 0.200 | 5 | 0.26 | 12 | 0.62 | 18 | 0.95 |
| 7.62 | 0.300 | 7 | 0.36 | 15 | 0.78 | 24 | 1.26 |
| 10.16 | 0.400 | 9 | 0.46 | 18 | 0.93 | 29 | 1.47 |
| 12.70 | 0.500 | 11 | 0.56 | 21 | 1.09 | 34 | 1.74 |

Fuente: Laboratorio Geo & Geo



| PENTRC. | 0.1 (*) | 0.2 (*) |
|---------|---------|---------|
| MOLDE 1 | 0.16 | 0.27 |
| MOLDE 2 | 0.39 | 0.63 |
| MOLDE 3 | 0.59 | 0.97 |

| | DENS (gr/cm³) | 0.1 in | 0.2 in | CBR (%) |
|---------|---------------|--------|--------|---------|
| MOLDE 1 | 1.559 | 0.23 | 0.25 | 0.25 |
| MOLDE 2 | 1.595 | 0.55 | 0.60 | 0.60 |
| MOLDE 3 | 1.666 | 0.84 | 0.92 | 0.92 |

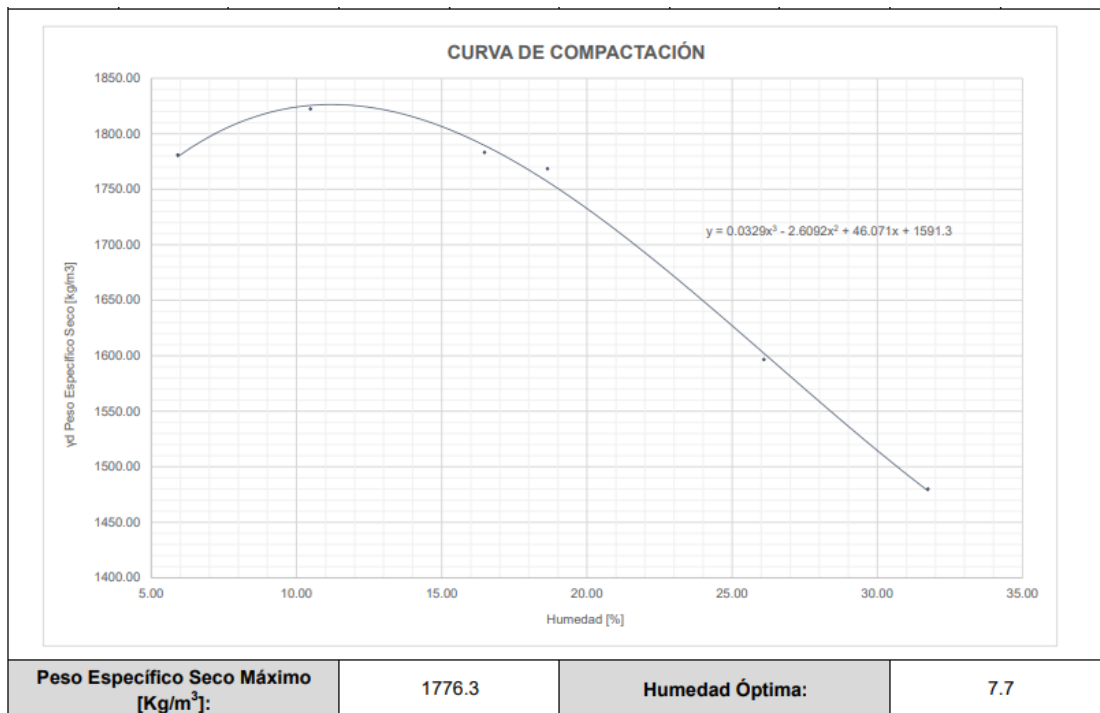
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =

1.00%

Tabla 50.
Ensayo Proctor Modificado

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|------------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| NORMAS DE REFERENCIA: | | | ASTM D1557-12 | | | | | | |
| Proyecto: | Ensayos CBR para el Sr. Cristian Lucero | | | | | Detalle de la muestra | | | |
| Solicita: | Sr. Cristian Lucero | | | | | Calicata: | | DCP1 | |
| Coordenadas: | | | 736606 E | | 9679424 N | | Profundidad muestra [m]: | | 1.00 |
| PESO MOLDE C/ANILLO [Kg]: | | | 4.58 | | | Molde: | | 4" | |
| PESO MOLDE S/ANILLO [Kg]: | | | 3.75 | | | Altura Molde [cm]: | | 11.64 | |
| VOLUMEN DEL MOLDE [m³]: | | | 0.00094 | | | Diámetro Molde [cm]: | | 10.16 | |
| No. CAPAS: | | | 5 | | | Maza: | | 2700 kN-m/m³ | |
| No. GOLPES POR CAPA: | | | 25 | | | Altura de caída [cm]: | | 45 | |
| No. ENSAYO | HUMEDAD ESTIMADA [%] | W MOLDE + MUESTRA [Kg] | W TARA [g] | W _h + TARA [g] | W _s + TARA [g] | HUMEDAD [%] | HUMEDAD PROMEDIO [%] | PESO ESPECÍFICO HÚMEDO [Kg/m³] | PESO ESPECÍFICO SECO [Kg/m³] |
| 1 | 5.00 | 5.53 | 17.3 | 49.6 | 47.8 | 5.9 | 5.91 | 1886.21 | 1780.91 |
| | | | 17.4 | 44.2 | 42.6 | 6.3 | | | |
| | | | 17.3 | 51.9 | 50.1 | 5.5 | | | |
| 2 | 10.00 | 5.65 | 17.4 | 50.4 | 47.2 | 10.7 | 10.48 | 2013.37 | 1822.41 |
| | | | 17.4 | 54.7 | 51.3 | 10.0 | | | |
| | | | 17.4 | 50.6 | 47.4 | 10.7 | | | |
| 3 | 15.00 | 5.71 | 17.7 | 50.1 | 45.7 | 15.7 | 16.47 | 2076.95 | 1783.19 |
| | | | 17.4 | 48.3 | 43.7 | 17.5 | | | |
| | | | 17.2 | 55.9 | 50.5 | 16.2 | | | |
| 4 | 20.00 | 5.73 | 17 | 62.8 | 55.6 | 18.7 | 18.64 | 2098.14 | 1768.47 |
| | | | 17.3 | 53.3 | 47.4 | 19.6 | | | |
| | | | 17.4 | 46.7 | 42.3 | 17.7 | | | |
| 5 | 25.00 | 5.65 | 17.5 | 52.7 | 45.7 | 24.8 | 26.09 | 2013.37 | 1596.72 |
| | | | 17.2 | 54.3 | 46.4 | 27.1 | | | |
| | | | 17.4 | 39.9 | 35.2 | 26.4 | | | |
| 5 | 30.00 | 5.59 | 17.6 | 53 | 44.7 | 30.6 | 31.74 | 1949.79 | 1480.02 |
| | | | 17.4 | 50.9 | 42.7 | 32.4 | | | |
| | | | 17.4 | 40.4 | 34.8 | 32.2 | | | |

Fuente: Laboratorio Geo & Geo



Anexo S

| # de Curva | Abscisa | Cuerda | Deflexión | Deflexión acum. | Deflexión/2 | Azimut | D. larga | Coord. Norte | Coord. Este |
|------------|---------|--------|-----------|-----------------|-------------|--------|----------|--------------|-------------|
| 1 | 52.32 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 91.01 | 0.00 | 9679455.05 | 736714.12 |
| | 55.00 | 2.68 | 2.19 | 2.19 | 1.10 | 89.91 | 2.68 | 9679455.05 | 736711.44 |
| | 60.00 | 5.00 | 4.09 | 6.29 | 3.14 | 87.87 | 7.68 | 9679454.76 | 736706.45 |
| | 65.00 | 5.00 | 4.09 | 10.38 | 5.19 | 85.82 | 12.66 | 9679454.13 | 736701.49 |
| | 70.00 | 5.00 | 4.09 | 14.47 | 7.24 | 83.78 | 17.63 | 9679453.14 | 736696.59 |
| | 75.00 | 5.00 | 4.09 | 18.56 | 9.28 | 81.73 | 22.58 | 9679451.80 | 736691.77 |
| | 80.00 | 5.00 | 4.09 | 22.66 | 11.33 | 79.68 | 27.50 | 9679450.13 | 736687.06 |
| | 84.80 | 4.80 | 3.93 | 26.59 | 13.29 | 77.72 | 32.19 | 9679448.20 | 736682.66 |
| 2 | 112.59 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 64.42 | 0.00 | 9679436.21 | 736657.60 |
| | 115.00 | 2.41 | 1.97 | 1.97 | 0.99 | 65.41 | 2.41 | 9679435.20 | 736655.41 |
| | 120.00 | 5.00 | 4.09 | 6.07 | 3.03 | 67.46 | 7.41 | 9679433.37 | 736650.76 |
| | 125.00 | 5.00 | 4.09 | 10.16 | 5.08 | 69.50 | 12.40 | 9679431.87 | 736645.99 |
| | 127.02 | 2.02 | 1.65 | 11.81 | 5.91 | 70.33 | 14.41 | 9679431.36 | 736644.04 |
| 3 | 166.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 76.24 | 0.00 | 9679421.88 | 736605.35 |
| | 170.00 | 3.15 | 2.58 | 2.58 | 1.29 | 74.95 | 3.15 | 9679421.06 | 736602.31 |
| | 175.00 | 5.00 | 4.09 | 6.67 | 3.33 | 72.90 | 8.14 | 9679419.49 | 736597.56 |
| | 180.00 | 5.00 | 4.09 | 10.76 | 5.38 | 70.86 | 13.13 | 9679417.58 | 736592.94 |
| | 185.00 | 5.00 | 4.09 | 14.85 | 7.43 | 68.81 | 18.10 | 9679415.34 | 736588.47 |
| | 190.00 | 5.00 | 4.09 | 18.95 | 9.47 | 66.76 | 23.04 | 9679412.79 | 736584.17 |
| | 191.94 | 1.94 | 1.58 | 20.53 | 10.27 | 65.97 | 24.95 | 9679411.72 | 736582.56 |

| | | | | | | | | | |
|---|--------|------|------|-------|-------|--------|-------|------------|-----------|
| 4 | 209.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 124.29 | 0.00 | 9679401.70 | 736567.86 |
| | 215.00 | 5.27 | 4.64 | 4.64 | 2.32 | 121.97 | 5.26 | 9679398.91 | 736563.39 |
| | 220.00 | 5.00 | 4.41 | 9.05 | 4.52 | 119.77 | 10.26 | 9679396.61 | 736558.96 |
| | 225.00 | 5.00 | 4.41 | 13.46 | 6.73 | 117.57 | 15.23 | 9679394.65 | 736554.36 |
| | 230.00 | 5.00 | 4.41 | 17.86 | 8.93 | 115.36 | 20.18 | 9679393.05 | 736549.62 |
| | 235.00 | 5.00 | 4.41 | 22.27 | 11.14 | 113.16 | 25.11 | 9679391.82 | 736544.77 |
| | 240.00 | 5.00 | 4.41 | 26.68 | 13.34 | 110.95 | 29.99 | 9679390.97 | 736539.85 |
| | 245.00 | 5.00 | 4.41 | 31.09 | 15.54 | 108.75 | 34.84 | 9679390.50 | 736534.87 |
| | 250.00 | 5.00 | 4.41 | 35.49 | 17.75 | 106.55 | 39.63 | 9679390.41 | 736529.87 |
| | 255.00 | 5.00 | 4.41 | 39.90 | 19.95 | 104.34 | 44.36 | 9679390.71 | 736524.88 |
| | 260.21 | 5.21 | 4.59 | 44.49 | 22.25 | 102.05 | 49.22 | 9679391.43 | 736519.73 |
| 5 | 313.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 79.80 | 0.00 | 9679400.78 | 736467.71 |
| | 315.00 | 1.94 | 1.71 | 1.71 | 0.85 | 78.95 | 1.94 | 9679401.15 | 736465.80 |
| | 320.00 | 5.00 | 4.41 | 6.12 | 3.06 | 76.75 | 6.93 | 9679402.37 | 736460.96 |
| | 325.00 | 5.00 | 4.41 | 10.52 | 5.26 | 74.54 | 11.92 | 9679403.96 | 736456.22 |
| | 330.00 | 5.00 | 4.41 | 14.93 | 7.47 | 72.34 | 16.89 | 9679405.91 | 736451.61 |
| | 335.00 | 5.00 | 4.41 | 19.34 | 9.67 | 70.13 | 21.83 | 9679408.20 | 736447.17 |
| | 340.00 | 5.00 | 4.41 | 23.75 | 11.87 | 67.93 | 26.75 | 9679410.83 | 736442.92 |
| | 345.00 | 5.00 | 4.41 | 28.15 | 14.08 | 65.73 | 31.62 | 9679413.78 | 736438.88 |
| | 349.95 | 4.95 | 4.37 | 32.52 | 16.26 | 63.54 | 36.40 | 9679417.00 | 736435.12 |
| 6 | 415.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 47.29 | 0.00 | 9679461.27 | 736387.18 |
| | 420.00 | 4.79 | 3.92 | 3.92 | 1.96 | 49.24 | 4.79 | 9679464.39 | 736383.55 |
| | 425.00 | 5.00 | 4.09 | 8.01 | 4.01 | 51.29 | 9.78 | 9679467.38 | 736379.54 |
| | 430.00 | 5.00 | 4.09 | 12.10 | 6.05 | 53.34 | 14.76 | 9679470.08 | 736375.34 |
| | 433.52 | 3.52 | 2.88 | 14.99 | 7.49 | 54.78 | 18.26 | 9679471.80 | 736372.26 |
| 7 | 482.56 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 117.73 | 0.00 | 9679494.62 | 736328.86 |
| | 485.00 | 2.44 | 4.66 | 4.66 | 2.33 | 115.40 | 2.44 | 9679495.67 | 736326.65 |
| | 490.00 | 5.00 | 9.55 | 14.21 | 7.11 | 110.62 | 7.42 | 9679497.23 | 736321.91 |
| | 495.00 | 5.00 | 9.55 | 23.76 | 11.88 | 105.85 | 12.35 | 9679497.99 | 736316.98 |
| | 500.00 | 5.00 | 9.55 | 33.31 | 16.65 | 101.07 | 17.20 | 9679497.92 | 736311.98 |
| | 505.00 | 5.00 | 9.55 | 42.86 | 21.43 | 96.30 | 21.92 | 9679497.02 | 736307.07 |
| | 510.00 | 5.00 | 9.55 | 52.41 | 26.20 | 91.52 | 26.49 | 9679495.32 | 736302.37 |
| | 515.00 | 5.00 | 9.55 | 61.96 | 30.98 | 86.75 | 30.88 | 9679492.87 | 736298.02 |
| | 520.00 | 5.00 | 9.55 | 71.51 | 35.75 | 81.97 | 35.06 | 9679489.72 | 736294.14 |
| | 525.00 | 5.00 | 9.55 | 81.06 | 40.53 | 77.20 | 38.99 | 9679485.98 | 736290.84 |
| | 526.18 | 1.18 | 2.26 | 83.32 | 41.66 | 76.07 | 39.88 | 9679485.02 | 736290.15 |
| 8 | 588.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 34.42 | 0.00 | 9679433.70 | 736254.99 |
| | 590.00 | 1.60 | 1.31 | 1.31 | 0.66 | 33.76 | 1.60 | 9679432.36 | 736254.10 |
| | 595.00 | 5.00 | 4.09 | 5.40 | 2.70 | 31.72 | 6.60 | 9679428.08 | 736251.52 |
| | 600.00 | 5.00 | 4.09 | 9.50 | 4.75 | 29.67 | 11.59 | 9679423.62 | 736249.25 |
| | 605.00 | 5.00 | 4.09 | 13.59 | 6.79 | 27.62 | 16.56 | 9679419.02 | 736247.31 |
| | 608.60 | 3.60 | 2.95 | 16.54 | 8.27 | 26.15 | 20.13 | 9679415.62 | 736246.12 |
| 9 | 676.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 342.10 | 0.00 | 9679351.36 | 736225.40 |
| | 680.00 | 3.88 | 3.18 | 3.18 | 1.59 | 343.69 | 3.88 | 9679347.63 | 736224.31 |
| | 685.00 | 5.00 | 4.09 | 7.27 | 3.64 | 345.74 | 8.88 | 9679342.76 | 736223.21 |
| | 690.00 | 5.00 | 4.09 | 11.36 | 5.68 | 347.79 | 13.86 | 9679337.81 | 736222.47 |
| | 695.00 | 5.00 | 4.09 | 15.46 | 7.73 | 349.83 | 18.82 | 9679332.83 | 736222.08 |
| | 700.00 | 5.00 | 4.09 | 19.55 | 9.77 | 351.88 | 23.77 | 9679327.83 | 736222.04 |
| | 705.00 | 5.00 | 4.09 | 23.64 | 11.82 | 353.92 | 28.68 | 9679322.84 | 736222.36 |
| | 710.00 | 5.00 | 4.09 | 27.73 | 13.87 | 355.97 | 33.55 | 9679317.89 | 736223.04 |
| | 715.00 | 5.00 | 4.09 | 31.83 | 15.91 | 358.02 | 38.38 | 9679313.00 | 736224.07 |
| | 720.00 | 5.00 | 4.09 | 35.92 | 17.96 | 360.06 | 43.17 | 9679308.19 | 736225.45 |
| | 725.00 | 5.00 | 4.09 | 40.01 | 20.01 | 362.11 | 47.89 | 9679303.50 | 736227.16 |
| | 730.00 | 5.00 | 4.09 | 44.10 | 22.05 | 364.16 | 52.56 | 9679298.94 | 736229.21 |
| | 732.04 | 2.04 | 1.67 | 45.78 | 22.89 | 364.99 | 54.45 | 9679297.12 | 736230.14 |

| | | | | | | | | | |
|----|---------|------|------|-------|-------|--------|-------|------------|-----------|
| 10 | 824.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 27.91 | 0.00 | 9679215.66 | 736273.27 |
| | 825.00 | 0.79 | 0.65 | 0.65 | 0.32 | 27.59 | 0.79 | 9679214.96 | 736273.64 |
| | 830.00 | 5.00 | 4.09 | 4.74 | 2.37 | 25.54 | 5.79 | 9679210.44 | 736275.77 |
| | 835.00 | 5.00 | 4.09 | 8.83 | 4.42 | 23.50 | 10.78 | 9679205.78 | 736277.57 |
| | 840.00 | 5.00 | 4.09 | 12.92 | 6.46 | 21.45 | 15.76 | 9679201.00 | 736279.04 |
| | 845.00 | 5.00 | 4.09 | 17.02 | 8.51 | 19.40 | 20.71 | 9679196.13 | 736280.16 |
| | 850.00 | 5.00 | 4.09 | 21.11 | 10.56 | 17.36 | 25.65 | 9679191.19 | 736280.93 |
| | 855.40 | 5.40 | 4.42 | 25.53 | 12.77 | 15.15 | 30.94 | 9679185.80 | 736281.36 |
| 11 | 881.58 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 357.63 | 0.00 | 9679159.65 | 736282.44 |
| | 885.00 | 3.42 | 2.80 | 2.80 | 1.40 | 359.03 | 3.42 | 9679156.23 | 736282.49 |
| | 890.00 | 5.00 | 4.09 | 6.89 | 3.45 | 361.08 | 8.41 | 9679151.24 | 736282.28 |
| | 895.00 | 5.00 | 4.09 | 10.98 | 5.49 | 363.13 | 13.40 | 9679146.27 | 736281.70 |
| | 900.00 | 5.00 | 4.09 | 15.08 | 7.54 | 365.17 | 18.37 | 9679141.36 | 736280.78 |
| | 905.00 | 5.00 | 4.09 | 19.17 | 9.58 | 367.22 | 23.31 | 9679136.52 | 736279.51 |
| | 910.00 | 5.00 | 4.09 | 23.26 | 11.63 | 369.26 | 28.22 | 9679131.79 | 736277.89 |
| | 912.77 | 2.77 | 2.27 | 25.53 | 12.77 | 370.40 | 30.93 | 9679129.22 | 736276.85 |
| 12 | 953.54 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 23.17 | 0.00 | 9679091.74 | 736260.81 |
| | 955.00 | 1.46 | 1.19 | 1.19 | 0.60 | 22.57 | 1.46 | 9679090.39 | 736260.26 |
| | 960.00 | 5.00 | 4.09 | 5.29 | 2.64 | 20.52 | 6.45 | 9679085.69 | 736258.55 |
| | 965.00 | 5.00 | 4.09 | 9.38 | 4.69 | 18.48 | 11.44 | 9679080.89 | 736257.19 |
| | 970.00 | 5.00 | 4.09 | 13.47 | 6.74 | 16.43 | 16.42 | 9679075.99 | 736256.17 |
| | 971.08 | 1.08 | 0.89 | 14.36 | 7.18 | 15.99 | 17.50 | 9679074.92 | 736256.00 |
| | | | | | | | | | |
| 13 | 1014.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.81 | 0.00 | 9679032.39 | 736249.41 |
| | 1015.00 | 0.88 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 9.31 | 0.88 | 9679031.52 | 736249.27 |
| | 1020.00 | 5.00 | 5.73 | 6.73 | 3.37 | 12.18 | 5.87 | 9679026.65 | 736248.17 |
| | 1025.00 | 5.00 | 5.73 | 12.46 | 6.23 | 15.04 | 10.86 | 9679021.91 | 736246.59 |
| | 1030.00 | 5.00 | 5.73 | 18.19 | 9.10 | 17.90 | 15.81 | 9679017.34 | 736244.55 |
| | 1035.00 | 5.00 | 5.73 | 23.92 | 11.96 | 20.77 | 20.73 | 9679013.01 | 736242.06 |
| | 1040.00 | 5.00 | 5.73 | 29.65 | 14.83 | 23.63 | 25.59 | 9679008.95 | 736239.15 |
| | 1045.00 | 5.00 | 5.73 | 35.38 | 17.69 | 26.50 | 30.39 | 9679005.19 | 736235.85 |
| | 1050.00 | 5.00 | 5.73 | 41.11 | 20.56 | 29.36 | 35.11 | 9679001.79 | 736232.19 |
| | 1055.00 | 5.00 | 5.73 | 46.84 | 23.42 | 32.23 | 39.75 | 9678998.76 | 736228.21 |
| | 1060.00 | 5.00 | 5.73 | 52.57 | 26.29 | 35.09 | 44.28 | 9678996.15 | 736223.95 |
| | 1065.00 | 5.00 | 5.73 | 58.30 | 29.15 | 37.96 | 48.71 | 9678993.98 | 736219.45 |
| | 1070.00 | 5.00 | 5.73 | 64.03 | 32.01 | 40.82 | 53.01 | 9678992.27 | 736214.75 |
| | 1073.75 | 3.75 | 4.30 | 68.33 | 34.17 | 42.97 | 56.16 | 9678991.30 | 736211.13 |
| | | | | | | | | | |
| 14 | 1075.71 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 77.14 | 0.00 | 9678990.86 | 736209.22 |
| | 1080.00 | 4.29 | 4.92 | 4.92 | 2.46 | 74.68 | 4.29 | 9678989.73 | 736205.08 |
| | 1085.00 | 5.00 | 5.73 | 10.65 | 5.32 | 71.81 | 9.28 | 9678987.97 | 736200.40 |
| | 1090.00 | 5.00 | 5.73 | 16.38 | 8.19 | 68.95 | 14.24 | 9678985.75 | 736195.92 |
| | 1095.00 | 5.00 | 5.73 | 22.11 | 11.05 | 66.08 | 19.17 | 9678983.09 | 736191.69 |
| | 1100.00 | 5.00 | 5.73 | 27.84 | 13.92 | 63.22 | 24.05 | 9678980.02 | 736187.74 |
| | 1102.59 | 2.59 | 2.96 | 30.80 | 15.40 | 61.74 | 26.56 | 9678978.29 | 736185.83 |
| | | | | | | | | | |
| 15 | 1151.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 46.34 | 0.00 | 9678944.86 | 736150.81 |
| | 1155.00 | 4.00 | 3.27 | 3.27 | 1.64 | 44.70 | 4.00 | 9678942.02 | 736147.99 |
| | 1160.00 | 5.00 | 4.09 | 7.37 | 3.68 | 42.65 | 8.99 | 9678938.25 | 736144.71 |
| | 1165.00 | 5.00 | 4.09 | 11.46 | 5.73 | 40.61 | 13.98 | 9678934.25 | 736141.71 |
| | 1170.00 | 5.00 | 4.09 | 15.55 | 7.78 | 38.56 | 18.94 | 9678930.05 | 736139.00 |
| | 1175.00 | 5.00 | 4.09 | 19.64 | 9.82 | 36.51 | 23.88 | 9678925.67 | 736136.60 |
| | 1180.23 | 5.23 | 4.28 | 23.92 | 11.96 | 34.38 | 29.01 | 9678920.92 | 736134.42 |
| | | | | | | | | | |
| 16 | 1226.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 22.41 | 0.00 | 9678878.54 | 736116.94 |
| | 1230.00 | 3.94 | 3.22 | 3.22 | 1.61 | 20.80 | 3.93 | 9678874.86 | 736115.55 |
| | 1235.00 | 5.00 | 4.09 | 7.31 | 3.66 | 18.75 | 8.93 | 9678870.08 | 736114.07 |
| | 1240.00 | 5.00 | 4.09 | 11.41 | 5.70 | 16.71 | 13.91 | 9678865.21 | 736112.94 |
| | 1245.20 | 5.20 | 4.25 | 15.66 | 7.83 | 14.58 | 19.07 | 9678860.08 | 736112.14 |

Anexo T

| # CURVA | PUNTO | COTA | ABS | P. CORREGIDAS | C. CORREGIDAS |
|---------|---------|----------|--------|---------------|---------------|
| 1 | PCV | 2897.866 | 22.000 | 0.000 | 2897.866 |
| | COTA 1 | 2897.875 | 23.800 | 0.005 | 2897.870 |
| | COTA 2 | 2897.884 | 25.600 | 0.022 | 2897.862 |
| | COTA 3 | 2897.893 | 27.400 | 0.049 | 2897.844 |
| | COTA 4 | 2897.902 | 29.200 | 0.086 | 2897.816 |
| | COTA 5 | 2897.911 | 31.000 | 0.135 | 2897.776 |
| | COTA 6 | 2897.920 | 32.800 | 0.194 | 2897.726 |
| | COTA 7 | 2897.929 | 34.600 | 0.265 | 2897.664 |
| | COTA 8 | 2897.938 | 36.400 | 0.346 | 2897.592 |
| | COTA 9 | 2897.947 | 38.200 | 0.437 | 2897.510 |
| | PIV | 2897.956 | 40.000 | 0.540 | 2897.416 |
| | COTA 10 | 2897.749 | 41.800 | 0.437 | 2897.312 |
| | COTA 11 | 2897.542 | 43.600 | 0.346 | 2897.196 |
| | COTA 12 | 2897.335 | 45.400 | 0.265 | 2897.070 |
| | COTA 13 | 2897.128 | 47.200 | 0.194 | 2896.934 |
| | COTA 14 | 2896.921 | 49.000 | 0.135 | 2896.786 |
| | COTA 15 | 2896.714 | 50.800 | 0.086 | 2896.628 |
| | COTA 16 | 2896.507 | 52.600 | 0.049 | 2896.458 |
| | COTA 17 | 2896.300 | 54.400 | 0.022 | 2896.278 |
| | COTA 18 | 2896.093 | 56.200 | 0.005 | 2896.088 |
| | PTV | 2895.886 | 58.000 | 0.000 | 2895.886 |

| | | | | | |
|---|---------|----------|---------|--------|----------|
| 2 | PCV | 2890.912 | 101.250 | 0.000 | 2890.912 |
| | COTA 1 | 2890.639 | 103.625 | -0.006 | 2890.645 |
| | COTA 2 | 2890.366 | 106.000 | -0.023 | 2890.389 |
| | COTA 3 | 2890.093 | 108.375 | -0.051 | 2890.144 |
| | COTA 4 | 2889.820 | 110.750 | -0.090 | 2889.910 |
| | COTA 5 | 2889.547 | 113.125 | -0.141 | 2889.688 |
| | COTA 6 | 2889.274 | 115.500 | -0.203 | 2889.477 |
| | COTA 7 | 2889.000 | 117.875 | -0.276 | 2889.277 |
| | COTA 8 | 2888.727 | 120.250 | -0.361 | 2889.088 |
| | COTA 9 | 2888.454 | 122.625 | -0.457 | 2888.911 |
| | PIV | 2888.181 | 125.000 | -0.564 | 2888.745 |
| | COTA 10 | 2888.134 | 127.375 | -0.457 | 2888.590 |
| | COTA 11 | 2888.086 | 129.750 | -0.361 | 2888.447 |
| | COTA 12 | 2888.039 | 132.125 | -0.276 | 2888.315 |
| | COTA 13 | 2887.991 | 134.500 | -0.203 | 2888.194 |
| | COTA 14 | 2887.944 | 136.875 | -0.141 | 2888.085 |
| | COTA 15 | 2887.896 | 139.250 | -0.090 | 2887.986 |
| | COTA 16 | 2887.849 | 141.625 | -0.051 | 2887.899 |
| | COTA 17 | 2887.801 | 144.000 | -0.023 | 2887.824 |
| | COTA 18 | 2887.754 | 146.375 | -0.006 | 2887.759 |
| | PTV | 2887.706 | 148.750 | 0.000 | 2887.706 |
| 3 | PCV | 2887.181 | 175.000 | 0.000 | 2887.181 |
| | COTA 1 | 2887.151 | 176.500 | 0.004 | 2887.147 |
| | COTA 2 | 2887.121 | 178.000 | 0.015 | 2887.106 |
| | COTA 3 | 2887.091 | 179.500 | 0.034 | 2887.057 |
| | COTA 4 | 2887.061 | 181.000 | 0.060 | 2887.001 |
| | COTA 5 | 2887.031 | 182.500 | 0.094 | 2886.937 |
| | COTA 6 | 2887.001 | 184.000 | 0.135 | 2886.866 |
| | COTA 7 | 2886.971 | 185.500 | 0.184 | 2886.787 |
| | COTA 8 | 2886.941 | 187.000 | 0.240 | 2886.701 |
| | COTA 9 | 2886.911 | 188.500 | 0.304 | 2886.607 |
| | PIV | 2886.881 | 190.000 | 0.375 | 2886.506 |
| | COTA 10 | 2886.701 | 191.500 | 0.304 | 2886.397 |
| | COTA 11 | 2886.521 | 193.000 | 0.240 | 2886.281 |
| | COTA 12 | 2886.341 | 194.500 | 0.184 | 2886.157 |
| | COTA 13 | 2886.161 | 196.000 | 0.135 | 2886.026 |
| | COTA 14 | 2885.981 | 197.500 | 0.094 | 2885.887 |
| | COTA 15 | 2885.801 | 199.000 | 0.060 | 2885.741 |
| | COTA 16 | 2885.621 | 200.500 | 0.034 | 2885.587 |
| | COTA 17 | 2885.441 | 202.000 | 0.015 | 2885.426 |
| | COTA 18 | 2885.261 | 203.500 | 0.004 | 2885.257 |
| | PTV | 2885.081 | 205.000 | 0.000 | 2885.081 |

| | | | | | |
|---|---------|----------|---------|--------|----------|
| 4 | PCV | 2872.781 | 307.500 | 0.000 | 2872.781 |
| | COTA 1 | 2872.511 | 309.750 | -0.005 | 2872.516 |
| | COTA 2 | 2872.241 | 312.000 | -0.020 | 2872.261 |
| | COTA 3 | 2871.971 | 314.250 | -0.046 | 2872.017 |
| | COTA 4 | 2871.701 | 316.500 | -0.081 | 2871.782 |
| | COTA 5 | 2871.431 | 318.750 | -0.127 | 2871.558 |
| | COTA 6 | 2871.161 | 321.000 | -0.182 | 2871.343 |
| | COTA 7 | 2870.891 | 323.250 | -0.248 | 2871.139 |
| | COTA 8 | 2870.621 | 325.500 | -0.324 | 2870.945 |
| | COTA 9 | 2870.351 | 327.750 | -0.410 | 2870.761 |
| | PIV | 2870.081 | 330.000 | -0.506 | 2870.587 |
| | COTA 10 | 2870.014 | 332.250 | -0.410 | 2870.424 |
| | COTA 11 | 2869.946 | 334.500 | -0.324 | 2870.270 |
| | COTA 12 | 2869.879 | 336.750 | -0.248 | 2870.127 |
| | COTA 13 | 2869.811 | 339.000 | -0.182 | 2869.993 |
| | COTA 14 | 2869.744 | 341.250 | -0.127 | 2869.870 |
| | COTA 15 | 2869.676 | 343.500 | -0.081 | 2869.757 |
| | COTA 16 | 2869.609 | 345.750 | -0.046 | 2869.654 |
| | COTA 17 | 2869.541 | 348.000 | -0.020 | 2869.561 |
| | COTA 18 | 2869.474 | 350.250 | -0.005 | 2869.479 |
| 5 | PTV | 2869.406 | 352.500 | 0.000 | 2869.406 |
| | PCV | 2868.056 | 397.500 | 0.000 | 2868.056 |
| | COTA 1 | 2867.944 | 401.250 | -0.014 | 2867.958 |
| | COTA 2 | 2867.831 | 405.000 | -0.056 | 2867.887 |
| | COTA 3 | 2867.719 | 408.750 | -0.127 | 2867.845 |
| | COTA 4 | 2867.606 | 412.500 | -0.225 | 2867.831 |
| | COTA 5 | 2867.494 | 416.250 | -0.352 | 2867.845 |
| | COTA 6 | 2867.381 | 420.000 | -0.506 | 2867.887 |
| | COTA 7 | 2867.269 | 423.750 | -0.689 | 2867.958 |
| | COTA 8 | 2867.156 | 427.500 | -0.900 | 2868.056 |
| | COTA 9 | 2867.044 | 431.250 | -1.139 | 2868.183 |
| | PIV | 2866.931 | 435.000 | -1.406 | 2868.337 |
| | COTA 10 | 2867.381 | 438.750 | -1.139 | 2868.520 |
| | COTA 11 | 2867.831 | 442.500 | -0.900 | 2868.731 |
| | COTA 12 | 2868.281 | 446.250 | -0.689 | 2868.970 |
| | COTA 13 | 2868.731 | 450.000 | -0.506 | 2869.237 |
| | COTA 14 | 2869.181 | 453.750 | -0.352 | 2869.533 |
| | COTA 15 | 2869.631 | 457.500 | -0.225 | 2869.856 |
| | COTA 16 | 2870.081 | 461.250 | -0.127 | 2870.208 |
| | COTA 17 | 2870.531 | 465.000 | -0.056 | 2870.587 |
| | COTA 18 | 2870.981 | 468.750 | -0.014 | 2870.995 |
| 6 | PTV | 2871.431 | 472.500 | 0.000 | 2871.431 |
| | PCV | 2890.601 | 632.250 | 0.000 | 2890.601 |
| | COTA 1 | 2890.934 | 635.025 | 0.013 | 2890.921 |
| | COTA 2 | 2891.267 | 637.800 | 0.051 | 2891.216 |
| | COTA 3 | 2891.600 | 640.575 | 0.116 | 2891.484 |
| | COTA 4 | 2891.933 | 643.350 | 0.205 | 2891.728 |
| | COTA 5 | 2892.266 | 646.125 | 0.321 | 2891.945 |
| | COTA 6 | 2892.599 | 648.900 | 0.462 | 2892.137 |
| | COTA 7 | 2892.932 | 651.675 | 0.629 | 2892.303 |
| | COTA 8 | 2893.265 | 654.450 | 0.821 | 2892.444 |
| | COTA 9 | 2893.598 | 657.225 | 1.040 | 2892.558 |
| | PIV | 2893.931 | 660.000 | 1.283 | 2892.648 |
| | COTA 10 | 2893.751 | 662.775 | 1.040 | 2892.711 |
| | COTA 11 | 2893.570 | 665.550 | 0.821 | 2892.749 |
| | COTA 12 | 2893.390 | 668.325 | 0.629 | 2892.761 |
| | COTA 13 | 2893.210 | 671.100 | 0.462 | 2892.747 |
| | COTA 14 | 2893.029 | 673.875 | 0.321 | 2892.708 |
| | COTA 15 | 2892.849 | 676.650 | 0.205 | 2892.643 |
| | COTA 16 | 2892.668 | 679.425 | 0.116 | 2892.553 |
| | COTA 17 | 2892.488 | 682.200 | 0.051 | 2892.437 |
| | COTA 18 | 2892.308 | 684.975 | 0.013 | 2892.288 |
| | PTV | 2892.127 | 687.750 | 0.000 | 2892.127 |

| | | | | | |
|---|---------|----------|----------|--------|----------|
| 7 | PCV | 2880.817 | 861.750 | 0.000 | 2880.817 |
| | COTA 1 | 2880.764 | 862.575 | 0.001 | 2880.762 |
| | COTA 2 | 2880.710 | 863.400 | 0.005 | 2880.705 |
| | COTA 3 | 2880.656 | 864.225 | 0.010 | 2880.646 |
| | COTA 4 | 2880.603 | 865.050 | 0.018 | 2880.585 |
| | COTA 5 | 2880.549 | 865.875 | 0.028 | 2880.521 |
| | COTA 6 | 2880.496 | 866.700 | 0.041 | 2880.455 |
| | COTA 7 | 2880.442 | 867.525 | 0.056 | 2880.386 |
| | COTA 8 | 2880.388 | 868.350 | 0.073 | 2880.316 |
| | COTA 9 | 2880.335 | 869.175 | 0.092 | 2880.243 |
| | PIV | 2880.281 | 870.000 | 0.113 | 2880.168 |
| | COTA 10 | 2880.182 | 870.825 | 0.092 | 2880.090 |
| | COTA 11 | 2880.083 | 871.650 | 0.073 | 2880.010 |
| | COTA 12 | 2879.984 | 872.475 | 0.056 | 2879.928 |
| | COTA 13 | 2879.885 | 873.300 | 0.041 | 2879.844 |
| | COTA 14 | 2879.786 | 874.125 | 0.028 | 2879.758 |
| | COTA 15 | 2879.687 | 874.950 | 0.018 | 2879.669 |
| | COTA 16 | 2879.588 | 875.775 | 0.010 | 2879.578 |
| | COTA 17 | 2879.489 | 876.600 | 0.005 | 2879.484 |
| | COTA 18 | 2879.390 | 877.425 | 0.001 | 2879.389 |
| | PTV | 2879.291 | 878.250 | 0.000 | 2879.291 |
| 8 | PCV | 2866.931 | 981.250 | 0.000 | 2866.931 |
| | COTA 1 | 2866.286 | 986.625 | -0.029 | 2866.315 |
| | COTA 2 | 2865.641 | 992.000 | -0.116 | 2865.757 |
| | COTA 3 | 2864.996 | 997.375 | -0.260 | 2865.256 |
| | COTA 4 | 2864.351 | 1002.750 | -0.462 | 2864.813 |
| | COTA 5 | 2863.706 | 1008.125 | -0.722 | 2864.428 |
| | COTA 6 | 2863.061 | 1013.500 | -1.040 | 2864.101 |
| | COTA 7 | 2862.416 | 1018.875 | -1.416 | 2863.832 |
| | COTA 8 | 2861.771 | 1024.250 | -1.849 | 2863.620 |
| | COTA 9 | 2861.126 | 1029.625 | -2.340 | 2863.466 |
| | PIV | 2860.481 | 1035.000 | -2.889 | 2863.370 |
| | COTA 10 | 2860.992 | 1040.375 | -2.340 | 2863.332 |
| | COTA 11 | 2861.502 | 1045.750 | -1.849 | 2863.351 |
| | COTA 12 | 2862.013 | 1051.125 | -1.416 | 2863.429 |
| | COTA 13 | 2862.524 | 1056.500 | -1.040 | 2863.564 |
| | COTA 14 | 2863.034 | 1061.875 | -0.722 | 2863.756 |
| | COTA 15 | 2863.545 | 1067.250 | -0.462 | 2864.007 |
| | COTA 16 | 2864.055 | 1072.625 | -0.260 | 2864.315 |
| | COTA 17 | 2864.566 | 1078.000 | -0.116 | 2864.682 |
| | COTA 18 | 2865.077 | 1083.375 | -0.029 | 2865.106 |
| | PTV | 2865.587 | 1088.750 | 0.000 | 2865.587 |

Anexo U

Cunetas de Talud

| DATOS INICIALES | | | DATOS DE CUNETA | | | | | | | RESULTADOS HIDRAULICOS | | | | | ÁREAS DE APOORTE | | |
|-----------------|------------|------------------------------|-----------------|----|----|-------|-------|-------|------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------|----------------------|---------------------|----------------|------------------|
| Cota inicial | Cota final | Longitud entre sumideros (m) | s | Za | Zb | d (m) | a (m) | l (m) | n | Área del canal (m2) | Perímetro mojado (m) | Radio hidráulico (m) | Velocidad (m/s) | Caudal cuneta (m3/s) | Área de carril (ha) | Área de cuenca | Área aporte (ha) |
| 2897.756 | 2897.956 | 40 | 0.005 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 0.668 | 0.040 | 0.012 | 0.140 | 0.152 |
| 2897.956 | 2888.181 | 85 | 0.115 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 3.205 | 0.192 | 0.026 | 0.298 | 0.323 |
| 2888.181 | 2886.881 | 65 | 0.02 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 1.337 | 0.154 | 0.020 | 0.228 | 0.247 |
| 2886.881 | 2870.081 | 140 | 0.12 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 3.274 | 0.196 | 0.042 | 0.490 | 0.532 |
| 2870.081 | 2866.931 | 105 | 0.03 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 1.637 | 0.162 | 0.032 | 0.368 | 0.399 |
| 2866.931 | 2893.931 | 225 | 0.12 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 3.274 | 0.196 | 0.068 | 0.788 | 0.855 |
| 2893.931 | 2880.281 | 210 | 0.065 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 2.410 | 0.145 | 0.063 | 0.735 | 0.798 |
| 2880.281 | 2860.481 | 165 | 0.120 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 3.274 | 0.196 | 0.050 | 0.578 | 0.627 |
| 2860.481 | 2881.557 | 221 | 0.095 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 2.919 | 0.175 | 0.066 | 0.774 | 0.840 |

| COEFICIENTE DE ESCORRENTIA PONDERADO | | | $q_{max} = a * (Vo * te)^{\frac{2}{3}}$ | | | | | | | CAUDAL DE DISEÑO | | COMPROBACIÓN | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---|-------|--------|---------------|-----------|------------------------|----------------|------------------|-----------|--------------|--|
| C Escorrentia cuenca | C Escorrentia pavimento asfaltico | C Escorrentia ponderado | Vo (m3/s) | a | te (s) | qmax (m3/s/m) | Qd1(m3/s) | Qd2(m3/s) C*I*A/360 | Qd= Qd1+Qd2 | Caudal | Velocidad | | |
| 0.45 | 0.800 | 0.48 | 0.0000294 | 3.54 | 58.852 | 0.000088250 | 0.0035 | 0.021 | 0.025 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.45 | 0.800 | 0.48 | 0.0000294 | 16.96 | 22.974 | 0.000088250 | 0.0075 | 0.045 | 0.053 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.45 | 0.800 | 0.48 | 0.0000294 | 7.07 | 38.828 | 0.000088250 | 0.0057 | 0.035 | 0.093 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.45 | 0.800 | 0.48 | 0.0000294 | 17.32 | 22.683 | 0.000088250 | 0.0124 | 0.075 | 0.087 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.45 | 0.800 | 0.48 | 0.0000294 | 8.66 | 34.381 | 0.000088250 | 0.0093 | 0.056 | 0.152 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.45 | 0.800 | 0.48 | 0.0000294 | 17.32 | 22.683 | 0.000088250 | 0.0199 | 0.120 | 0.140 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.45 | 0.800 | 0.48 | 0.0000294 | 12.75 | 27.263 | 0.000088250 | 0.0185 | 0.112 | 0.131 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.45 | 0.800 | 0.48 | 0.0000294 | 17.32 | 22.683 | 0.000088250 | 0.0146 | 0.088 | 0.103 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.45 | 0.800 | 0.48 | 0.0000294 | 15.44 | 24.302 | 0.000088250 | 0.0195 | 0.118 | 0.137 | CUMPLE | CUMPLE | | |

Cuneta de Relleno

| DATOS INICIALES | | | DATOS DE CUNETAS | | | | | | | RESULTADOS HIDRAULICOS | | | | | ÁREAS DE APORTE | | |
|-----------------|------------|------------------------------|------------------|----|----|-------|-------|-------|------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------|----------------------|---------------------|----------------|------------------|
| Cota inicial | Cota final | Longitud entre sumideros (m) | s | Za | Zb | d (m) | a (m) | l (m) | n | Área del canal (m2) | Perímetro mojado (m) | Radio hidráulico (m) | Velocidad (m/s) | Caudal cuneta (m3/s) | Área de carril (ha) | Área de cuenca | Área aporte (ha) |
| 2897.756 | 2897.956 | 40 | 0.005 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 0.668 | 0.040 | 0.012 | 0.000 | 0.012 |
| 2897.956 | 2888.181 | 85 | 0.115 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 3.205 | 0.192 | 0.026 | 0.000 | 0.026 |
| 2888.181 | 2886.881 | 65 | 0.02 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 1.337 | 0.154 | 0.020 | 0.000 | 0.020 |
| 2886.881 | 2870.081 | 140 | 0.12 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 3.274 | 0.196 | 0.042 | 0.000 | 0.042 |
| 2870.081 | 2866.931 | 105 | 0.03 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 1.637 | 0.162 | 0.032 | 0.000 | 0.032 |
| 2866.931 | 2893.931 | 225 | 0.12 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 3.274 | 0.196 | 0.068 | 0.000 | 0.068 |
| 2893.931 | 2880.281 | 210 | 0.065 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 2.410 | 0.145 | 0.063 | 0.000 | 0.063 |
| 2880.281 | 2860.481 | 165 | 0.120 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 3.274 | 0.196 | 0.050 | 0.000 | 0.050 |
| 2860.481 | 2881.557 | 221 | 0.095 | 2 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.02 | 0.060 | 0.730 | 0.082 | 2.919 | 0.175 | 0.066 | 0.000 | 0.066 |

| COEFICIENTE DE ESCORRENTIA PONDERADO | | | $q_{max} = a * (Vo * te)^{\frac{2}{3}}$ | | | | | | | CAUDAL DE DISEÑO | | COMPROBACIÓN | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---|-------|--------|---------------|-----------|------------------------|-------------|------------------|-----------|--------------|--|
| C Escorrentia cuenca | C Escorrentia pavimento asfaltico | C Escorrentia ponderado | Vo (m3/s) | a | te (s) | qmax (m3/s/m) | Qd1(m3/s) | Qd2(m3/s) C*I*A/3.6 | Qd= Qd1+Qd2 | caudal | velocidad | | |
| 0.00 | 0.800 | 0.80 | 0.0000294 | 3.54 | 58.852 | 8.825E-05 | 0.0035 | 0.003 | 0.006 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.00 | 0.800 | 0.80 | 0.0000294 | 16.96 | 22.974 | 8.825E-05 | 0.0075 | 0.006 | 0.014 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.00 | 0.800 | 0.80 | 0.0000294 | 7.07 | 38.828 | 8.825E-05 | 0.0057 | 0.005 | 0.024 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.00 | 0.800 | 0.80 | 0.0000294 | 17.32 | 22.683 | 8.825E-05 | 0.0124 | 0.010 | 0.022 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.00 | 0.800 | 0.80 | 0.0000294 | 8.66 | 34.381 | 8.825E-05 | 0.0093 | 0.007 | 0.039 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.00 | 0.800 | 0.80 | 0.0000294 | 17.32 | 22.683 | 8.825E-05 | 0.0199 | 0.016 | 0.036 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.00 | 0.800 | 0.80 | 0.0000294 | 12.75 | 27.263 | 8.825E-05 | 0.0185 | 0.015 | 0.033 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.00 | 0.800 | 0.80 | 0.0000294 | 17.32 | 22.683 | 8.825E-05 | 0.0146 | 0.012 | 0.026 | CUMPLE | CUMPLE | | |
| 0.00 | 0.800 | 0.80 | 0.0000294 | 15.44 | 24.302 | 8.825E-05 | 0.0195 | 0.016 | 0.035 | CUMPLE | CUMPLE | | |

Anexo V
PLANOS

Esc 1:1250



CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Ubicación: Parroquia Jadán, Cantón
Gualaceo, Provincia del Azuay

Contenido: Trazado Horizontal y Vertical km 0+000 - km 0+740

Realizado por:
Christian Javier Lucero Zhispón
Daniela Noemí Bermeo Barros

Fecha: Julio - 2023

Esc H= 1:1250 Esc V= 1:125

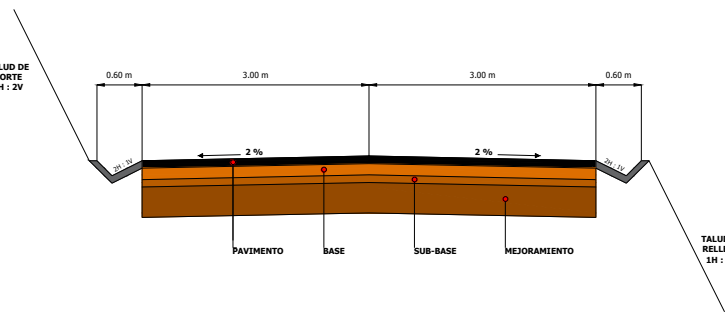


Ancho de calzada

Eje de vía

Terreno

Sección Transversal Típica
Esc 1:100

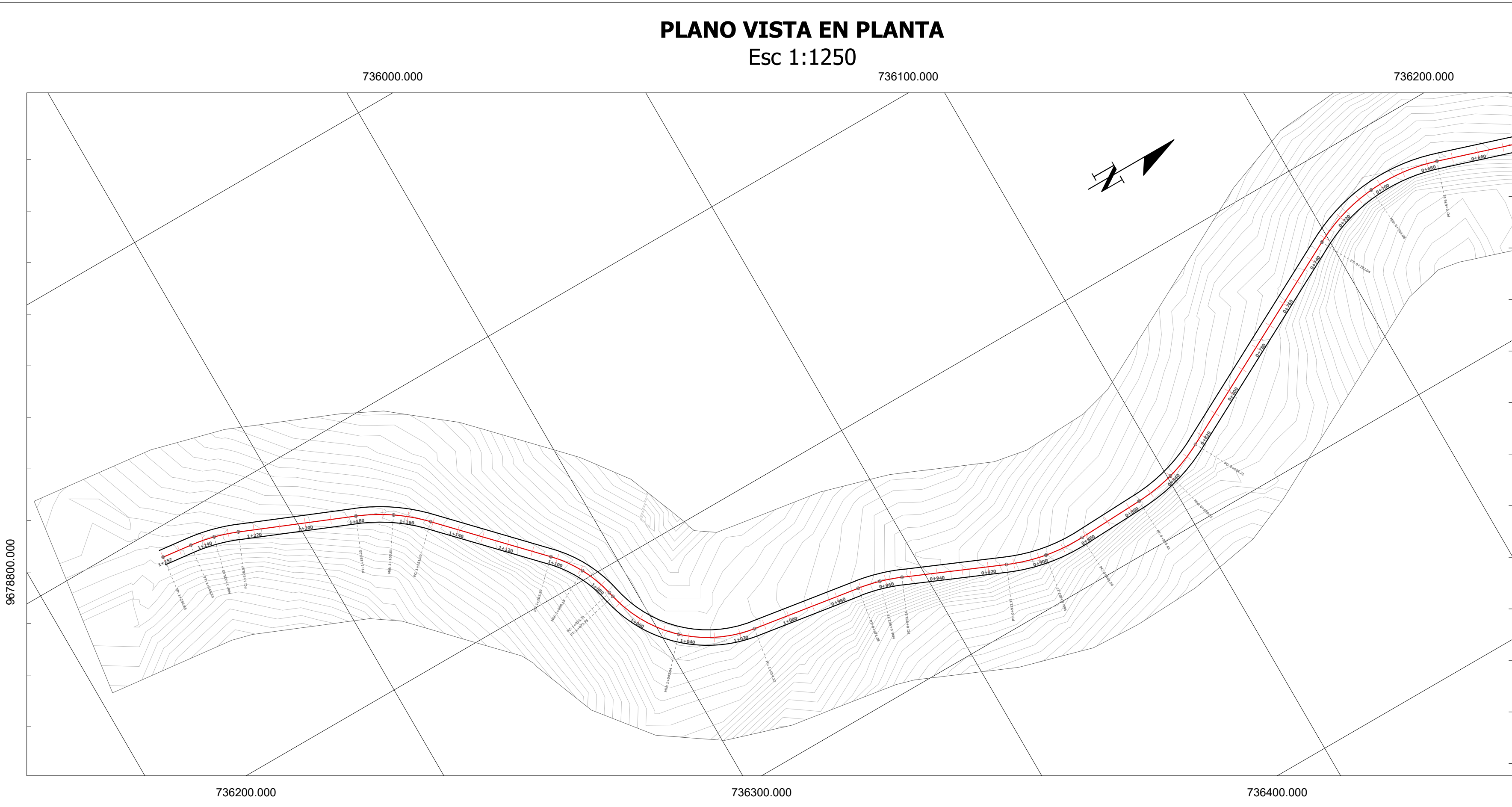


| | |
|---|---|
| Espesores de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: 3 in |
| | Capa Base: 6 in |
| | Capa Sub-Base: 4 in |
| | Capa Mejoramiento: 22 in |
| Materiales de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: Pavimento Flexible |
| | Capa Base: Base Granular Clase 1 |
| | Capa Sub-Base: Base Granular Clase 3 |
| | Capa Mejoramiento: Material de Préstamo |

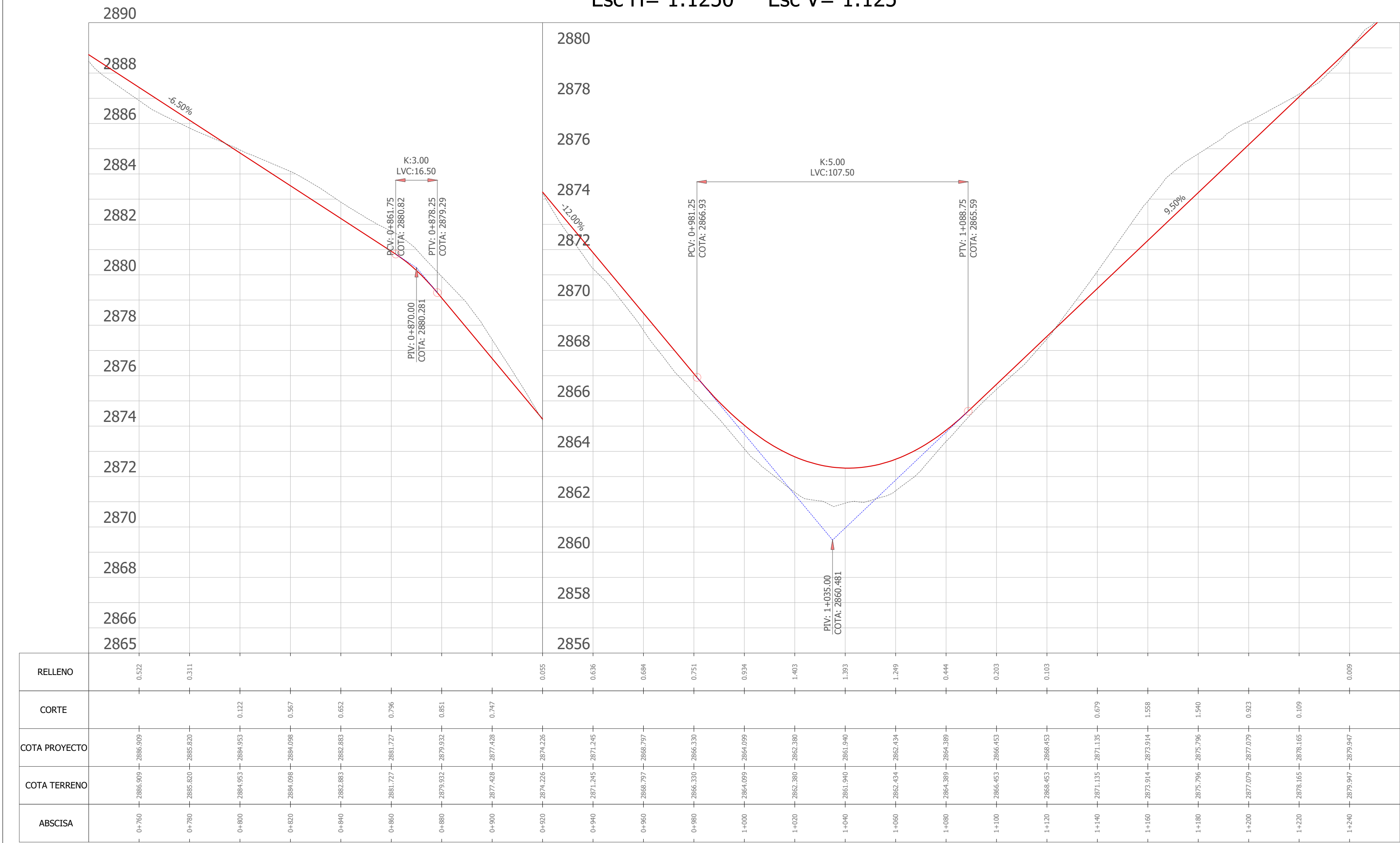
ALCANTARILLAS

| ABSCISA | DIÁMETRO (mm) | Pendiente transv. (%) |
|-----------|---------------|-----------------------|
| 00+190.00 | 900 | 2.00 |
| 00+435.00 | 900 | 2.00 |
| 00+870.00 | 900 | 2.00 |
| 01+035.00 | 900 | 2.00 |

| | |
|---------------|------------|
| Lámina | 1/2 |
|---------------|------------|



PERFIL LONGITUDINAL 00+740.00 - 01+257.00
Esc H= 1:1250 Esc V= 1:125



DATOS CURVAS
HORIZONTALES - VERTICALES

| CURVAS HORIZONTALES | | | | |
|---------------------|-------|------------|-------------|------------|
| CURVA | PUNTO | ABSCISA | NORTE | ESTE |
| 1 | PT | 00+084.80 | 9679448.202 | 736682.661 |
| | PI | 00+068.860 | 9679455.342 | 736697.580 |
| | PC | 00+052.32 | 9679455.050 | 736714.117 |
| 2 | PT | 00+127.02 | 9679431.358 | 736644.036 |
| | PI | 00+119.830 | 9679433.081 | 736651.071 |
| | PC | 00+112.59 | 9679436.208 | 736657.603 |
| 3 | PT | 00+191.94 | 9679411.722 | 736582.558 |
| | PI | 00+179.530 | 9679418.865 | 736593.032 |
| | PC | 00+166.85 | 9679421.881 | 736605.345 |
| 4 | PT | 00+260.21 | 9679391.425 | 736519.728 |
| | PI | 00+236.320 | 9679386.718 | 736545.894 |
| | PC | 00+209.73 | 9679401.698 | 736567.859 |
| 5 | PT | 00+349.95 | 9679416.999 | 736435.119 |
| | PI | 00+332.020 | 9679404.138 | 736449.048 |
| | PC | 00+313.06 | 9679400.782 | 736467.707 |
| 6 | PT | 00+433.52 | 9679471.797 | 736372.262 |
| | PI | 00+424.420 | 9679467.513 | 736380.411 |
| | PC | 00+415.21 | 9679461.268 | 736387.175 |
| 7 | PT | 00+526.18 | 9679485.017 | 736290.149 |
| | PI | 00+509.250 | 9679507.037 | 736305.232 |
| | PC | 00+482.56 | 9679494.619 | 736328.858 |
| 8 | PT | 00+608.60 | 9679415.621 | 736246.115 |
| | PI | 00+598.57 | 9679425.303 | 736249.238 |
| | PC | 00+588.40 | 9679433.695 | 736254.988 |
| 9 | PT | 00+732.04 | 9679297.116 | 736230.138 |
| | PI | 00+705.670 | 9679323.238 | 736216.319 |
| | PC | 00+676.12 | 9679351.360 | 736225.400 |
| 10 | PT | 00+855.40 | 9679185.800 | 736281.358 |
| | PI | 00+840.070 | 9679201.647 | 736280.699 |
| | PC | 00+824.21 | 9679215.663 | 736273.274 |
| 11 | PT | 00+912.77 | 9679129.224 | 736276.852 |
| | PI | 00+897.440 | 9679143.805 | 736283.090 |
| | PC | 00+881.58 | 9679159.650 | 736282.435 |
| 12 | PT | 00+971.08 | 9679074.921 | 736255.996 |
| | PI | 00+962.360 | 9679083.634 | 736257.346 |
| | PC | 00+953.54 | 9679091.740 | 736260.815 |
| 13 | PT | 01+073.75 | 9678991.299 | 736211.126 |
| | PI | 01+048.060 | 9678998.852 | 736244.211 |
| | PC | 01+014.12 | 9679032.388 | 736249.408 |
| 14 | PT | 01+102.59 | 9678978.287 | 736185.826 |
| | PI | 01+089.480 | 9678987.796 | 736195.789 |
| | PC | 01+075.71 | 9678990.862 | 736209.216 |
| 15 | PT | 01+180.23 | 9678920.916 | 736134.424 |
| | PI | 01+165.830 | 9678934.625 | 736140.078 |
| | PC | 01+151.00 | 9678944.863 | 736150.805 |
| 16 | PT | 01+245.20 | 9678860.081 | 736112.143 |
| | PI | 01+235.690 | 9678869.64 | 736113.274 |
| | PC | 01+226.06 | 9678878.538 | 736116.943 |

| CURVAS VERTICALES | | | |
|-------------------|-------|-----------|----------|
| CURVA | PUNTO | ABSCISA | COTA |
| 1 | PCV | 00+022.00 | 2897.866 |
| | PIV | 00+040.00 | 2897.956 |
| | PTV | 00+058.00 | 2895.886 |
| 2 | PCV | 00+101.25 | 2890.912 |
| | PIV | 00+125.00 | 2888.181 |
| | PTV | 00+148.75 | 2887.706 |
| 3 | PCV | 00+175.00 | 2887.181 |
| | PIV | 00+190.00 | 2886.881 |
| | PTV | 00+205.00 | 2885.081 |
| 4 | PCV | 00+307.5 | 2872.781 |
| | PIV | 00+330.00 | 2870.081 |
| | PTV | 00+352.5 | 2869.406 |
| 5 | PCV | 00+397.5 | 2868.056 |
| | PIV | 00+435.00 | 2866.931 |
| | PTV | 00+472.5 | 2871.431 |
| 6 | PCV | 00+632.25 | 2890.601 |
| | PIV | 00+660.00 | 2893.931 |
| | PTV | 00+687.75 | 2892.127 |
| 7 | PCV | 00+861.75 | 2880.817 |
| | PIV | 00+870.00 | 2880.281 |
| | PTV | 00+878.25 | 2879.291 |
| 8 | PCV | 00+981.25 | 2866.913 |
| | PIV | 01+035.00 | 2860.481 |
| | PTV | 01+088.75 | 2865.587 |



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía
UZHOC-GRANDA, Parroquia Jadán,
Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay

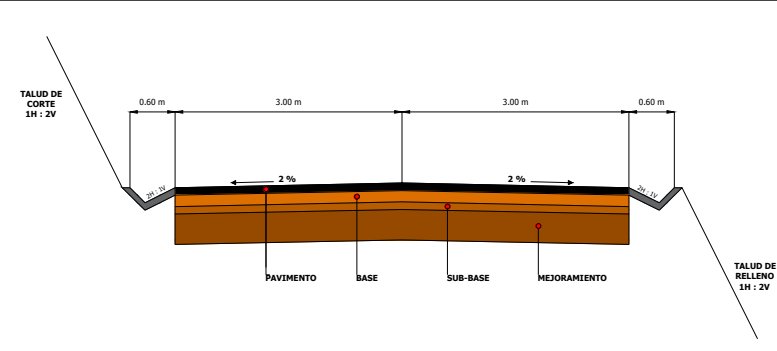
Ubicación: Parroquia Jadán, Cantón
Gualaceo, Provincia del Azuay

Contenido: Trazado Horizontal y
Vertical km 0+740 - km 1+257

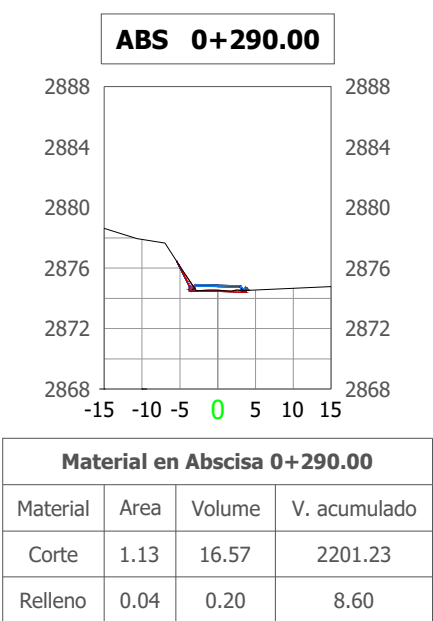
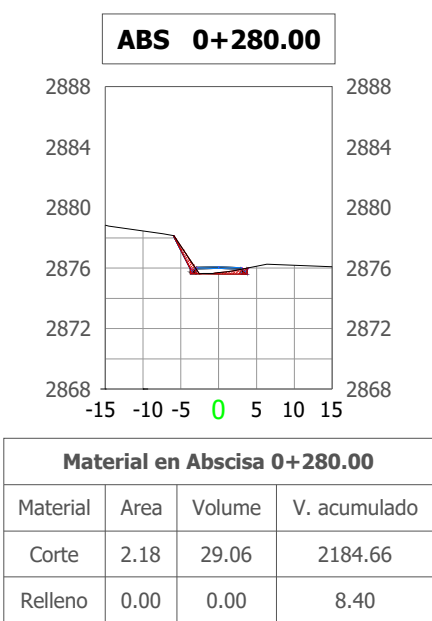
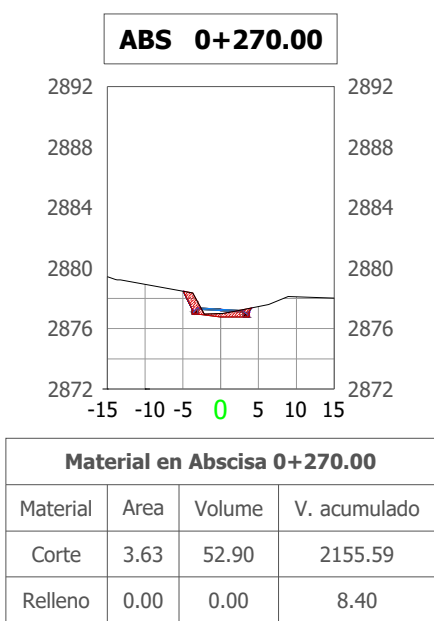
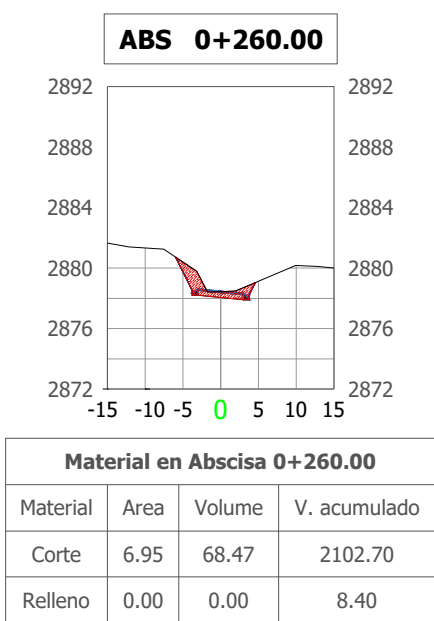
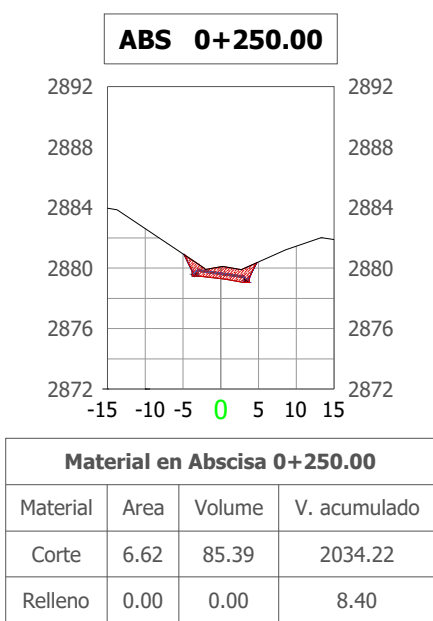
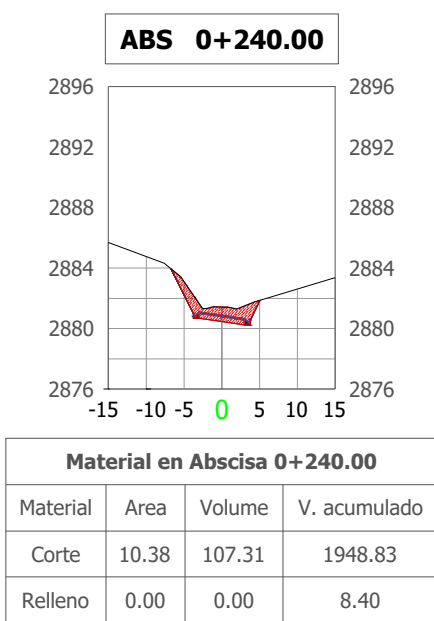
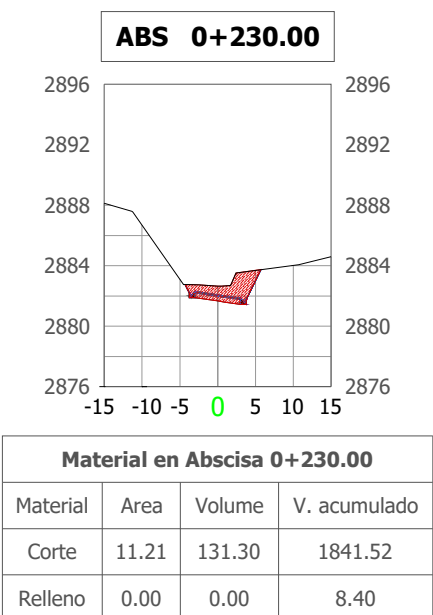
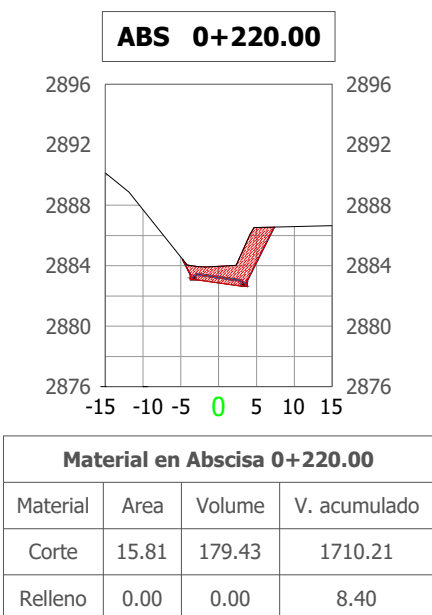
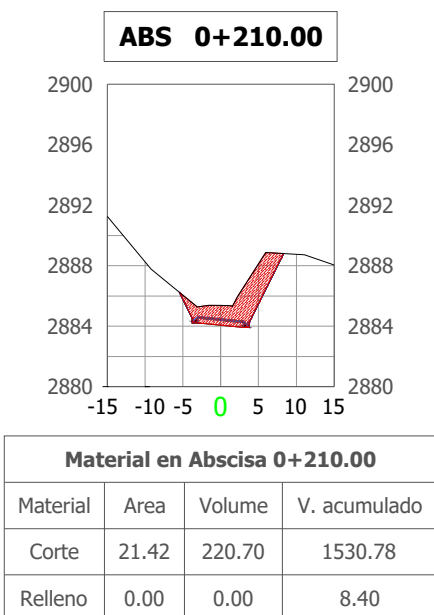
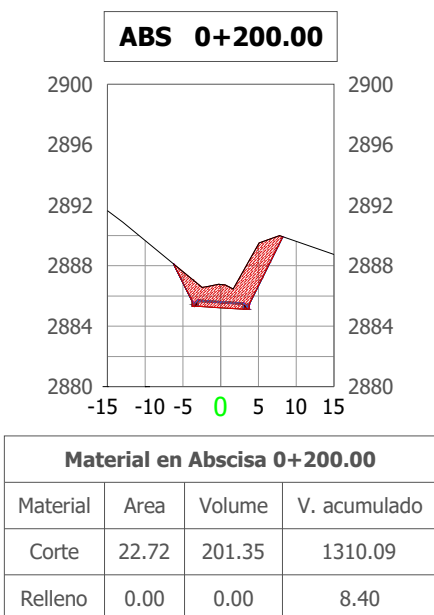
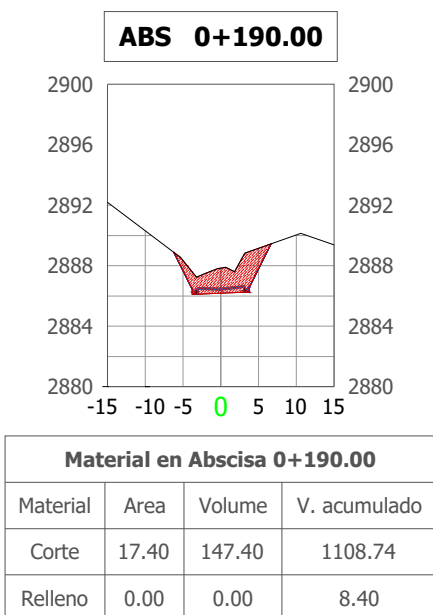
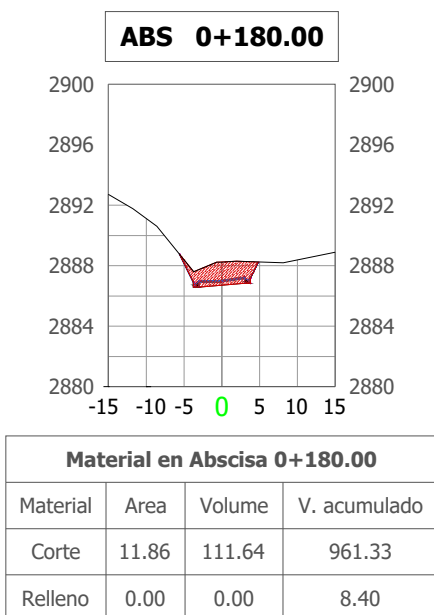
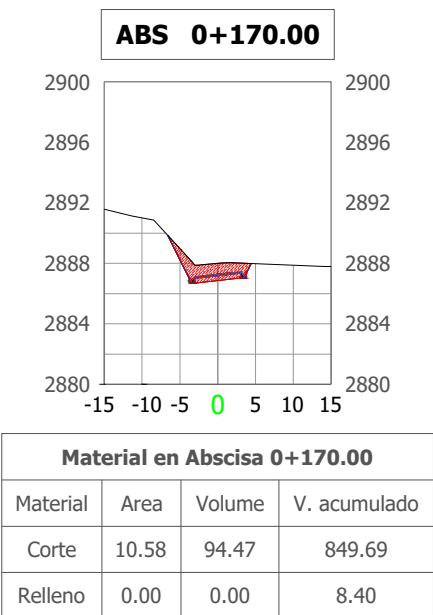
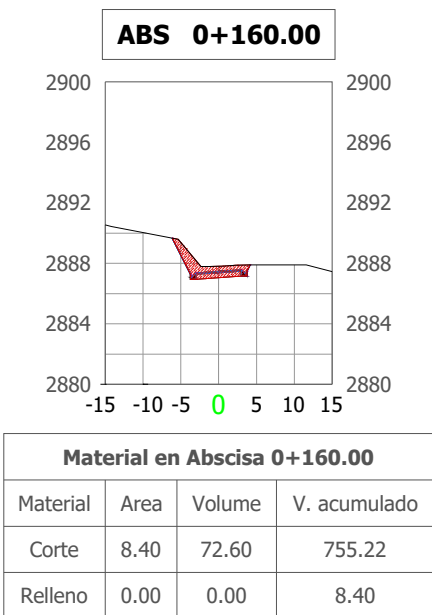
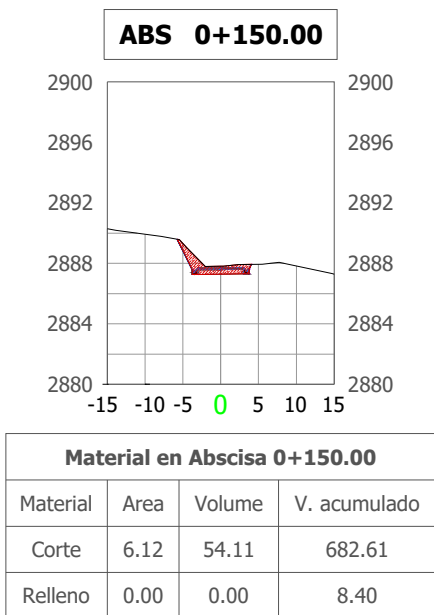
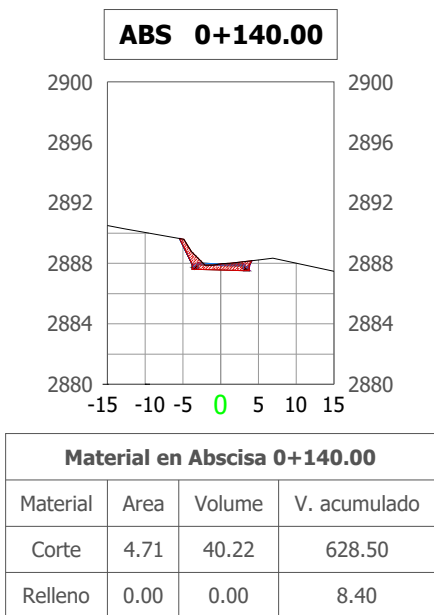
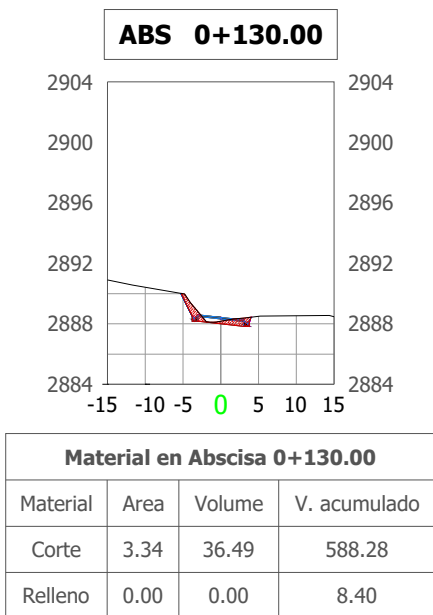
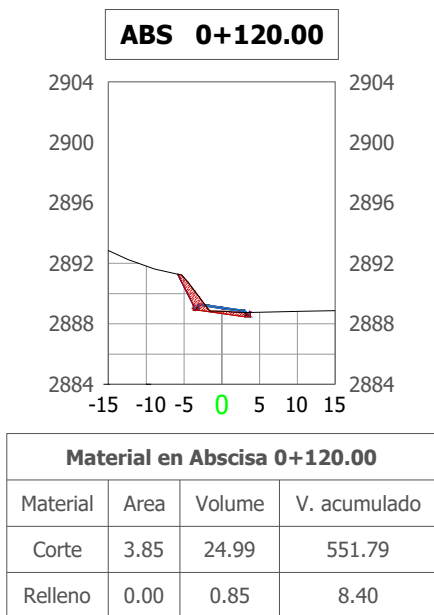
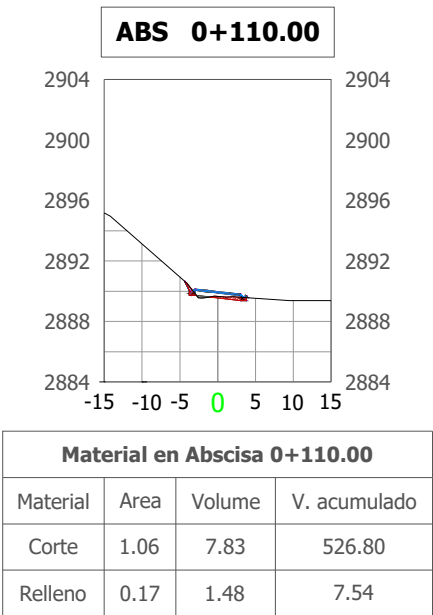
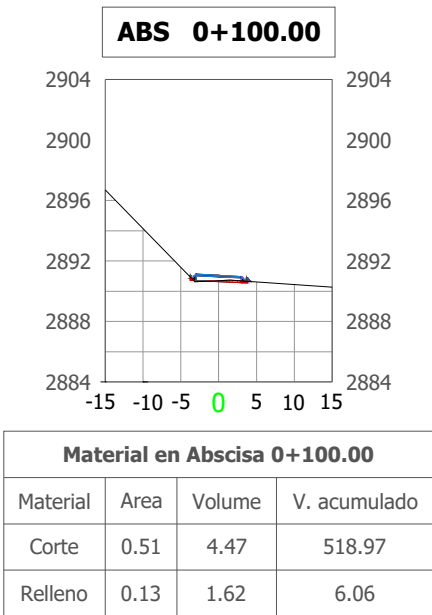
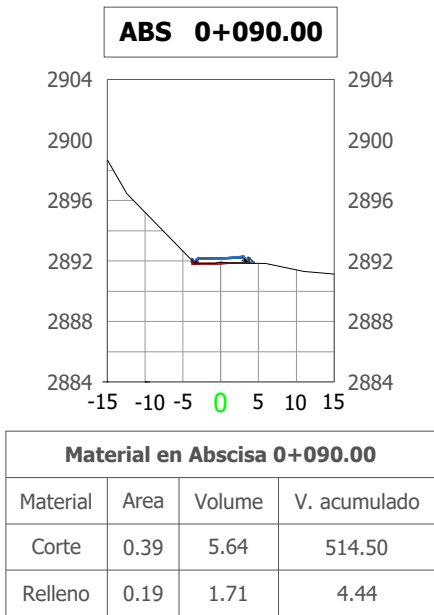
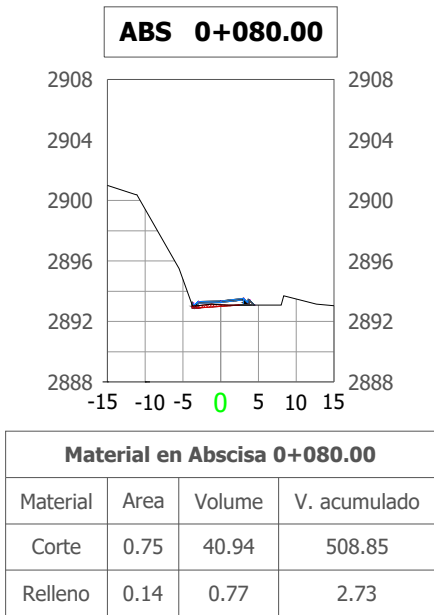
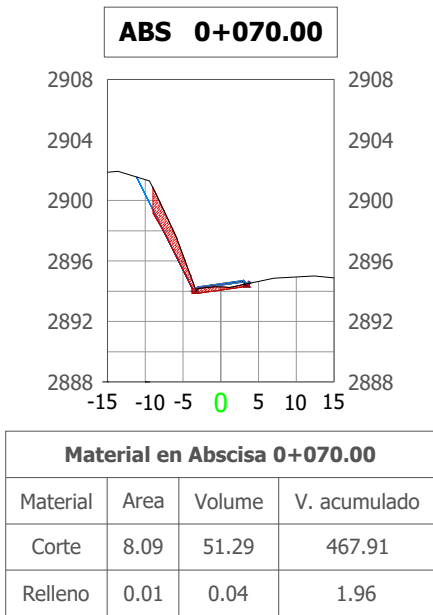
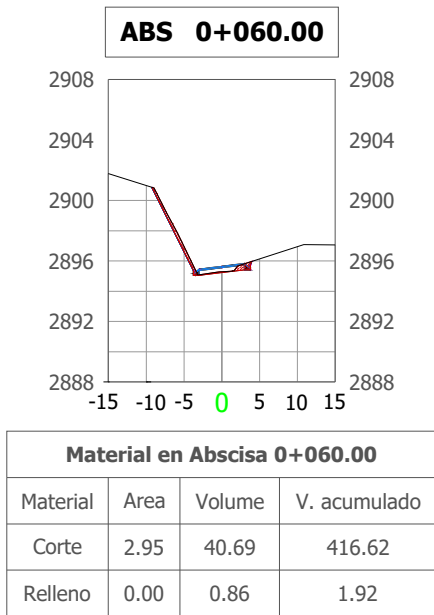
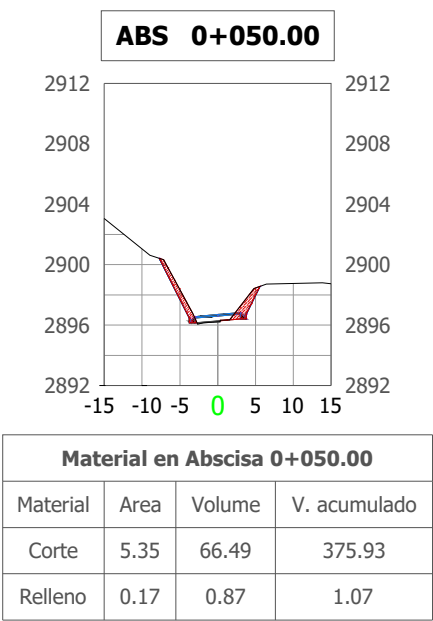
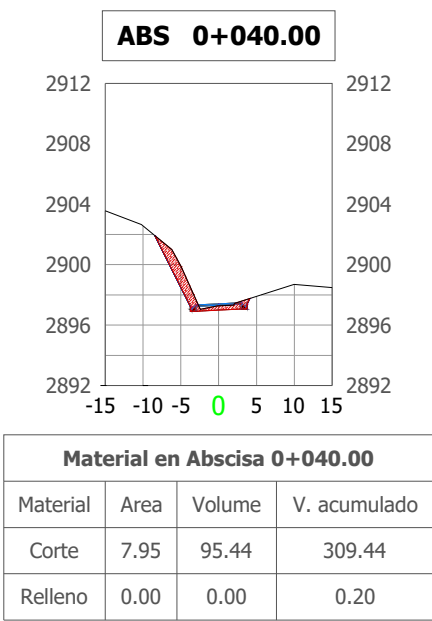
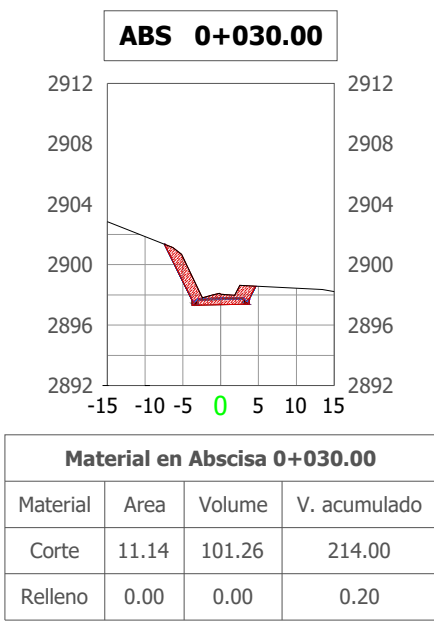
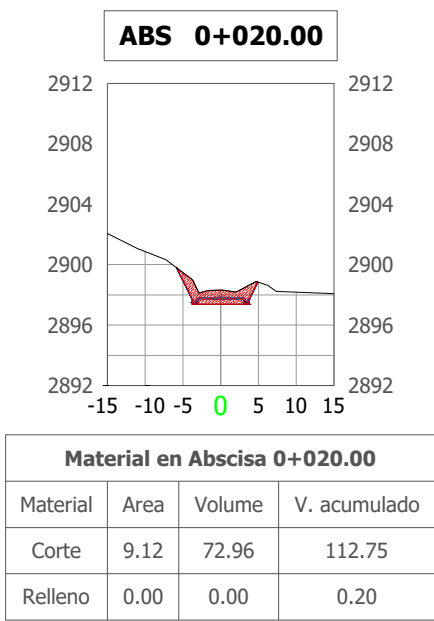
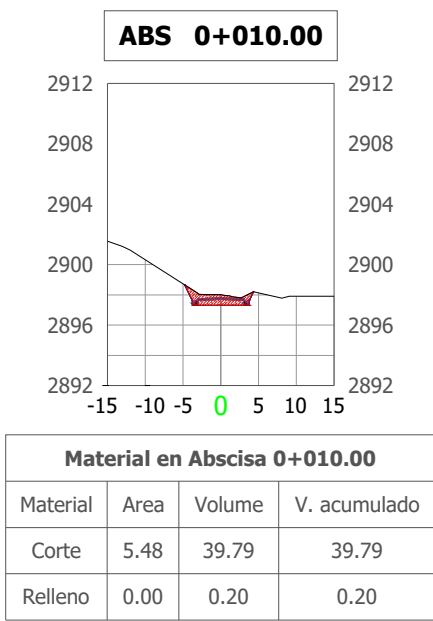
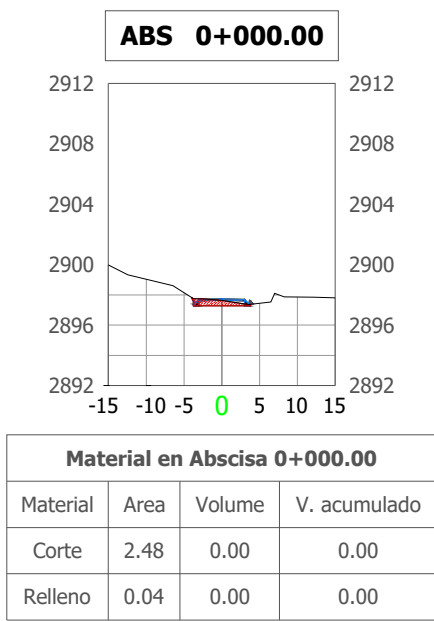
Realizado por:
Christian Javier Lucero Zhispón
Daniela Noemí Bermeo Barros

Fecha: Julio - 2023

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|------------------|
| | Ancho de calzada |
| | Eje de vía |
| | Terreno |



| | | |
|--------------------------------------|---|-----------------------|
| Espesores de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: 3 in | |
| | Capa Base: 6 in | |
| | Capa Sub-Base: 4 in | |
| | Capa Mejoramiento: 22 in | |
| Materiales de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: Pavimento Flexible | |
| | Capa Base: Base Granular Clase 1 | |
| | Capa Sub-Base: Base Granular Clase 3 | |
| | Capa Mejoramiento: Material de Préstamo | |
| ALCANTARILLAS | | |
| ABSCISA | DIÁMETRO (mm) | Pendiente transv. (%) |
| 00+190.00 | 900 | 2.00 |
| 00+435.00 | 900 | 2.00 |
| 00+870.00 | 900 | 2.00 |
| 01+035.00 | 900 | 2.00 |
| Lámina | 2/2 | |



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía UZHOC-GRANDA, Parroquia Jadán, Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay

Ubicación: Parroquia Jadán, Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay

Contenido: Secciones Transversales (Corte y Relleno)

Realizado por:
Christian Javier Lucero Zhipsón
Daniela Noemi Bermeo Barros

Fecha: Julio - 2023

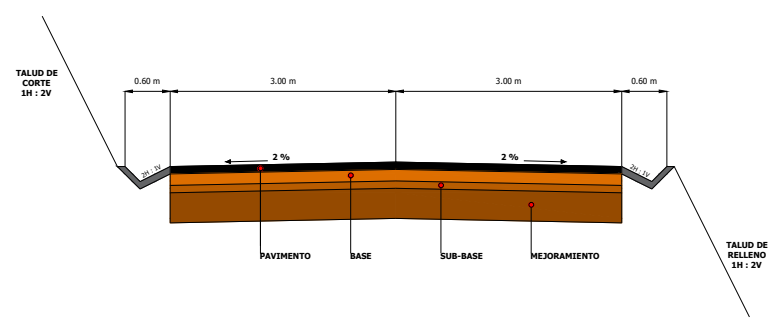
| TABLA DE VOLUMEN TOTAL | | | | | | |
|------------------------|--------------|------------|-----------------|---------------|----------------------|--------------------|
| ABSCISA | ÁREA RELLENO | ÁREA CORTE | VOLUMEN RELLENO | VOLUMEN CORTE | V. RELLENO ACUMULADO | V. CORTE ACUMULADO |
| 0+000.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 2.48 | 0.00 | 0.00 |
| 0+010.00 | 0.00 | 5.48 | 0.20 | 39.79 | 0.20 | 39.79 |
| 0+020.00 | 0.00 | 9.12 | 0.00 | 72.96 | 0.20 | 112.75 |
| 0+030.00 | 0.00 | 11.14 | 0.00 | 101.26 | 0.20 | 214.00 |
| 0+040.00 | 0.00 | 7.95 | 0.00 | 95.44 | 0.20 | 309.44 |
| 0+050.00 | 0.17 | 5.35 | 0.87 | 66.49 | 1.07 | 375.93 |
| 0+060.00 | 0.00 | 2.95 | 0.86 | 40.69 | 1.92 | 416.62 |
| 0+070.00 | 0.01 | 8.09 | 0.04 | 51.29 | 1.96 | 467.91 |
| 0+080.00 | 0.14 | 0.75 | 0.77 | 40.94 | 2.73 | 508.85 |
| 0+090.00 | 0.19 | 0.39 | 1.71 | 5.64 | 4.44 | 514.50 |
| 0+100.00 | 0.13 | 0.51 | 1.62 | 4.47 | 6.06 | 518.97 |
| 0+110.00 | 0.17 | 1.06 | 1.48 | 7.83 | 7.54 | 526.80 |
| 0+120.00 | 0.00 | 3.85 | 0.85 | 24.99 | 8.40 | 551.79 |
| 0+130.00 | 0.00 | 3.34 | 0.00 | 36.49 | 8.40 | 588.28 |
| 0+140.00 | 0.00 | 4.71 | 0.00 | 40.22 | 8.40 | 628.50 |
| 0+150.00 | 0.00 | 6.12 | 0.00 | 54.11 | 8.40 | 682.61 |
| 0+160.00 | 0.00 | 8.40 | 0.00 | 72.60 | 8.40 | 755.22 |
| 0+170.00 | 0.00 | 10.58 | 0.00 | 94.47 | 8.40 | 849.69 |
| 0+180.00 | 0.00 | 11.86 | 0.00 | 111.64 | 8.40 | 961.33 |
| 0+190.00 | 0.00 | 17.40 | 0.00 | 147.40 | 8.40 | 1108.74 |
| 0+200.00 | 0.00 | 22.72 | 0.00 | 201.35 | 8.40 | 1310.09 |
| 0+210.00 | 0.00 | 21.42 | 0.00 | 220.70 | 8.40 | 1530.78 |
| 0+220.00 | 0.00 | 15.81 | 0.00 | 179.43 | 8.40 | 1710.21 |
| 0+230.00 | 0.00 | 11.21 | 0.00 | 131.30 | 8.40 | 1841.52 |
| 0+240.00 | 0.00 | 10.38 | 0.00 | 107.31 | 8.40 | 1948.83 |
| 0+250.00 | 0.00 | 6.62 | 0.00 | 85.39 | 8.40 | 2034.22 |
| 0+260.00 | 0.00 | 6.95 | 0.00 | 68.47 | 8.40 | 2102.70 |
| 0+270.00 | 0.00 | 3.63 | 0.00 | 52.90 | 8.40 | 2155.59 |
| 0+280.00 | 0.00 | 2.18 | 0.00 | 29.06 | 8.40 | 2184.66 |
| 0+290.00 | 0.04 | 1.13 | 0.20 | 16.57 | 8.60 | 2201.23 |

SIMBOLOGÍA

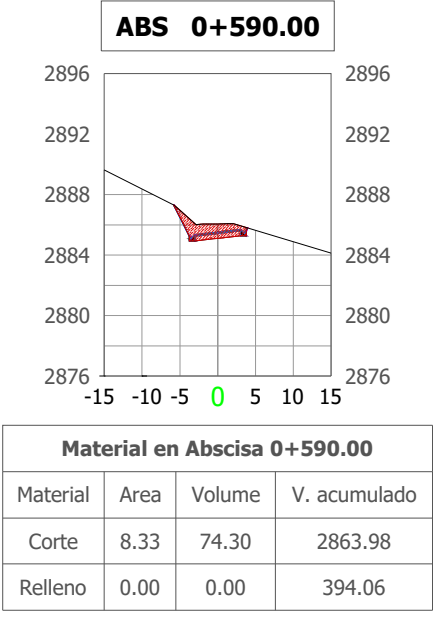
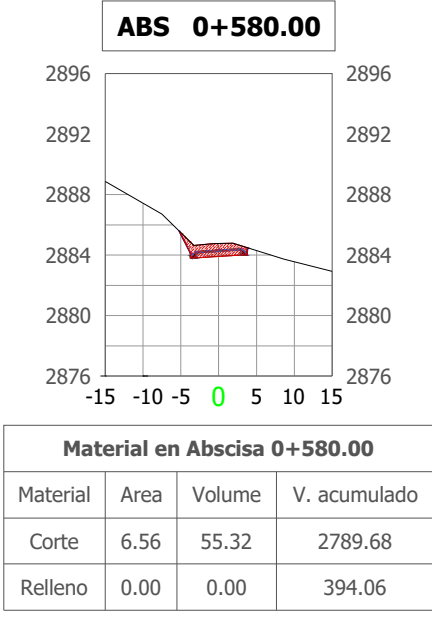
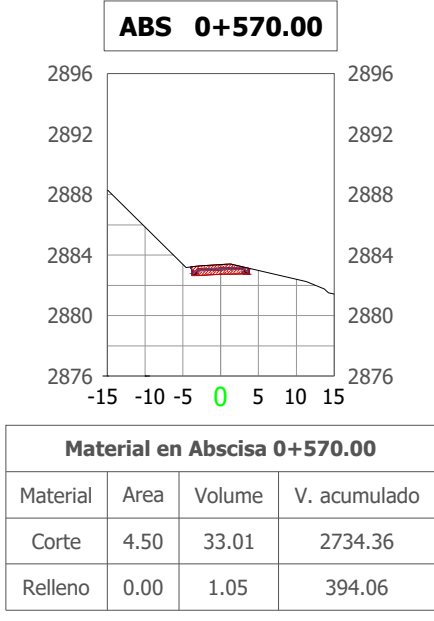
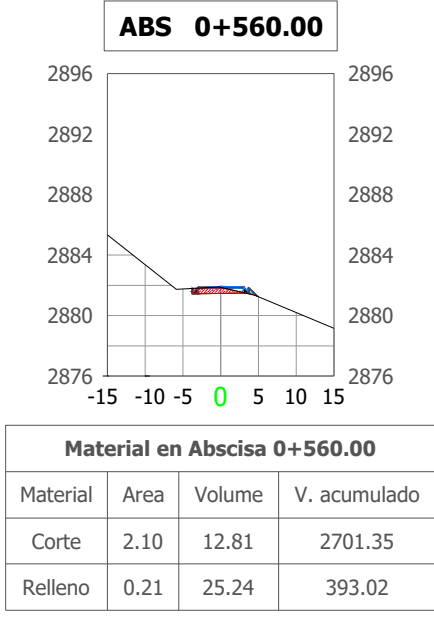
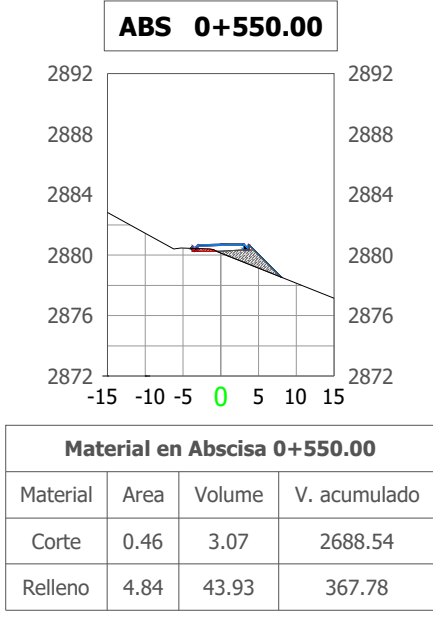
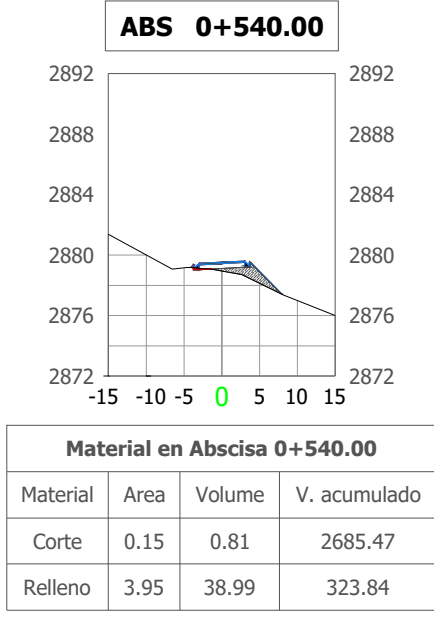
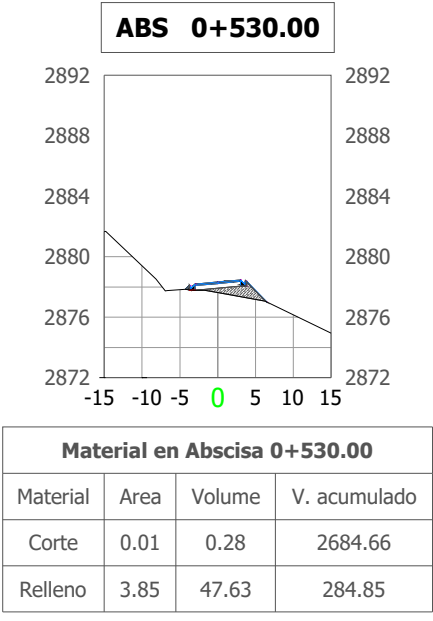
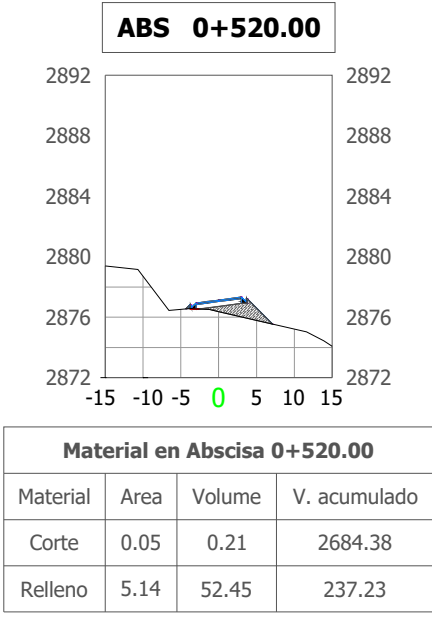
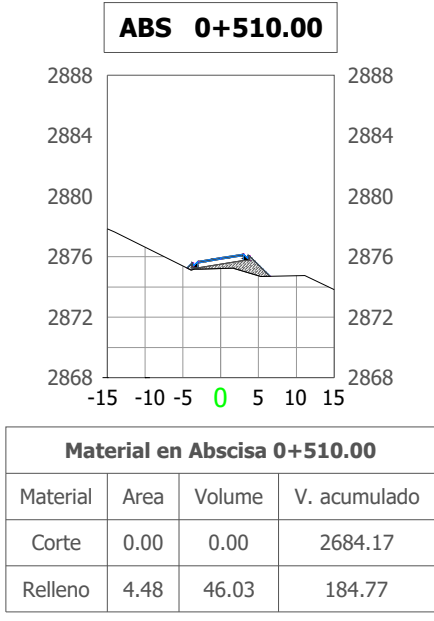
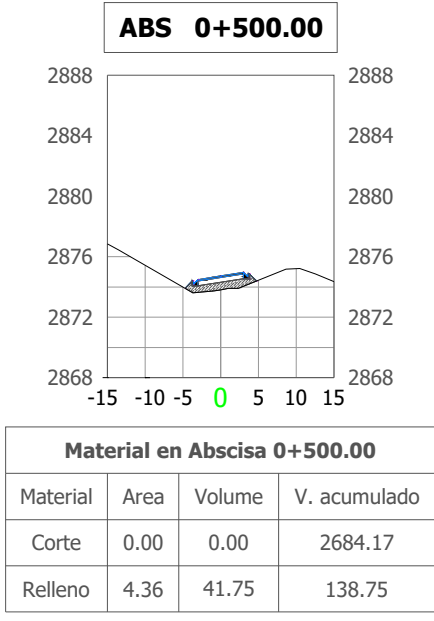
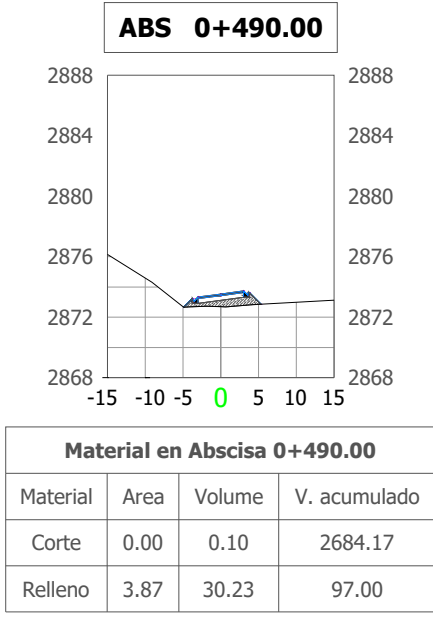
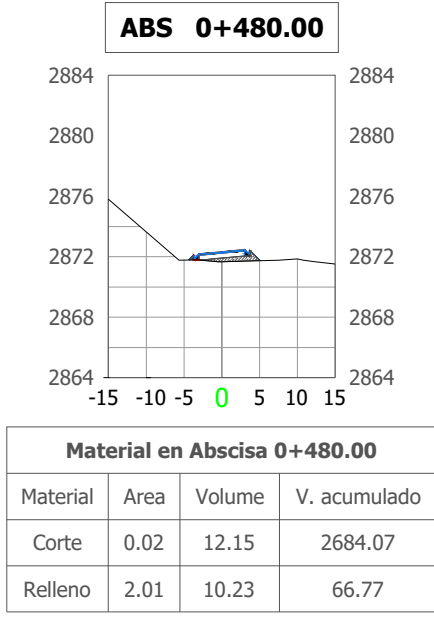
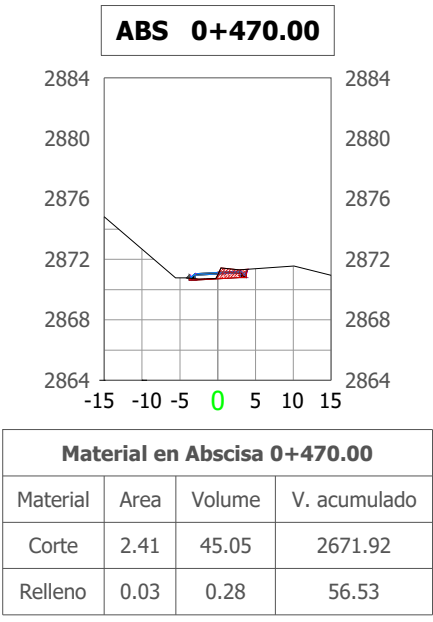
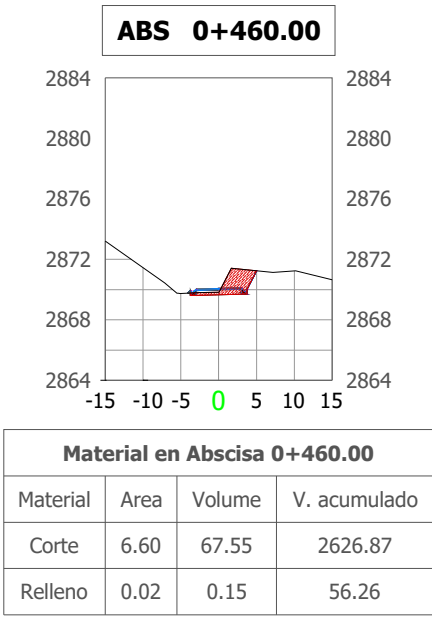
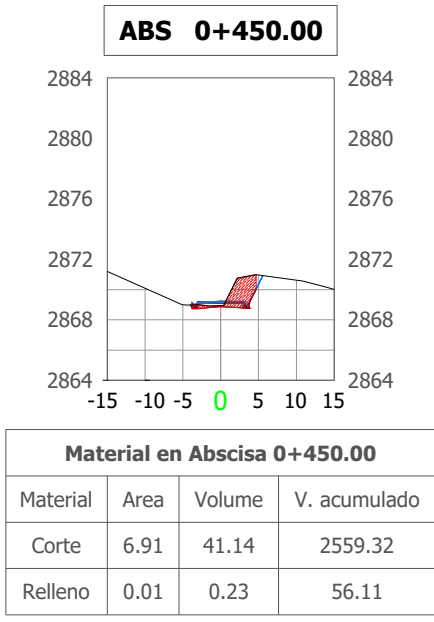
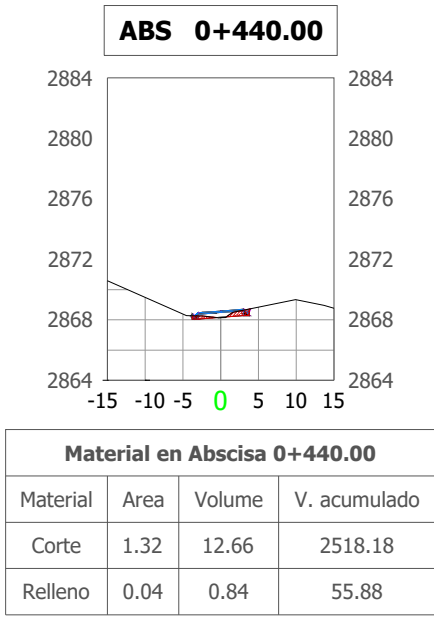
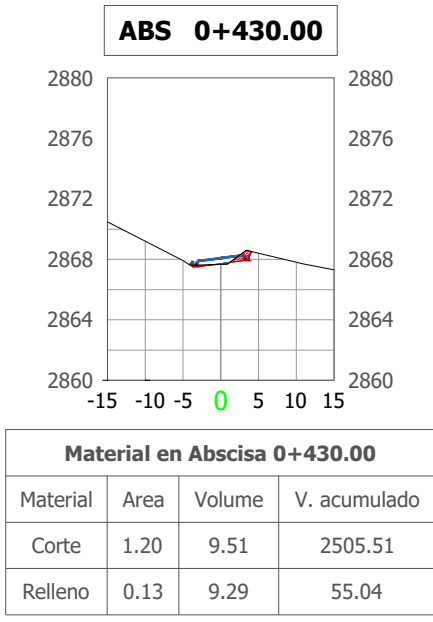
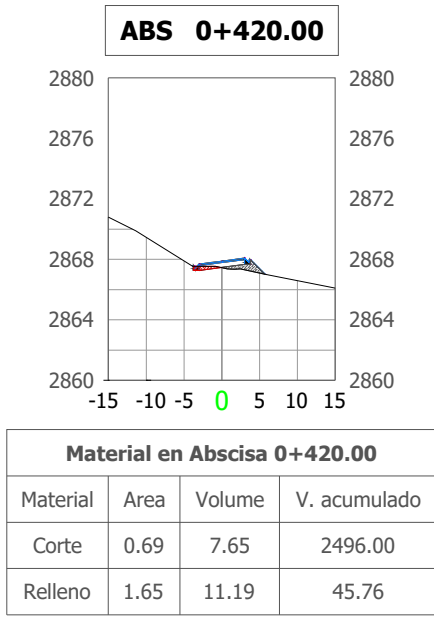
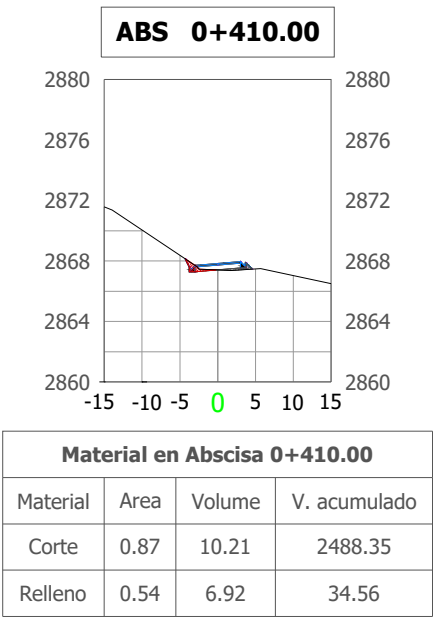
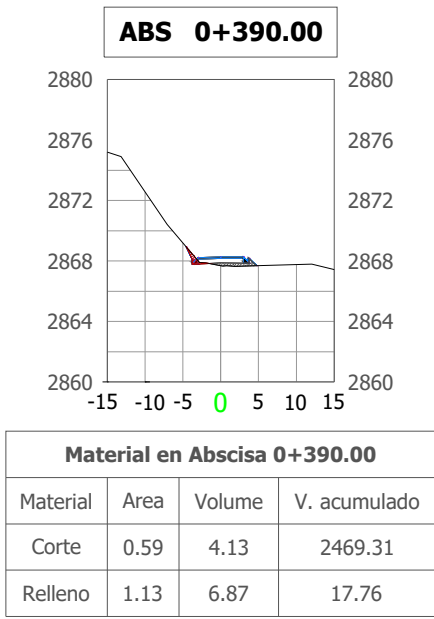
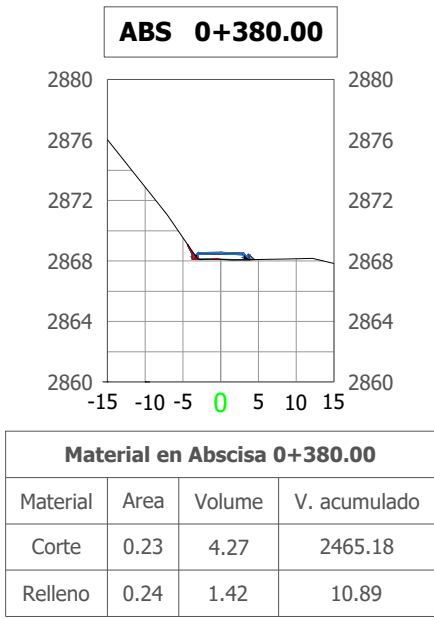
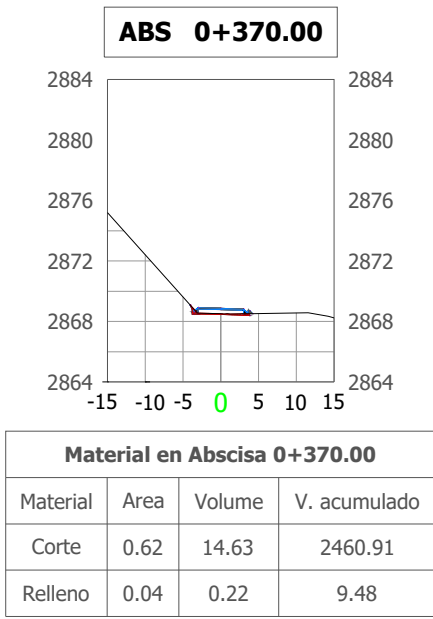
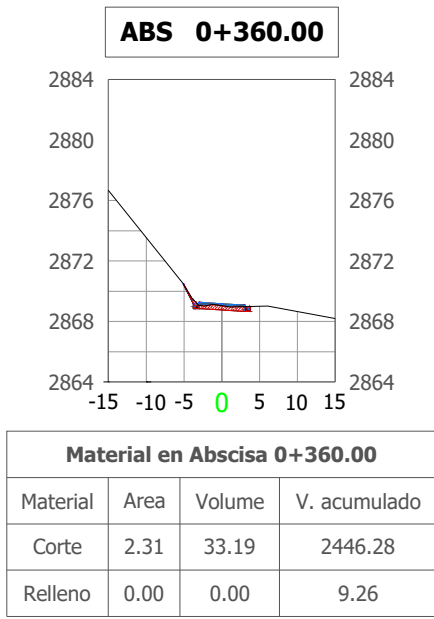
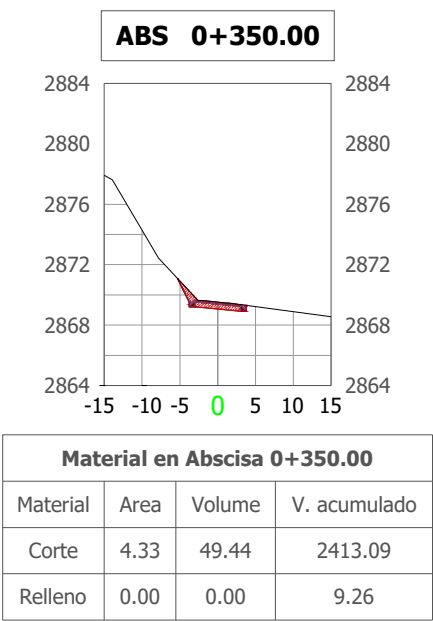
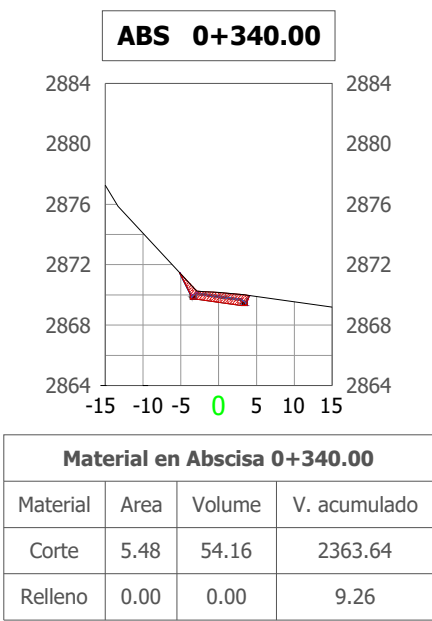
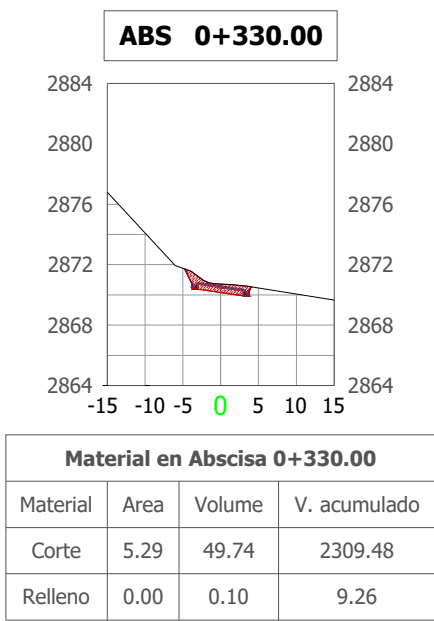
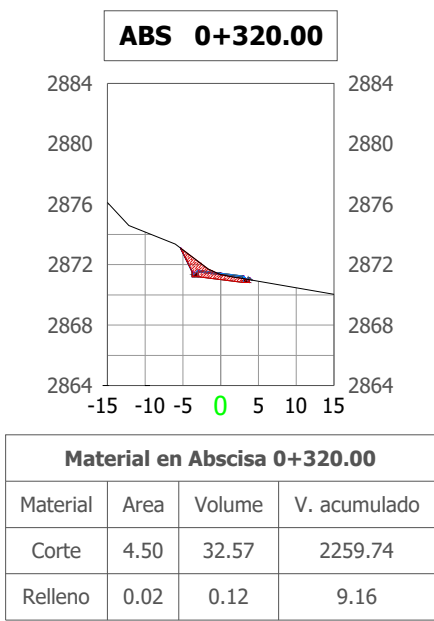
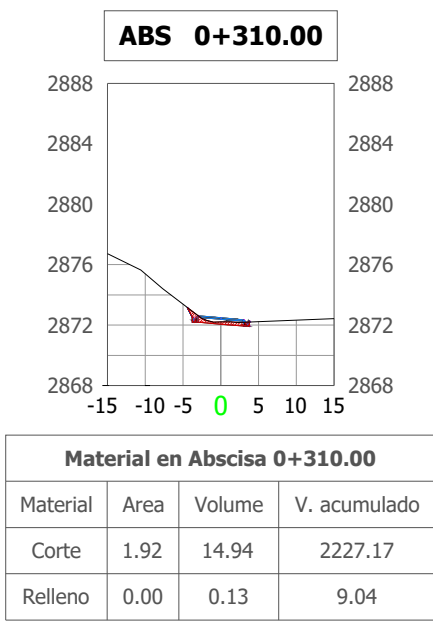
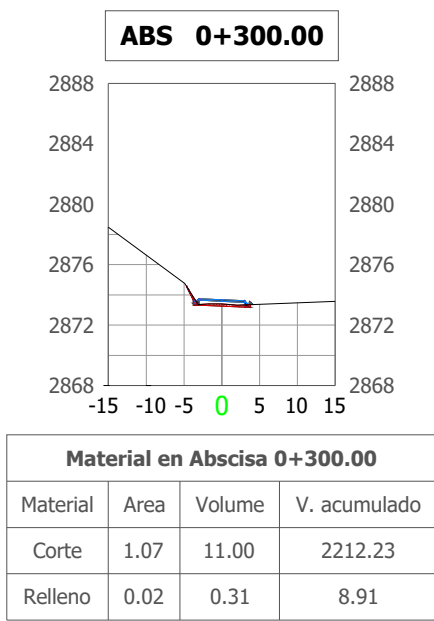
| | |
|--|---------|
| | Corte |
| | Relleno |

Sección Transversal Típica

Esc 1:100



| | |
|-------------------------------------|------------------------|
| Espesores de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: 3 in |
| | Capa Base: 6 in |
| | Capa Sub-Base: 4 in |
| | Capa Mejoramiento: 22 |



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía
UZHOC-GRANDA, Parroquia Jadán,
Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay

Ubicación: Parroquia Jadán, Cantón
Gualaceo, Provincia del Azuay

Contenido: Secciones Transversales
(Corte y Relleno)

Realizado por:
Christian Javier Lucero Zhispón
Daniela Noemi Bermeo Barros

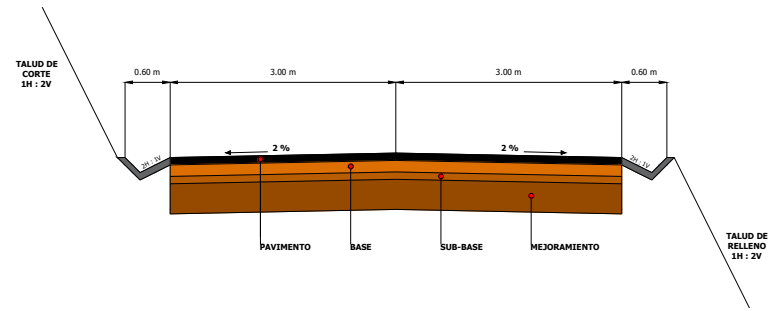
Fecha: Julio - 2023

| TABLA DE VOLUMEN TOTAL | | | | | | |
|------------------------|--------------|------------|-----------------|---------------|----------------------|--------------------|
| ABSCISA | ÁREA RELLENO | ÁREA CORTE | VOLUMEN RELLENO | VOLUMEN CORTE | V. RELLENO ACUMULADO | V. CORTE ACUMULADO |
| 0+300.00 | 0.00 | 1.07 | 0.31 | 11.00 | 8.91 | 2212.23 |
| 0+310.00 | 0.00 | 1.92 | 0.13 | 14.84 | 9.04 | 2227.17 |
| 0+320.00 | 0.02 | 4.50 | 0.12 | 32.57 | 9.16 | 2259.74 |
| 0+330.00 | 0.00 | 5.29 | 0.00 | 49.74 | 9.26 | 2309.48 |
| 0+340.00 | 0.00 | 5.48 | 0.00 | 54.16 | 9.26 | 2363.64 |
| 0+350.00 | 0.00 | 4.33 | 0.00 | 49.44 | 9.26 | 2413.09 |
| 0+360.00 | 0.00 | 2.31 | 0.00 | 33.19 | 9.26 | 2446.28 |
| 0+370.00 | 0.04 | 0.62 | 0.22 | 14.63 | 9.48 | 2460.91 |
| 0+380.00 | 0.24 | 0.23 | 1.42 | 4.27 | 10.89 | 2465.18 |
| 0+390.00 | 1.13 | 0.59 | 6.87 | 4.13 | 17.76 | 2469.31 |
| 0+400.00 | 0.84 | 1.18 | 9.88 | 8.84 | 27.64 | 2478.14 |
| 0+410.00 | 0.54 | 0.87 | 6.92 | 10.21 | 34.56 | 2488.35 |
| 0+420.00 | 1.65 | 0.69 | 11.19 | 7.65 | 45.76 | 2496.00 |
| 0+430.00 | 0.13 | 1.20 | 9.29 | 9.51 | 55.04 | 2505.51 |
| 0+440.00 | 0.04 | 1.32 | 0.84 | 12.66 | 55.88 | 2518.18 |
| 0+450.00 | 0.01 | 6.91 | 0.23 | 41.14 | 56.11 | 2559.32 |
| 0+460.00 | 0.02 | 6.60 | 0.15 | 67.55 | 56.26 | 2626.87 |
| 0+470.00 | 0.03 | 2.41 | 0.28 | 45.05 | 56.53 | 2671.92 |
| 0+480.00 | 2.01 | 0.02 | 10.23 | 12.15 | 66.77 | 2684.07 |
| 0+490.00 | 3.87 | 0.00 | 30.23 | 0.10 | 97.00 | 2684.17 |
| 0+500.00 | 4.36 | 0.00 | 41.75 | 0.00 | 138.75 | 2684.17 |
| 0+510.00 | 4.48 | 0.00 | 46.03 | 0.00 | 184.77 | 2684.17 |
| 0+520.00 | 5.14 | 0.05 | 52.45 | 0.21 | 237.23 | 2684.38 |
| 0+530.00 | 3.85 | 0.01 | 47.63 | 0.28 | 284.85 | 2684.66 |
| 0+540.00 | 3.95 | 0.15 | 38.99 | 0.81 | 323.84 | 2685.47 |
| 0+550.00 | 4.84 | 0.46 | 43.93 | 3.07 | 367.78 | 2688.54 |
| 0+560.00 | 0.21 | 2.10 | 25.24 | 12.81 | 393.02 | 2701.35 |
| 0+570.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 | 33.01 | 394.06 | 2734.36 |
| 0+580.00 | 0.00 | 6.56 | 0.00 | 55.32 | 394.06 | 2789.68 |
| 0+590.00 | 0.00 | 8.33 | 0.00 | 74.30 | 394.06 | 2863.98 |

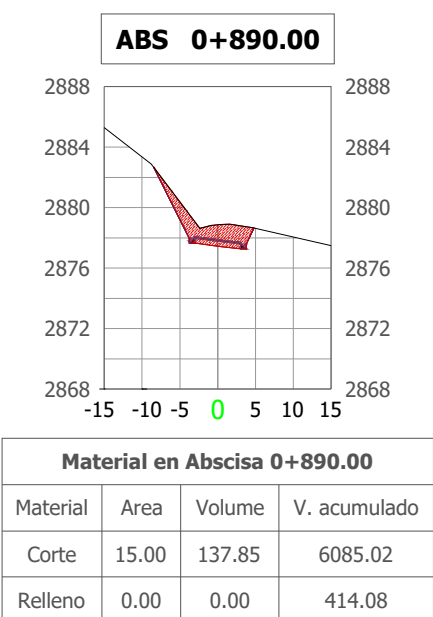
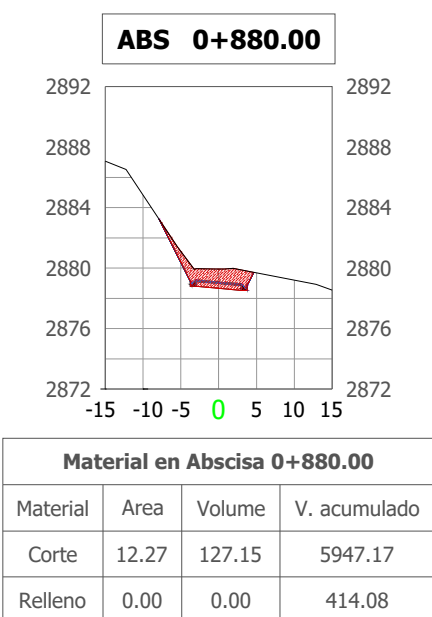
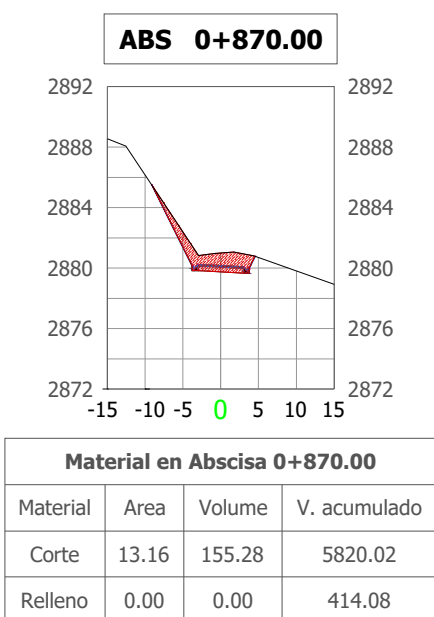
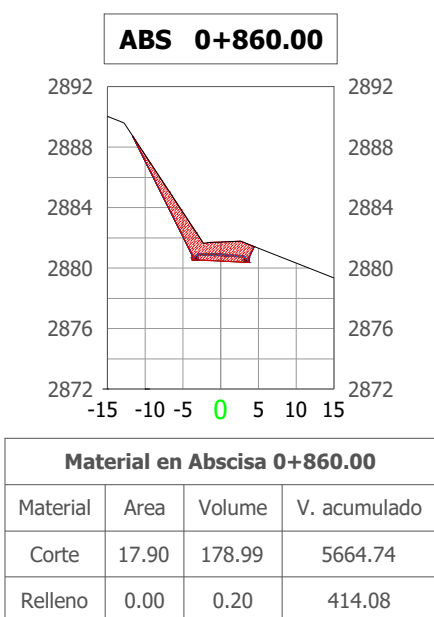
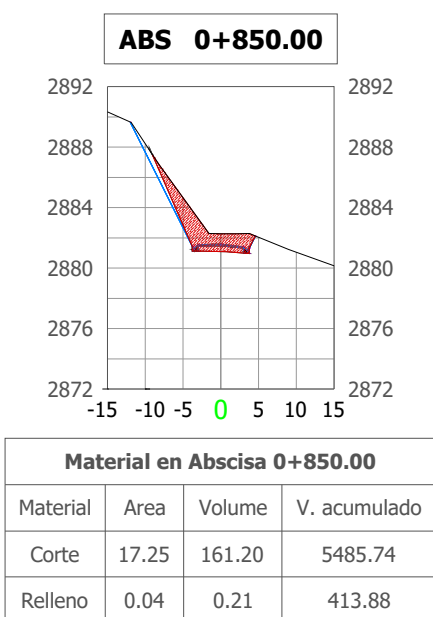
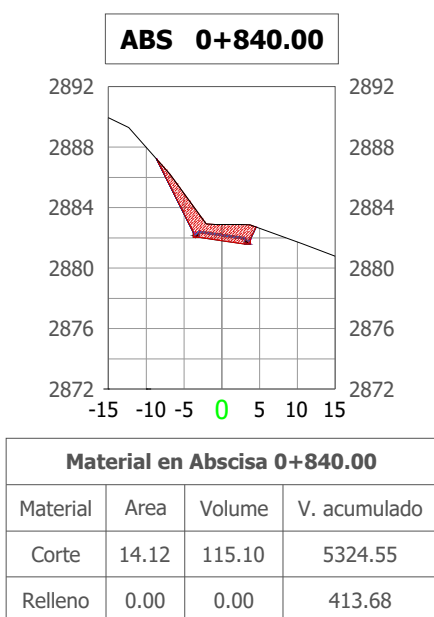
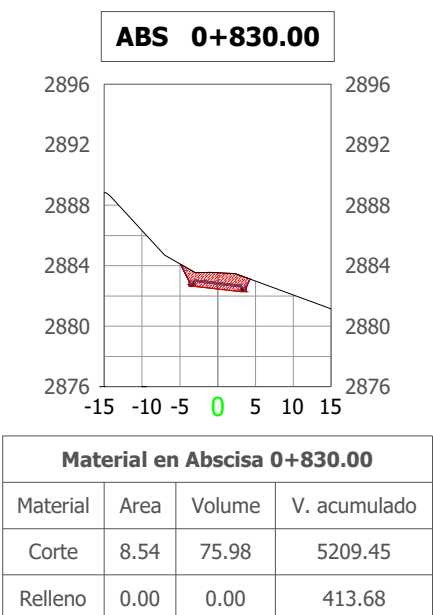
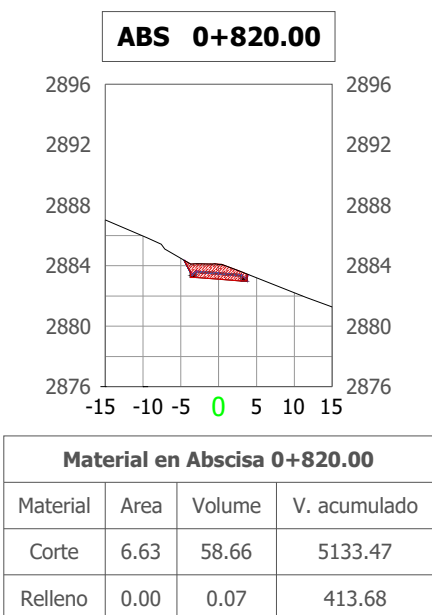
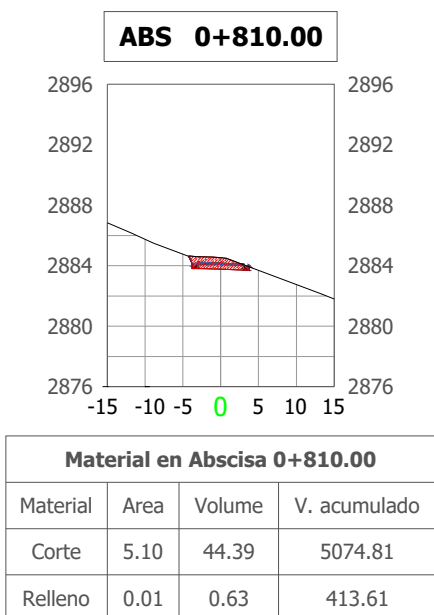
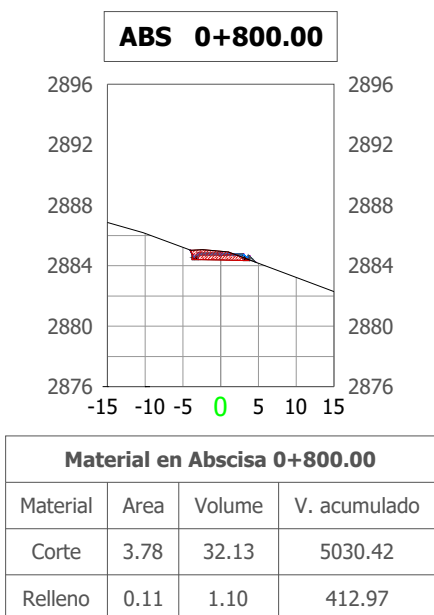
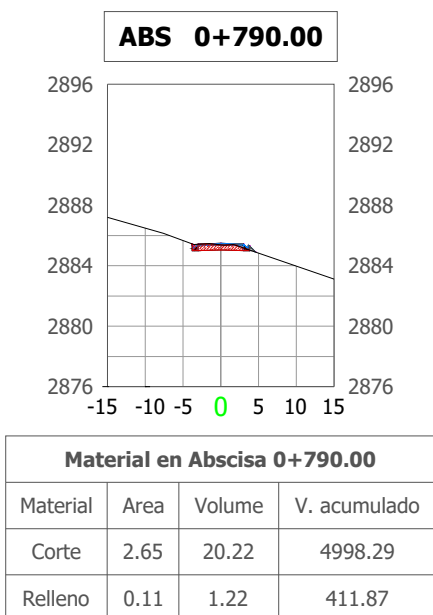
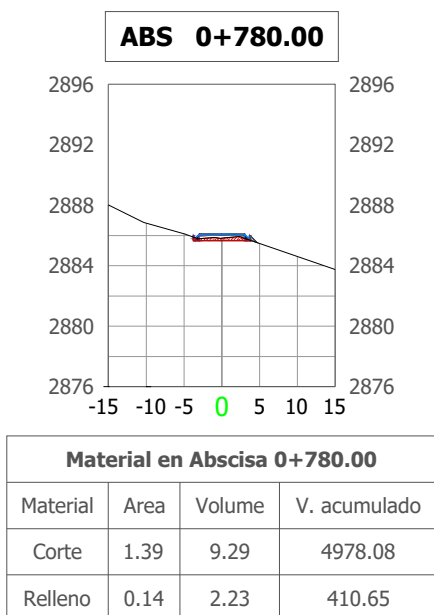
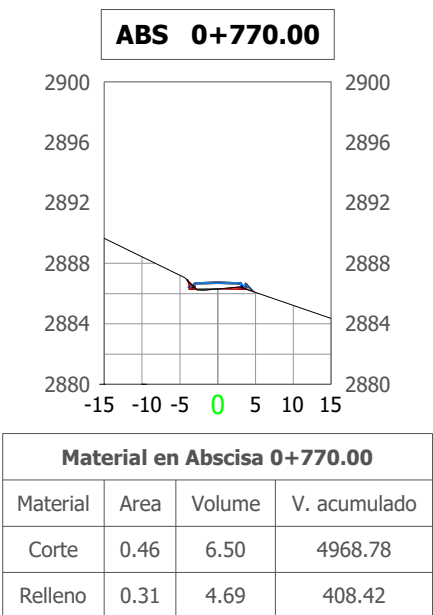
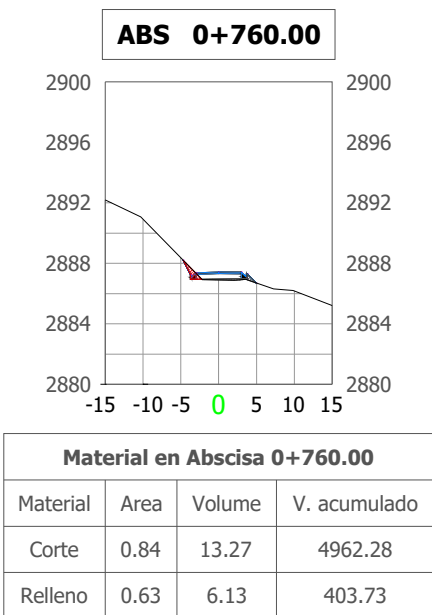
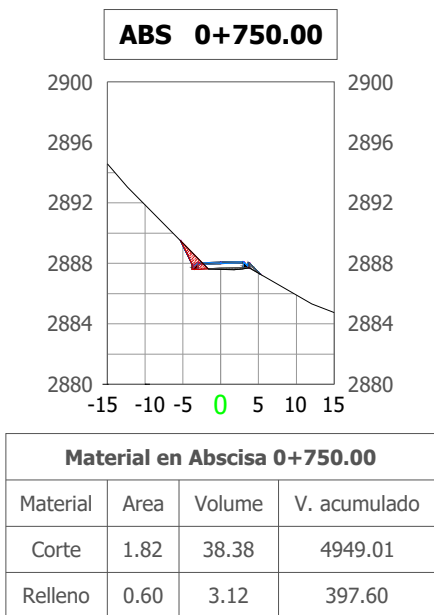
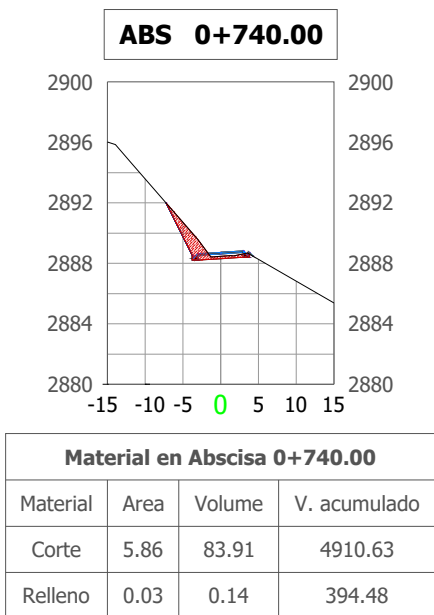
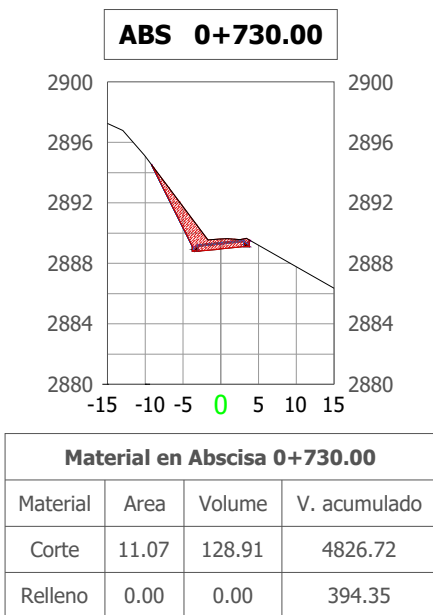
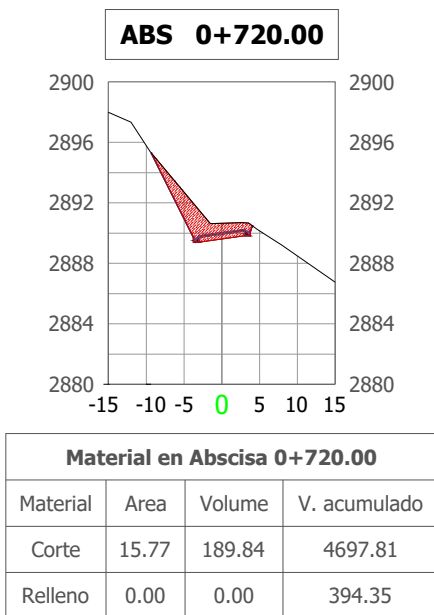
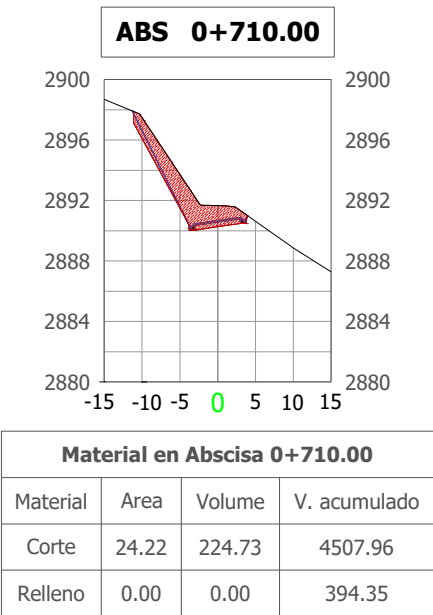
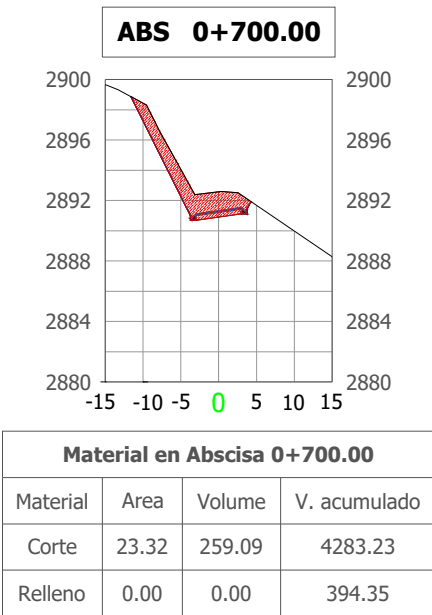
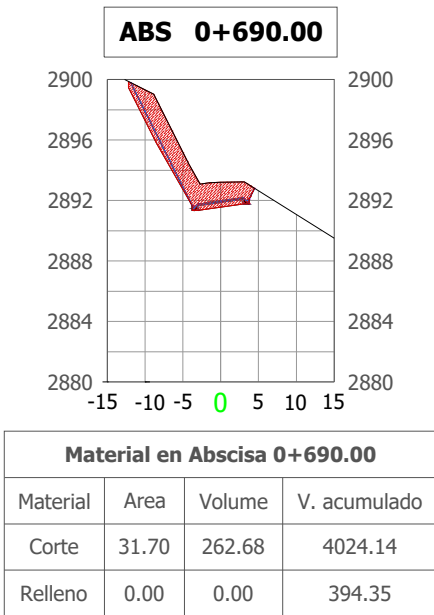
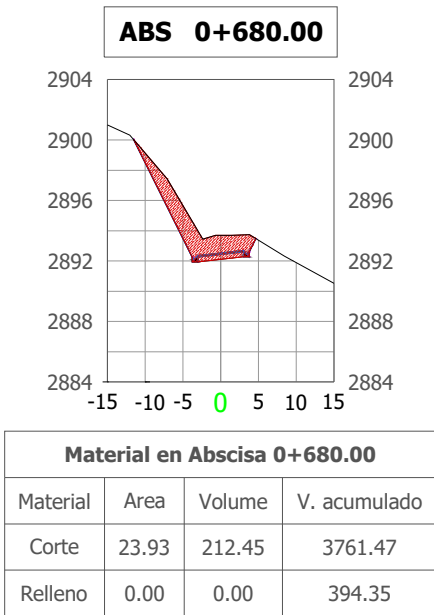
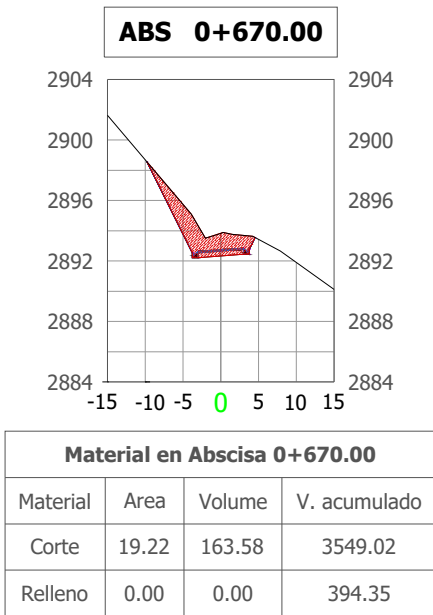
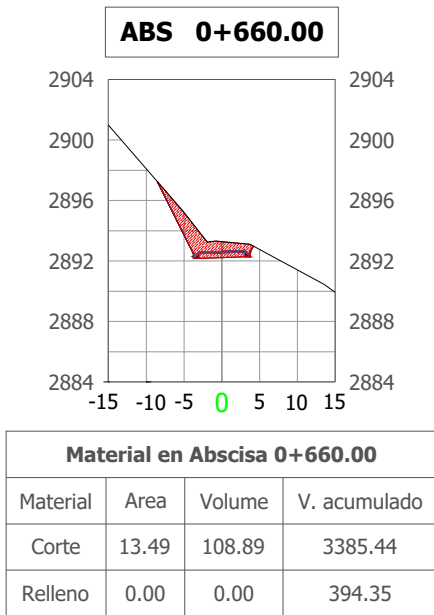
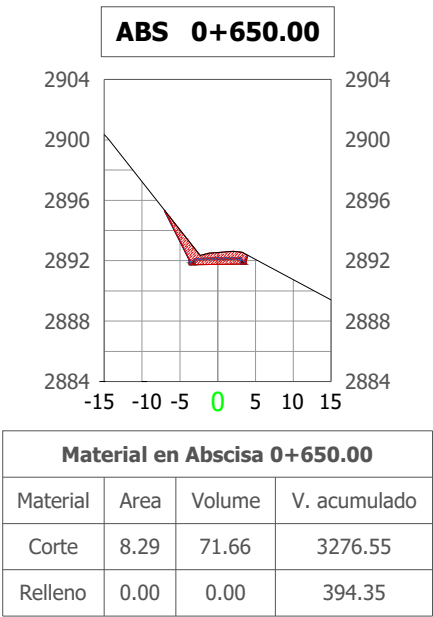
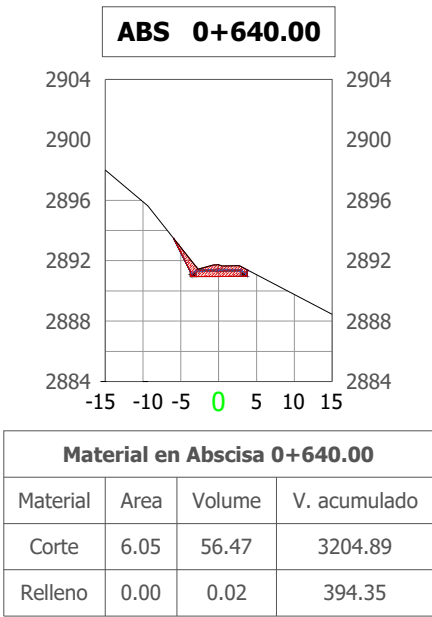
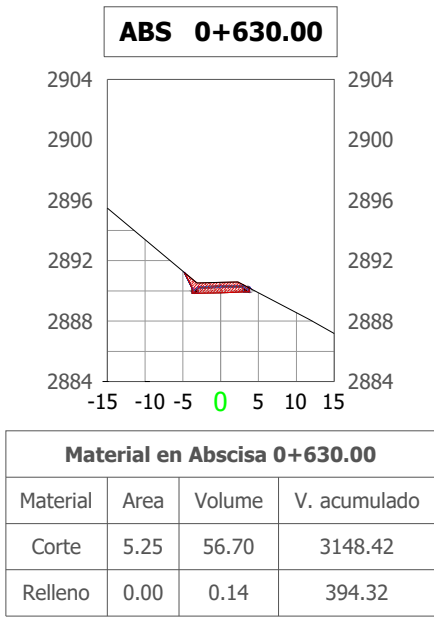
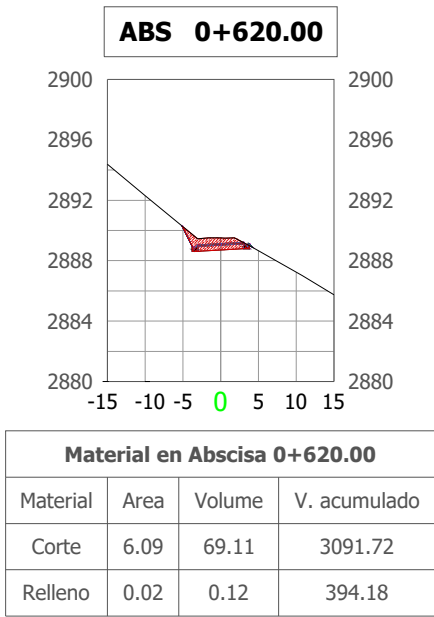
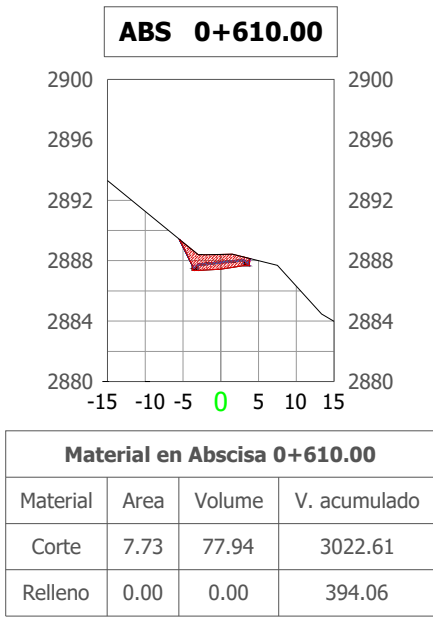
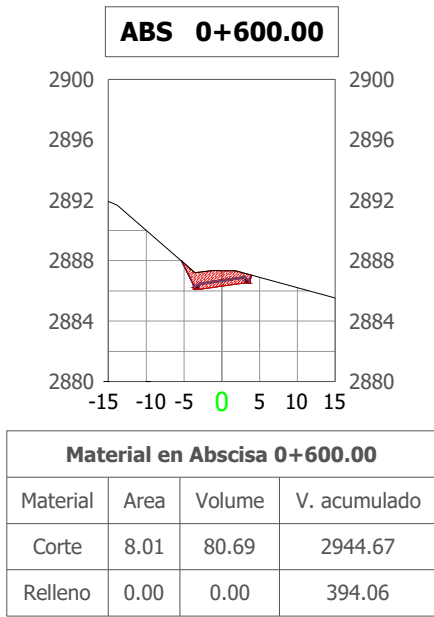
SIMBOLOGÍA

| | |
|--|---------|
| | Corte |
| | Relleno |

Sección Transversal Típica
Esc 1:100



| | |
|--------------------------------------|---|
| Espesores de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: 3 in |
| | Capa Base: 6 in |
| | Capa Sub-Base: 4 in |
| | Capa Mejoramiento: 22 in |
| Materiales de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: Pavimento Flexible |
| | Capa Base: Base Granular Clase 1 |
| | Capa Sub-Base: Base Granular Clase 3 |
| | Capa Mejoramiento: Material de Préstamo |
| Escala | 1:1000 |
| Lámina | 2/5 |



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía
UZHOC-GRANDA, Parroquia Jadán,
Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay

Ubicación: Parroquia Jadán, Cantón
Gualaceo, Provincia del Azuay

Contenido: Secciones Transversales
(Corte y Relleno)

Realizado por:
Christian Javier Lucero Zhipsón
Daniela Noemi Bermeo Barros

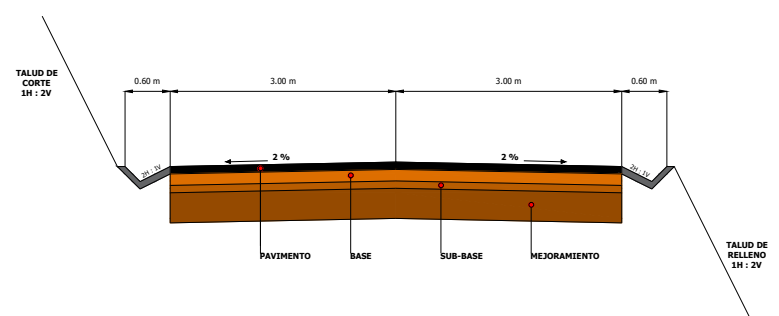
Fecha: Julio - 2023

| TABLA DE VOLUMEN TOTAL | | | | | |
|------------------------|--------------|------------|-----------------|--------------------|----------------------|
| ABSCISA | ÁREA RELLENO | ÁREA CORTE | VOLUMEN RELLENO | V. CORTE ACUMULADO | V. RELLENO ACUMULADO |
| 0+600.00 | 0.00 | 8.01 | 0.00 | 80.69 | 2944.67 |
| 0+610.00 | 0.00 | 7.73 | 0.00 | 77.94 | 3022.61 |
| 0+620.00 | 0.02 | 6.09 | 0.12 | 69.11 | 3091.72 |
| 0+630.00 | 0.00 | 5.25 | 0.14 | 56.70 | 3148.42 |
| 0+640.00 | 0.00 | 6.05 | 0.02 | 56.47 | 3204.89 |
| 0+650.00 | 0.00 | 8.29 | 0.00 | 71.66 | 3276.55 |
| 0+660.00 | 0.00 | 13.49 | 0.00 | 108.89 | 3385.44 |
| 0+670.00 | 0.00 | 19.22 | 0.00 | 163.58 | 3549.02 |
| 0+680.00 | 0.00 | 23.93 | 0.00 | 212.45 | 3761.47 |
| 0+690.00 | 0.00 | 31.70 | 0.00 | 262.68 | 394.35 |
| 0+700.00 | 0.00 | 23.32 | 0.00 | 259.09 | 394.35 |
| 0+710.00 | 0.00 | 24.22 | 0.00 | 224.73 | 394.35 |
| 0+720.00 | 0.00 | 15.77 | 0.00 | 189.84 | 394.35 |
| 0+730.00 | 0.00 | 11.07 | 0.00 | 128.91 | 394.35 |
| 0+740.00 | 0.03 | 5.86 | 0.14 | 83.91 | 394.48 |
| 0+750.00 | 0.60 | 1.82 | 3.12 | 38.38 | 397.60 |
| 0+760.00 | 0.63 | 0.84 | 6.13 | 13.27 | 403.73 |
| 0+770.00 | 0.31 | 0.46 | 4.69 | 6.50 | 408.42 |
| 0+780.00 | 0.14 | 1.39 | 2.23 | 9.29 | 410.65 |
| 0+790.00 | 0.11 | 2.65 | 1.22 | 20.22 | 411.87 |
| 0+800.00 | 0.11 | 3.78 | 1.10 | 32.13 | 412.97 |
| 0+810.00 | 0.01 | 5.10 | 0.63 | 44.39 | 413.61 |
| 0+820.00 | 0.00 | 6.63 | 0.07 | 58.66 | 413.68 |
| 0+830.00 | 0.00 | 8.54 | 0.00 | 75.98 | 413.68 |
| 0+840.00 | 0.00 | 14.12 | 0.00 | 115.10 | 413.68 |
| 0+850.00 | 0.04 | 17.25 | 0.21 | 161.20 | 413.88 |
| 0+860.00 | 0.00 | 17.90 | 0.20 | 178.99 | 414.08 |
| 0+870.00 | 0.00 | 13.16 | 0.00 | 155.28 | 414.08 |
| 0+880.00 | 0.00 | 12.27 | 0.00 | 127.15 | 414.08 |
| 0+890.00 | 0.00 | 15.00 | 0.00 | 137.85 | 414.08 |

SIMBOLOGÍA

| | |
|--|---------|
| | Corte |
| | Relleno |

Sección Transversal Típica
Esc 1:100



| | |
|--------------------------------------|---|
| Espesores de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: 3 in |
| | Capa Base: 6 in |
| | Capa Sub-Base: 4 in |
| | Capa Mejoramiento: 22 in |
| Materiales de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: Pavimento Flexible |
| | Capa Base: Base Granular Clase 1 |
| | Capa Sub-Base: Base Granular Clase 3 |
| | Capa Mejoramiento: Material de Préstamo |
| Escala | 1:1000 |
| Lámina | 3/5 |



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía
UZHOC-GRANDA, Parroquia Jadán,
Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay

Ubicación: Parroquia Jadán, Cantón
Gualaceo, Provincia del Azuay

Contenido: Secciones Transversales
(Corte y Relleno)

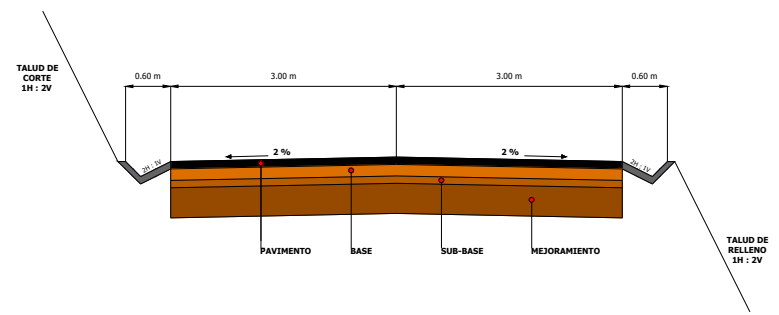
Realizado por:
Christian Javier Lucero Zhipsón
Daniela Noemi Berneo Barros

Fecha: Julio - 2023

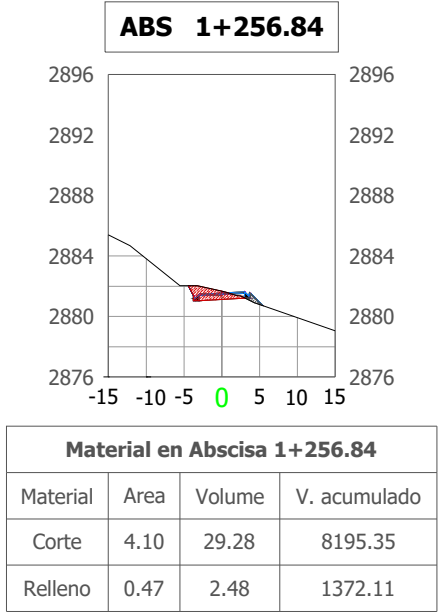
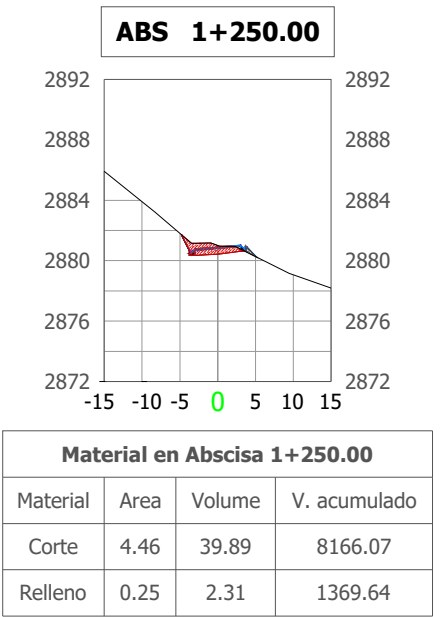
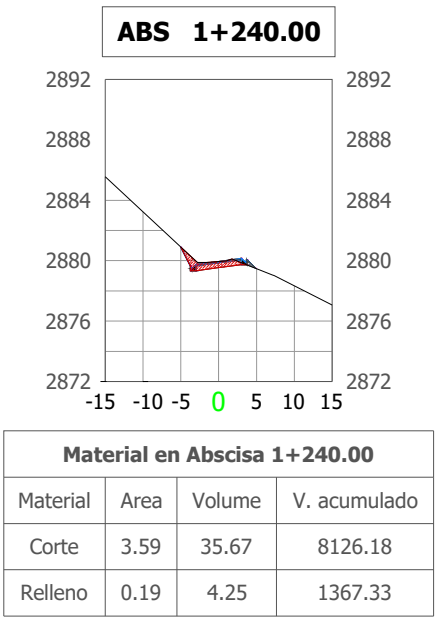
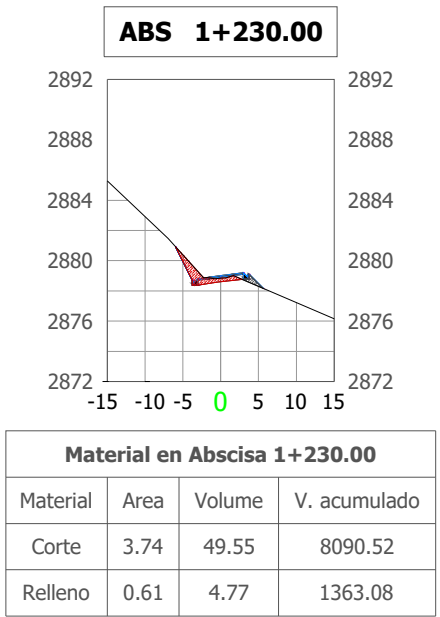
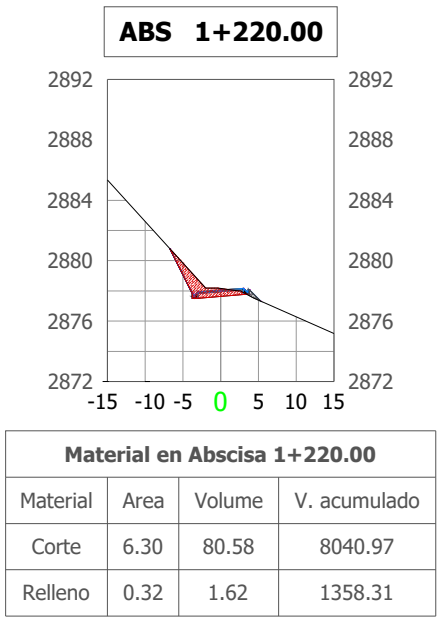
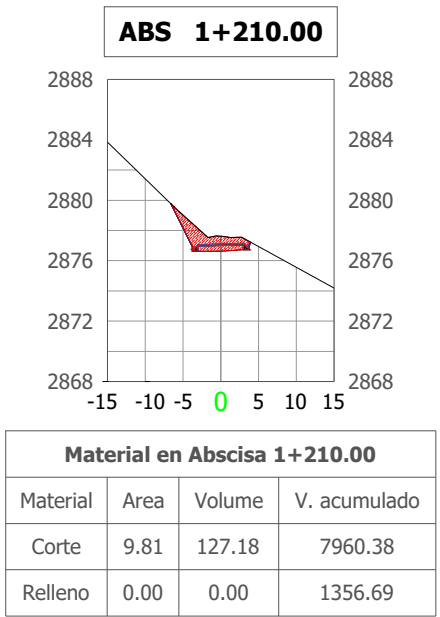
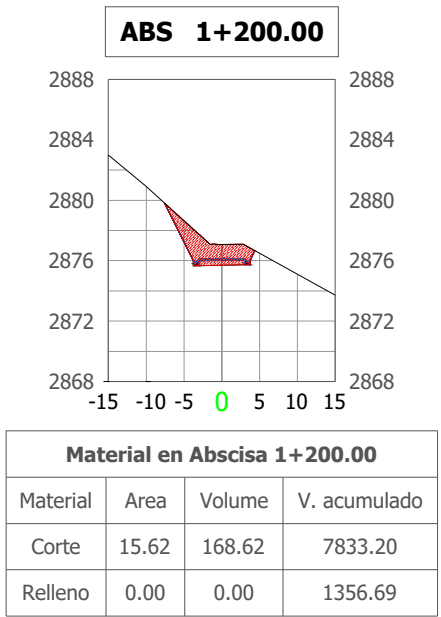
| TABLA DE VOLUMEN TOTAL | | | | | |
|------------------------|--------------|------------|-----------------|---------------|----------------------|
| ABSCISA | ÁREA RELLENO | ÁREA CORTE | VOLUMEN RELLENO | VOLUMEN CORTE | V. RELLENO ACUMULADO |
| 0+900.00 | 0.00 | 10.04 | 0.00 | 126.42 | 414.08 |
| 0+910.00 | 0.00 | 6.77 | 0.00 | 84.21 | 414.08 |
| 0+920.00 | 0.00 | 3.42 | 0.00 | 50.94 | 414.08 |
| 0+930.00 | 0.18 | 1.17 | 0.18 | 22.96 | 414.08 |
| 0+940.00 | 0.18 | 0.20 | 5.72 | 6.85 | 420.69 |
| 0+950.00 | 1.41 | 0.01 | 11.86 | 1.03 | 432.55 |
| 0+960.00 | 3.43 | 0.00 | 24.29 | 0.03 | 456.84 |
| 0+970.00 | 4.85 | 0.00 | 42.33 | 0.00 | 499.18 |
| 0+980.00 | 3.42 | 0.08 | 41.37 | 0.40 | 540.55 |
| 0+990.00 | 2.21 | 0.73 | 38.18 | 4.08 | 568.73 |
| 1+000.00 | 2.70 | 0.82 | 24.59 | 7.76 | 593.32 |
| 1+010.00 | 4.65 | 0.03 | 36.76 | 4.26 | 630.09 |
| 1+020.00 | 7.05 | 0.00 | 57.86 | 0.18 | 687.95 |
| 1+030.00 | 9.44 | 0.00 | 82.11 | 0.00 | 770.06 |
| 1+040.00 | 12.40 | 0.00 | 109.03 | 0.00 | 879.09 |
| 1+050.00 | 13.04 | 0.00 | 125.36 | 0.00 | 1004.45 |
| 1+060.00 | 9.30 | 0.12 | 107.18 | 0.63 | 1111.63 |
| 1+070.00 | 4.39 | 1.12 | 64.19 | 6.61 | 1175.82 |
| 1+080.00 | 3.08 | 1.66 | 37.30 | 13.90 | 1213.12 |
| 1+090.00 | 1.72 | 2.36 | 18.97 | 18.97 | 1239.28 |
| 1+100.00 | 4.48 | 1.40 | 34.26 | 18.04 | 1273.54 |
| 1+110.00 | 4.32 | 1.52 | 45.23 | 14.49 | 1318.77 |
| 1+120.00 | 1.63 | 3.59 | 29.75 | 25.53 | 1348.52 |
| 1+130.00 | 0.00 | 7.68 | 0.00 | 56.34 | 1356.69 |
| 1+140.00 | 0.00 | 13.30 | 0.00 | 104.89 | 1356.69 |
| 1+150.00 | 0.00 | 18.10 | 0.00 | 190.45 | 1356.69 |

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|---------|
| | Corte |
| | Relleno |

Sección Transversal Típica
Esc 1:100



| | |
|---|---|
| Espesores de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: 3 in |
| | Capa Base: 6 in |
| | Capa Sub-Base: 4 in |
| | Capa Mejoramiento: 22 in |
| Materiales de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: Pavimento Flexible |
| | Capa Base: Base Granular Clase 1 |
| | Capa Sub-Base: Base Granular Clase 3 |
| | Capa Mejoramiento: Material de Préstamo |
| Escala | 1:1000 |
| Lámina | 4/5 |



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía UZHOC-GRANDA, Parroquia Jadán, Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay

Ubicación: Parroquia Jadán, Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay

Contenido: Secciones Transversales (Corte y Relleno)

Realizado por:
Christian Javier Lucero Zhispón
Daniela Noemi Bermeo Barros

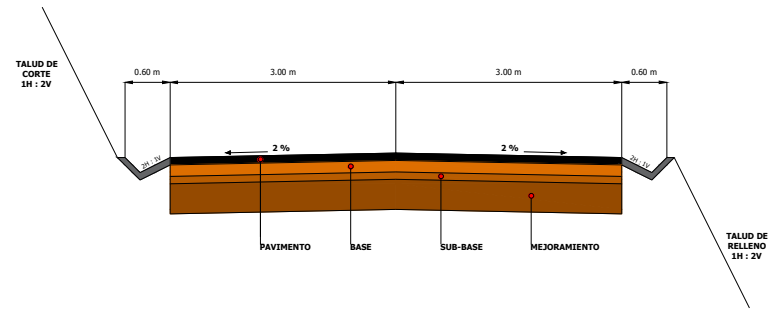
Fecha: Julio - 2023

| TABLA DE VOLUMEN TOTAL | | | | | |
|------------------------|--------------|------------|-----------------|---------------|----------------------|
| ABSCISA | ÁREA RELLENO | ÁREA CORTE | VOLUMEN RELLENO | VOLUMEN CORTE | V. RELLENO ACUMULADO |
| 1+200.00 | 0.00 | 15.62 | 0.00 | 168.62 | 1356.69 |
| 1+210.00 | 0.00 | 9.61 | 0.00 | 127.18 | 1356.69 |
| 1+220.00 | 0.32 | 6.30 | 1.62 | 80.58 | 1358.31 |
| 1+230.00 | 0.61 | 3.74 | 4.77 | 49.55 | 1363.08 |
| 1+240.00 | 0.19 | 3.59 | 4.25 | 35.67 | 1367.33 |
| 1+250.00 | 0.25 | 4.46 | 2.31 | 39.89 | 1369.64 |
| 1+256.84 | 0.47 | 4.10 | 2.48 | 29.28 | 1372.11 |

SIMBOLOGÍA

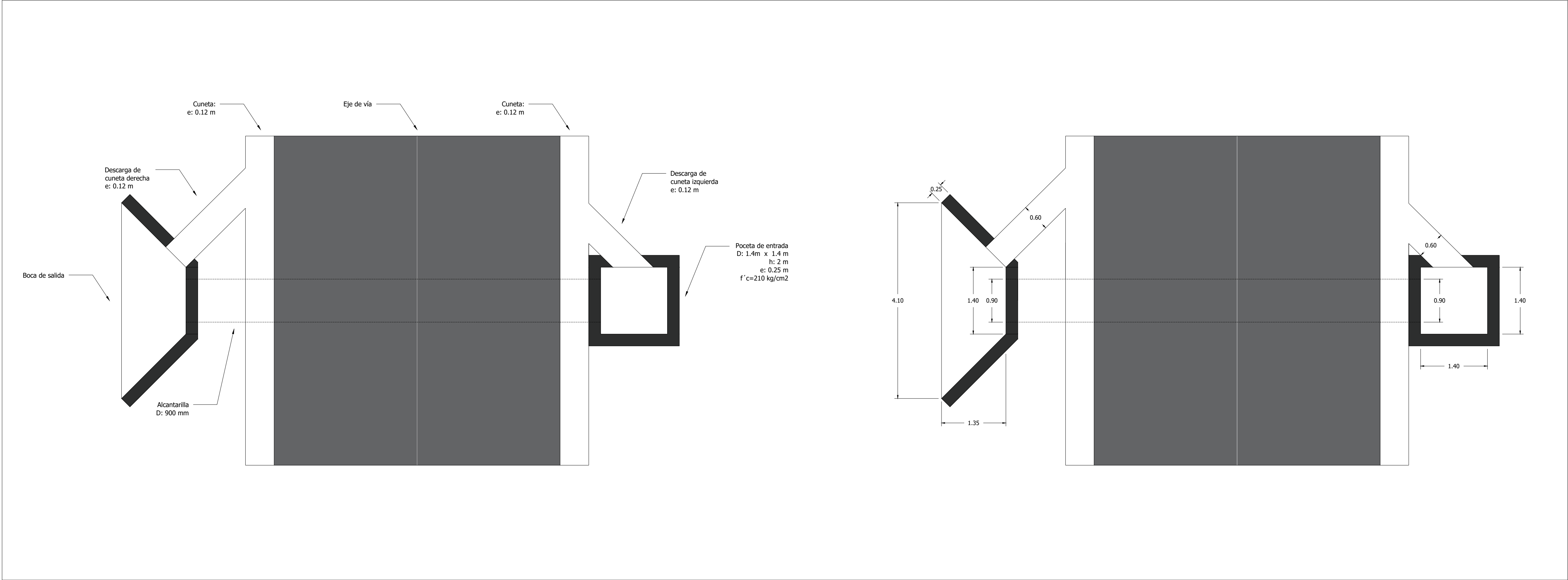
| | |
|--|---------|
| | Corte |
| | Relleno |

Sección Transversal Típica
Esc 1:100

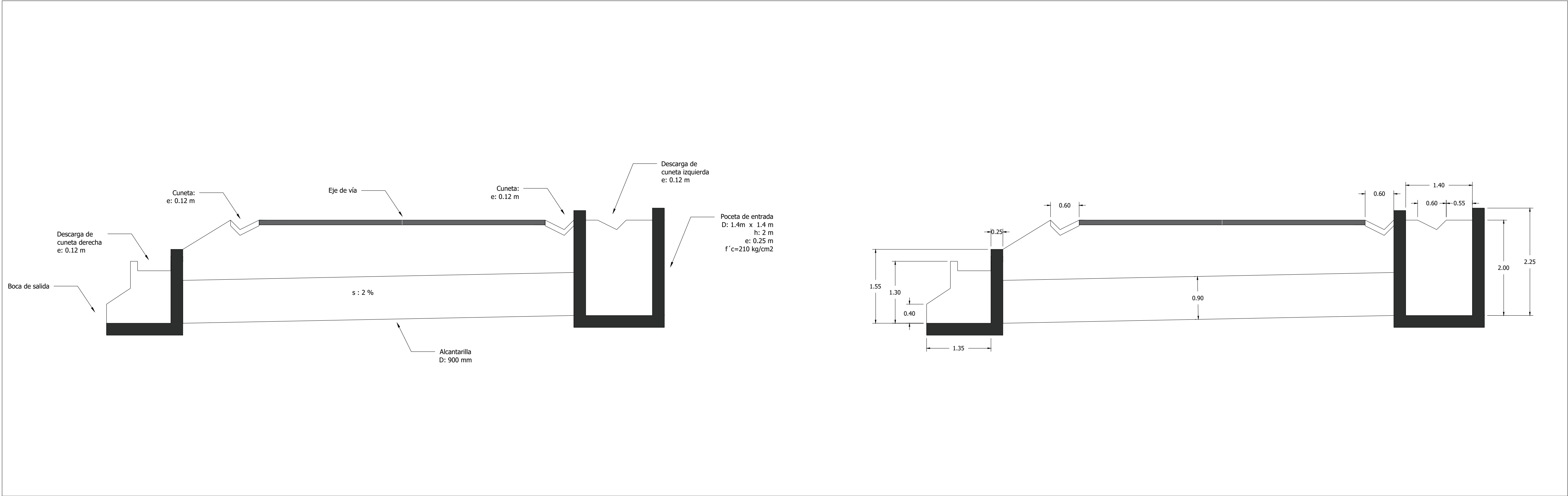


| | |
|--------------------------------------|---|
| Espesores de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: 3 in |
| | Capa Base: 6 in |
| | Capa Sub-Base: 4 in |
| | Capa Mejoramiento: 22 in |
| Materiales de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: Pavimento Flexible |
| | Capa Base: Base Granular Clase 1 |
| | Capa Sub-Base: Base Granular Clase 3 |
| | Capa Mejoramiento: Material de Préstamo |
| Escala | 1:1000 |
| Lámina | 5/5 |

VISTA EN PLANTA
Esc. 1:50



VISTA EN PERFIL
Esc. 1:50



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía
UZHOC-GRANDA, Parroquia Jadán,
Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay

Ubicación: Parroquia Jadán, Cantón
Gualaceo, Provincia del Azuay

Contenido: Estructura de Poceta,
Cabezal y Muros de ala, de entrada y
salida.
cuneta 1(00+190.00)
cuneta 3(00+870.00)

Realizado por:
Christian Javier Lucero Zhispon
Daniela Noemí Bermeo Barros

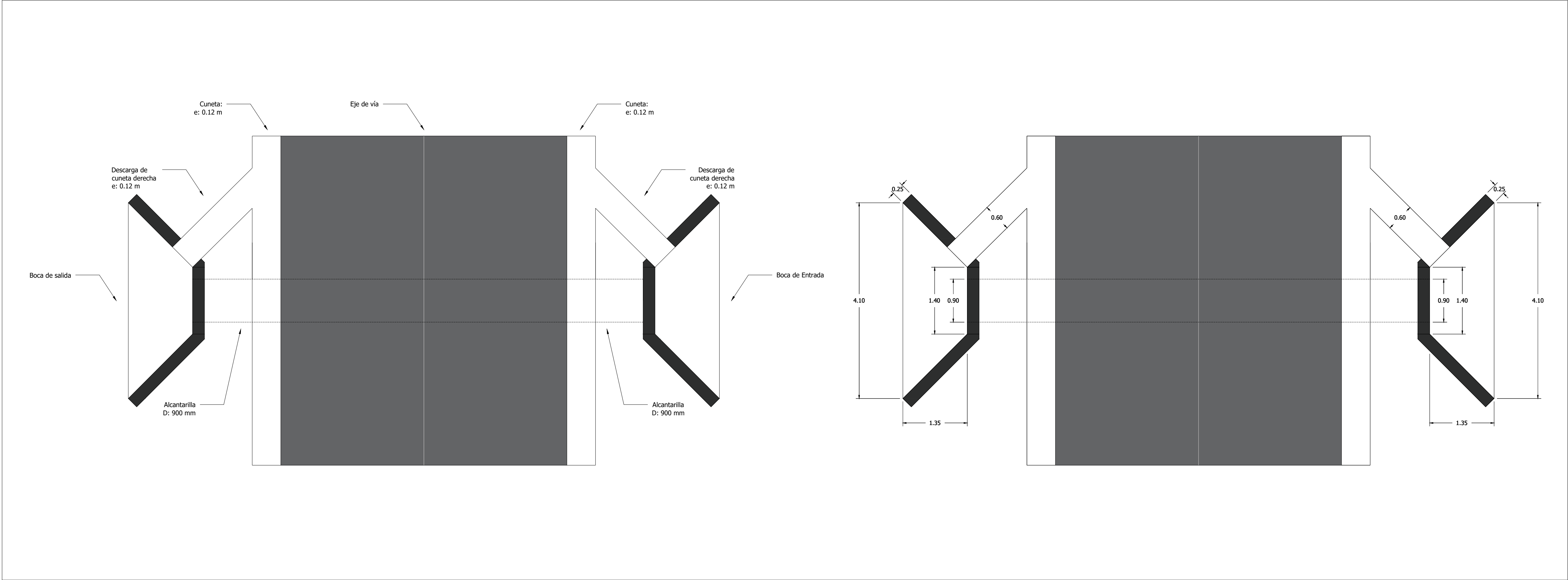
Fecha: Julio - 2023

Especificaciones técnicas:

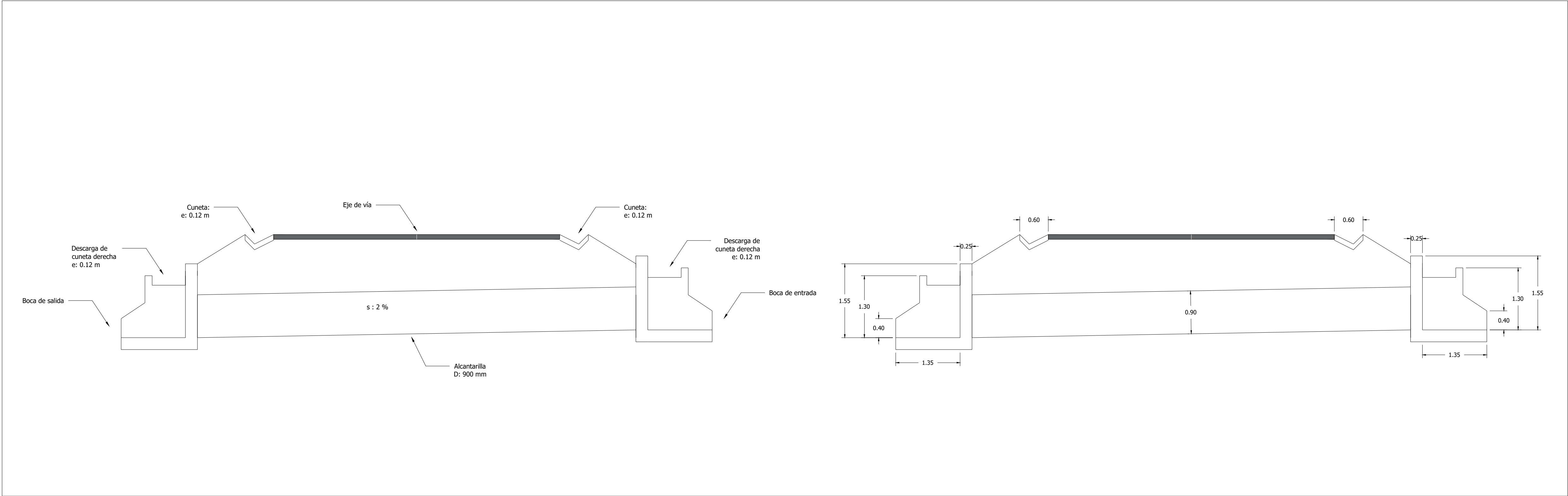
Hormigón: F'c=210 kg/cm2

| ALCANTARILLAS PVC | | |
|-------------------|---------------|-----------------------|
| ABSCISA | DIÁMETRO (mm) | Pendiente transv. (%) |
| 00+190.00 | 900 | 2.00 |
| 00+435.00 | 900 | 2.00 |
| 00+870.00 | 900 | 2.00 |
| 01+035.00 | 900 | 2.00 |
| Lámina | 1/1 | |

VISTA EN PLANTA
Esc. 1:50



VISTA EN PERFIL
Esc. 1:50



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía
UZHOC-GRANDA, Parroquia Jadán,
Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay

Ubicación: Parroquia Jadán, Cantón
Gualaceo, Provincia del Azuay

Contenido: Estructura Cabezal y Muros
de ala de entrada y salida
cuneta 2(00+435.00)
cuneta 4(01+035.00)

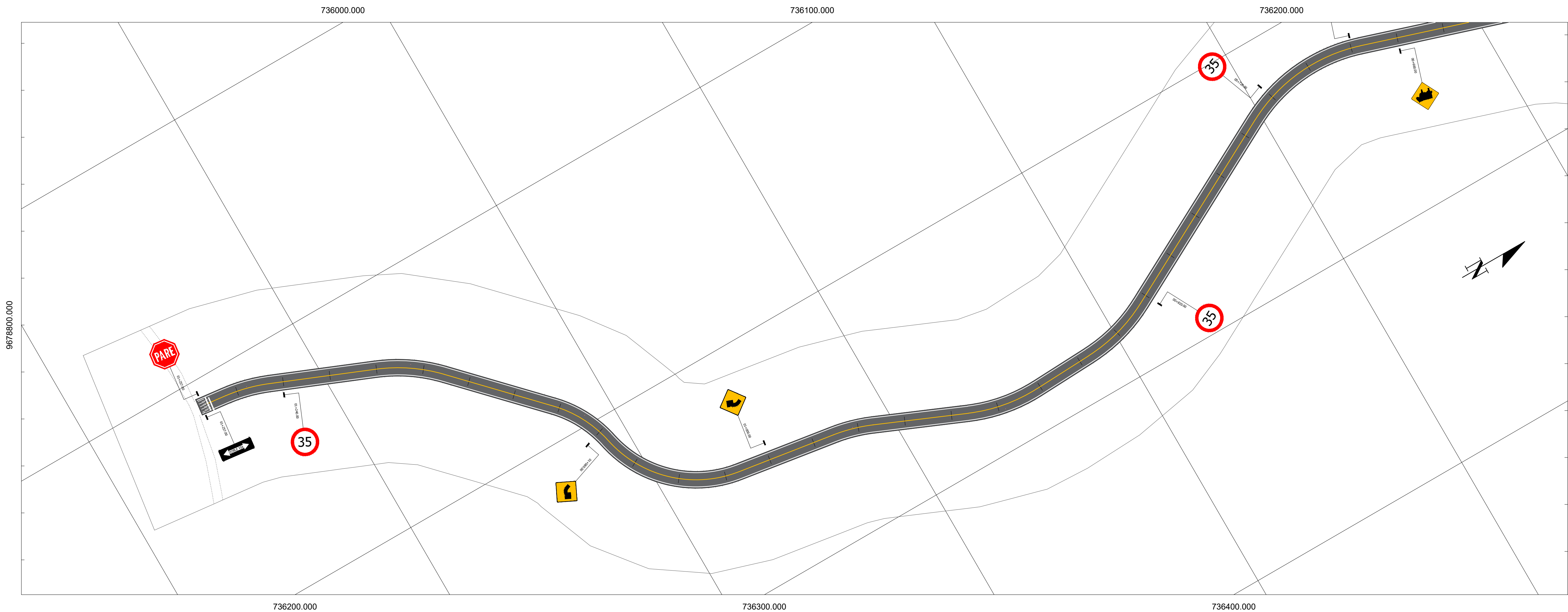
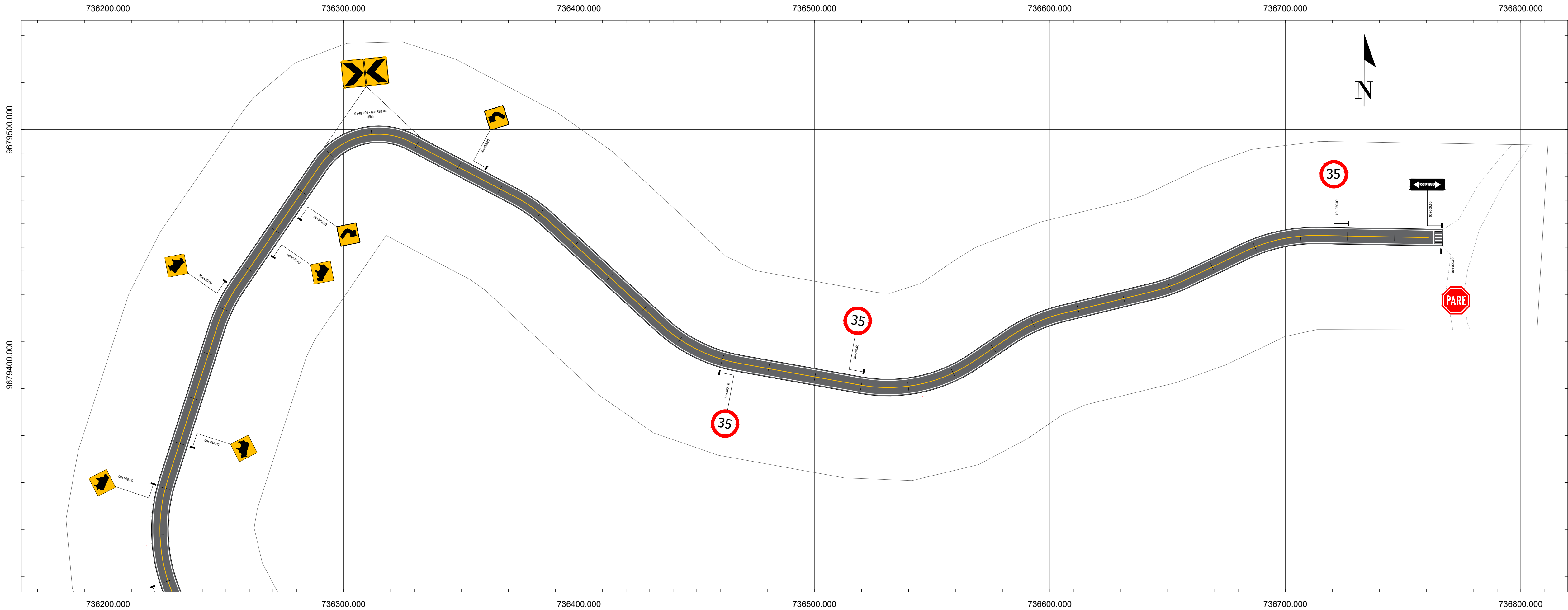
Realizado por:
Christian Javier Lucero Zhispón
Daniela Noemí Bermeo Barros

Fecha: Julio - 2023

Especificaciones técnicas:
Hormigón: F'c=210 kg/cm2

| ALCANTARILLAS PVC | | |
|-------------------|---------------|-----------------------|
| ABSCISA | DIÁMETRO (mm) | Pendiente transv. (%) |
| 00+190.00 | 900 | 2.00 |
| 00+435.00 | 900 | 2.00 |
| 00+870.00 | 900 | 2.00 |
| 01+035.00 | 900 | 2.00 |
| Lámina | 1/1 | |

PLANO VISTA EN PLANTA
Esc 1:000



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto: Diseño Geométrico de la vía
UZHOC-GRANDA, Parroquia Jadán,
Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay

Ubicación: Parroquia Jadán, Cantón
Gualaceo, Provincia del Azuay

Contenido: Señalización Horizontal y
Vertical km 00+000.00 - 01+ km 257.00

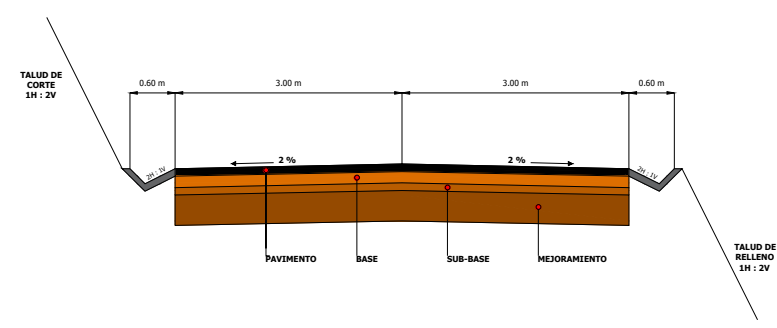
Realizado por:
Christian Javier Lucero Zhispón
Daniela Noemí Bermeo Barros

Fecha: Julio - 2023

SIMBOLOGÍA

| | |
|--|------------------|
| | Ancho de calzada |
| | Eje de vía |
| | ABS (C/10 m) |

Sección Transversal Típica
Esc 1:100



| | |
|--------------------------------------|---|
| Espesores de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: 3 in |
| | Capa Base: 6 in |
| | Capa Sub-Base: 4 in |
| | Capa Mejoramiento: 22 in |
| Materiales de las capas de pavimento | Capa de Rodadura: Pavimento flexible |
| | Capa Base: Base Granular Clase 1 |
| | Capa Sub-Base: Base Granular Clase 3 |
| | Capa Mejoramiento: Material de Préstamo |

ALCANTARILLAS

| ABSCISA | DIÁMETRO (mm) | Pendiente transv. (%) |
|-----------|---------------|-----------------------|
| 00+190.00 | 900 | 2.00 |
| 00+435.00 | 900 | 2.00 |
| 00+870.00 | 900 | 2.00 |
| 01+035.00 | 900 | 2.00 |

Lámina 1/1