



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA SOLDADOS – SAN ANTONIO
DESDE LA ABSCISA 5+000 A LA 7+500 KM, EN EL CANTÓN CUENCA PROVINCIA
DEL AZUAY**

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

AUTOR: BRYAM ARIEL JARAMA LARGO

TUTOR: ING. DANIEL LEONIDAS CÁRDENAS JARAMILLO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2025

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Bryan Ariel Jarama Largo con documento de identificación N° 0106778400 manifestó que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda dar, usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 28 de julio del 2025

Atentamente,



Bryam Ariel Jarama Largo

0106778400

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

Yo, Bryam Ariel Jarama Largo con documento de identificación N° 0106778400, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del Proyecto técnico: “Diseño geométrico y estructural de la vía Soldados – San Antonio desde la abscisa 5+000 a la 7+500 km, en el cantón Cuenca 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 lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 28 de julio del 2025

Atentamente,



Bryam Ariel Jarama Largo

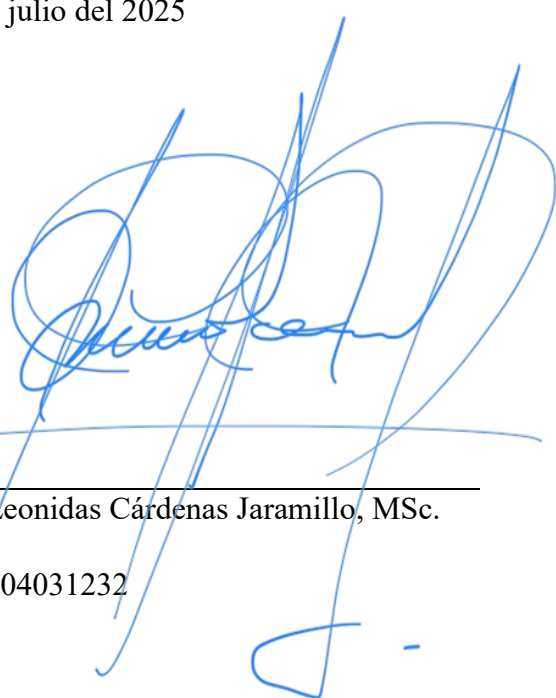
0106778400

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo con documento de identificación N° 0104031232, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA SOLDADOS – SAN ANTONIO DESDE LA ABSCISA 5+000 A LA 7+500 KM, EN EL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DEL AZUAY, realizado por Bryam Ariel Jarama Largo con documento de identificación N° 0106778400, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 28 de julio del 2025

Atentamente,



Ing. Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo, MSc.

0104031232

DEDICATORIA

-Bryam Ariel Jarama Largo

Este proyecto va dedicado con gratitud a mis padres Luis Jarama y Adriana Largo, quienes me han acompañado en este trayecto académico, permitiéndome con su esfuerzo culminar una meta propuesta.

A mis abuelitos, Manuel y María, por estar presente y motivándome el estudio.

A mis compañeros Ángel, Erika, David, Eugenia, Christian, Andrés, Pablo, Xavier, gracias a todos ustedes por su compañerismo durante este trayecto académico.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra más sincera gratitud a la Universidad Politécnica Salesiana, institución que nos ha formado no solo como profesionales íntegros, sino también como personas comprometidas con los valores éticos y humanos necesarios para liderar con responsabilidad en nuestra sociedad.

Nuestro agradecimiento se extiende a todos los docentes que, con dedicación y vocación, nos transmitieron conocimientos fundamentales a lo largo de la carrera. Su experiencia y entrega fueron claves para enriquecer nuestro aprendizaje y crecimiento profesional.

De manera especial, agradecemos al Ing. Daniel Cárdenas, cuyo acompañamiento, orientación académica y compromiso constante resultaron esenciales para la elaboración y culminación de este trabajo de titulación. Su apoyo fue un pilar fundamental en esta etapa.

Finalmente, no podemos dejar de agradecer a nuestros compañeros de aula, con quienes compartimos no solo el aprendizaje, sino también momentos inolvidables, desafíos superados y experiencias que marcarán para siempre nuestra trayectoria universitaria.

Resumen

El presente proyecto tiene como propósito elaborar el diseño geométrico y estructural de una vía, la cual facilitará una mejora en varios aspectos como la movilidad, acceso a servicios como la salud, educación, a la agricultura, ganadería que serán beneficiados por la construcción de la vía. Para el diseño del proyecto se ha tenido en cuenta la calidad de vía existente, la misma que presenta algunas dificultades por ser una vía de segundo orden, por lo que los tiempos de movilidad son extensos, por la calidad de la vía existente.

El proyecto de titulación tiene la proyección de realizar una mejora en las capas de rodaduras, implementando sus estudios respectivos, como es el levantamiento topográfico, realizado con un equipo llamado RTK (Real-Time-Kinematic), estudios de tráfico TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual), estudios de suelo, análisis de datos hidrológicos en base a una estación meteorológica, además su diseño geométrico, estructural y pavimento flexible, lo cual nos permite mejorar los tiempos de recorrido para las actividades mencionadas, que beneficiaran a las comunidades aledañas y los cantones que se interconectan entre sí. Para la realización del proyecto se tiene en cuenta la Normativa de Ecuatoriana de viabilidad del ministerio de transporte y obras públicas.

Palabras Clave: Capas de rodadura, RTK, TPDA, Diseño geométrico y estructural, Pavimento flexible, Análisis hidrológico.

Abstract

The purpose of this project is to develop the geometric and structural design of a roadway, which will facilitate improvements in several aspects, such as mobility and access to services like healthcare, education, agriculture, and livestock, which will benefit from the road's construction.

The project design took into account the quality of the existing roadway, which presents some challenges due to its secondary nature. Therefore, travel times are long due to the quality of the existing roadway.

The titling project aims to improve the roadway surfaces, implementing the respective studies, such as a topographic survey conducted with RTK (Real-Time-Kinematic) equipment, TPDA (Annual Daily Average Traffic) traffic studies, soil studies, hydrological data analysis based on a meteorological station. In addition, its geometric, structural, and flexible design allows us to improve travel times for the aforementioned activities, benefiting the surrounding communities and the interconnected cantons. The Ecuadorian Viability Regulations of the Ministry of Transport and Public Works are taken into account for the implementation of the project.

Keywords: Wear layers, RTK, TPDA, Geometric and structural design, Flexible pavement, Hydrological analysis.

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| CAPITULO I | 19 |
| GENERALIDADES | 19 |
| 1.1 Introducción | 19 |
| 1.2 Justificación | 21 |
| 1.3 Zona de estudio | 22 |
| 1.4 Objetivos..... | 23 |
| 1.4.1 Objetivo General..... | 23 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos..... | 23 |
| CAPITULO II | 24 |
| MARCO TEÓRICO..... | 24 |
| 2.1 Análisis de tráfico vehicular..... | 24 |
| 2.1.1 Tráfico promedio diario anual..... | 24 |
| 2.1.2 Factor horario..... | 25 |
| 2.1.3 Factor diario | 25 |
| 2.1.4 Factor semanal | 25 |
| 2.1.5 Factor mensual | 26 |
| 2.1.6 Tráfico futuro | 26 |
| 2.1.7 ESALs | 26 |
| 2.1.8 Periodo de diseño..... | 26 |
| 2.1.9 Factor de carga equivalente | 27 |
| 2.1.10 Factor camión..... | 27 |
| 2.2 Clasificación de vías | 27 |
| 2.2.1 Función | 27 |

| | |
|--|----|
| | X |
| 2.2.2 Corredores arteriales | 28 |
| 2.2.3 Vías colectoras | 28 |
| 2.2.4 Caminos vecinales | 28 |
| 2.3 Topografía | 28 |
| 2.3.1 Levantamiento con RTK (Real Time Kinematic) | 29 |
| 2.4. Análisis Geotécnicos de Suelos | 29 |
| 2.4.1 Granulometría | 29 |
| 2.4.2 Clasificación de Suelos | 30 |
| 2.4.3 Límite líquido..... | 30 |
| 2.4.4 Límite plástico | 31 |
| 2.4.5 Ensayo de Proctor modificado..... | 31 |
| 2.4.6 Ensayo de CBR (Californian Bering Ratio)..... | 32 |
| 2.5 Diseño geométrico | 32 |
| 2.5.1 Velocidad de diseño | 32 |
| 2.5.2 Alineamiento vertical | 34 |
| 2.5.3 Alineamiento horizontal..... | 34 |
| 2.5.4 Radio mínimo de curvatura..... | 35 |
| 2.5.5 Peralte | 36 |
| 2.5.6 Sobre ancho de curvatura..... | 37 |
| 2.5.7 Distancia de visibilidad en curvaturas horizontales..... | 38 |
| 2.5.8 Visibilidad de adelantamiento..... | 38 |

| | |
|---|----|
| 2.6 Análisis hidrológico e hidráulico | 39 |
| 2.6.1 Periodos de Retorno..... | 39 |
| 2.6.2 Tiempos de concentración..... | 41 |
| 2.6.3 Curvas IDF (Intensidad - Duración - Frecuencia) | 42 |
| 2.6.4 Estimación de Caudal por el Método Racional..... | 43 |
| 2.6.5 Conductores de Caudal (Alcantarillas) | 44 |
| 2.6.6 Cunetas..... | 44 |
| 2.6.7 Pendientes y velocidad..... | 45 |
| 2.7 Estructura de pavimento | 45 |
| 2.7.1 Pavimento flexible | 46 |
| 2.7.2 Base granular | 46 |
| 2.7.3 Sub base | 47 |
| 2.7.4 Carpeta asfáltica..... | 47 |
| 2.7.5 Diseño de pavimentos | 48 |
| 2.7.6 Confiabilidad..... | 48 |
| 2.7.7 Desviación estándar | 49 |
| 2.7.8 Error nominal combinado (So) | 49 |
| 2.7.9 Serviciabilidad (P) | 50 |
| 2.7.10 Modulo resiliente | 50 |
| 2.7.11 Numero estructural..... | 51 |
| 2.7.12 Determinación de número estructural SN..... | 52 |

| | |
|---|----|
| 2.7.13 Determinación del índice de serviciabilidad..... | 53 |
| 2.7.14 Cálculo del SN en base a la ecuación de la AASHTO..... | 53 |
| 2.8 Señalización horizontal..... | 56 |
| 2.8.1 Ubicación..... | 56 |
| 2.8.2 Mensaje..... | 56 |
| 2.8.3 Color..... | 57 |
| 2.8.4 Retro reflexión..... | 57 |
| 2.8.5 Líneas longitudinales..... | 58 |
| 2.8.6 Doble línea continua..... | 59 |
| 2.8.7 Doble línea mixta..... | 59 |
| 2.8.8 Delimitación de zonas de estacionamiento (Tipo de línea)..... | 60 |
| 2.8.9 Reductores de velocidad..... | 60 |
| 2.9 Señalización vertical..... | 60 |
| 2.9.1 Ubicación..... | 60 |
| 2.9.2 Colores..... | 61 |
| 2.9.3 Forma..... | 62 |
| 2.9.4 Series de alineamiento..... | 62 |
| 2.9.5 Series de Anchos..... | 62 |
| 2.9.6 Serie de obstáculos..... | 63 |
| 2.9.7 Señales regulatorias..... | 63 |
| 3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 65 |

| | |
|---|----|
| 3.1 Levantamiento topográfico | 65 |
| 3.2 Trabajo de oficina | 67 |
| 3.3 Conteo vehicular | 67 |
| 3.3.1 Cálculo del TPDA..... | 67 |
| 3.3.2 Cálculo del ESALs..... | 71 |
| 3.4 Ensayos de laboratorio..... | 71 |
| 3.4.1 Ensayos de la calicata 1 | 72 |
| 3.5 Diseño geométrico | 77 |
| 3.5.1 Velocidad diseño | 78 |
| 3.6 Análisis hidrológico | 78 |
| 3.6.1 Diseño de cunetas | 80 |
| 3.6.2 Alcantarillas. | 83 |
| 3.7 Diseño de pavimento..... | 84 |
| 3.7.1 Índice de serviciabilidad | 85 |
| 3.7.2 Espesor de las capas de materiales..... | 88 |
| 3.8 Señalización | 90 |
| 3.9 Presupuesto | 91 |
| RESULTADOS | 91 |
| 4.1 Análisis de tráfico vehicular..... | 91 |
| 4.1.1 Factor horario..... | 91 |
| 4.1.2 Factor diario | 91 |
| 4.1.3 Factor semanal | 92 |
| | 92 |

| | |
|--|--------------------------------------|
| 4.1.4 Factor mensual | 92 |
| | 93 |
| 4.2 Ensayos de laboratorio | 94 |
| 4.2.1 Calicata 1 y 2 | 94 |
| 4.3 Diseño de cunetas | 95 |
| 4.4 Diseños de espesores estructurales | 96 |
| 4.5 Presupuesto | 97 |
| | ¡Error! Marcador no definido. |
| CONCLUSIONES | 99 |
| RECOMENDACIONES | 100 |
| BIBLIOGRAFÍA | 100 |
| ANEXOS | 102 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Coordenadas de la zona de estudio | 22 |
| Tabla 2. Clasificación de vías según su función | 27 |
| Tabla 3. Tamaños y aberturas de tamices | 30 |
| Tabla 4. Velocidad de diseño | 33 |
| Tabla 5. Velocidad de operación | 33 |
| Tabla 6. Pendientes máximas | 34 |
| Tabla 7. Tasa de sobreelevación | 37 |
| Tabla 8. Periodos de retorno | 40 |
| Tabla 9. Periodos de retorno para diseño | 41 |
| Tabla 10. Desviación norma estándar, Z_r | 49 |
| Tabla 11. Error nominal | 49 |
| Tabla 12. Serviciabilidad Inicial | 50 |

| | |
|--|----|
| Tabla 13. Serviciabilidad final | 50 |
| Tabla 14. Valores máximos recomendados de módulo de elasticidad | 54 |
| Tabla 15. Resumen del conteo vehicular..... | 68 |
| Tabla 16. Factor horario | 69 |
| Tabla 17. Factor semanal..... | 69 |
| Tabla 18. Factor mensual | 69 |
| Tabla 19. TPDA calculado para el 2025..... | 70 |
| Tabla 20. Tráfico proyectado para el 2040..... | 70 |
| Tabla 21. <i>Granulometría calicata 1</i> | 72 |
| Tabla 22. Granulometría calicata 2 | 73 |
| Tabla 23. Tabla de datos limite líquido, calicata 1 | 74 |
| Tabla 24. Tabla de limite plástico, calicata 1 | 74 |
| Tabla 25. Para la clasificación de la AASHTO | 75 |
| Tabla 26. Porcentajes que pasan el tamiz 200..... | 77 |
| Tabla 27. Ubicación de alcantarillas | 84 |
| Tabla 28. Datos para el diseño de pavimentos | 84 |
| Tabla 29. TPDA..... | 84 |
| Tabla 30. Factor de distribución carriles..... | 84 |
| Tabla 31. Clasificación en función del TPDA..... | 86 |
| Tabla 32. Cálculo del Factor horario..... | 91 |
| Tabla 33. Cálculo del Factor diario | 91 |
| Tabla 34. Cálculo del factor semanal | 92 |
| Tabla 35. Tasa de crecimiento vehicular | 93 |
| Tabla 36. Coeficiente de transformación a vehículos livianos..... | 93 |

| | |
|---|----|
| Tabla 37. Cálculo del TPDA para 2040..... | 94 |
| Tabla 38. Resultados de ensayos, calicata 1..... | 94 |
| Tabla 39. Resultados de ensayos, calicata 2..... | 95 |
| Tabla 40. Datos de diseño de cuneta | 95 |
| Tabla 41. Ecuación de Manning..... | 96 |
| Tabla 43. Presupuesto de la obra..... | 97 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Delimitación del tramo de estudio | 23 |
| Ilustración 2. Clasificación para vías | 31 |
| Ilustración 3: Elementos de las curvas | 35 |
| Ilustración 4. Sobre ancho de curvatura | 37 |
| Ilustración 5. Tiempo de concentración para las cunetas | 42 |
| Ilustración 6. Confiabilidad según el tipo de carretera..... | 48 |
| Ilustración 7. Modulo resiliente..... | 51 |
| Ilustración 8. Espesores mínimos de las capas..... | 52 |
| Ilustración 9. Coeficiente estructural a_1 | 55 |
| Ilustración 10. Abaco para la estimación de coeficiente a_2 | 55 |
| Ilustración 11. Abaco para la estimación de a_3 | 56 |
| Ilustración 12. Angulo de iluminación | 58 |
| Ilustración 13. Líneas delimitadoras de carril | 58 |
| Ilustración 14. Doble línea continua..... | 59 |
| Ilustración 15. Línea continua mixta..... | 59 |
| Ilustración 16. Señalización P1-2I; P1-2D | 62 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 17. Señalización de anchos máximos..... | 63 |
| Ilustración 18. Señalización de obstáculos en la calzada | 63 |
| Ilustración 19. Límite de velocidad máxima (R4-1) | 64 |
| Ilustración 20. Señalización de prohibido rebasar(R2-13)..... | 64 |
| Ilustración 21. Señalización de NO ENTRE | 65 |
| Ilustración 22. Señalización de reducción de velocidad (R4-4)..... | 65 |
| Ilustración 23. Recopilación de información | 66 |
| Ilustración 24. Punto de control para la antena RTK | 66 |
| Ilustración 25. Creación de la superficie | 67 |
| Ilustración 26. Ubicación de la estación de conteo | 68 |
| Ilustración 27. Cálculo de numero de ejes equivalentes | 71 |
| Ilustración 28. Curva granulométrica..... | 72 |
| Ilustración 29. Curva granulométrica..... | 73 |
| Ilustración 30. Limite líquido, calicata 1..... | 75 |
| Ilustración 31. Clasificación de los grupos de suelos, según la tabla 23..... | 76 |
| Ilustración 32. Clasificación SUCS..... | 77 |
| Ilustración 33. Datos de la estación meteorológica..... | 78 |
| Ilustración 34. Datos mensuales de precipitación | 79 |
| Ilustración 35. Cálculo de la intensidad de lluvia, para 2, 5, 10, 25, 50, 100 años | 79 |
| Ilustración 36. Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia..... | 80 |
| Ilustración 37. Determinación del área cuenca de aporte..... | 81 |
| Ilustración 38. Coeficientes de escorrentía..... | 82 |
| Ilustración 39. Dimensiones mínimas | 83 |
| Ilustración 40. Sección de cuneta | 83 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 41. Índice de serviciabilidad final | 85 |
| Ilustración 42. Índice de serviciabilidad inicial..... | 85 |
| Ilustración 43. Valores recomendados para corregir los coeficientes..... | 85 |
| Ilustración 44. Desviación estándar, Z_r | 86 |
| Ilustración 45. Nivel de confiabilidad R | 87 |
| Ilustración 46. Desviación estándar, S_o | 87 |
| Ilustración 47. Ecuación de la AASHTO | 87 |
| Ilustración 48. Coeficiente estructural a_1 , para mezcla de concreto asfáltico | 88 |
| Ilustración 49. Coeficiente estructural a_2 , para base granular | 88 |
| Ilustración 50. Coeficiente estructural y modulo resiliente para subbase granular..... | 89 |
| Ilustración 51. Espesores mínimos de las capas..... | 89 |
| Ilustración 52. Alineamiento horizontal | 90 |

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

La vía que une el Cantón Cuenca situada en la provincia del Azuay y el cantón el Triunfo, situado en la provincia del Guayas, están interconectadas por la vía de estudio propuesta, el proyecto que se presenta en el documento titulado “DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA SOLDADOS – SAN ANTONIO DESDE LA ABSCISA 5+000 A LA 7+500 KM, EN EL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DEL AZUAY”, tiene la finalidad de realizar la elaboración del diseño vial para la mejora de la estructura vial del tramo de estudio, contemplando las necesidades que presenta la vía. La mejora en las vías que pasan a ser vías de primer orden mejora la calidad de las mismas, optimiza tiempo de movilidad, incrementa seguridad y un mejor desenvolvimiento en el desarrollo económico de las zonas beneficiadas.

La vía de estudio se encuentra actualmente en un estado deficiente debido a su ubicación en una zona montañosa, específicamente en los pajonales del Parque Nacional Cajas - Soldados. Esta región se caracteriza por su alta humedad, lluvias constantes y la presencia de corrientes de agua, factores que deterioran significativamente la infraestructura vial. Como consecuencia, se presentan condiciones adversas como acumulación de barro, estancamiento de agua, presencia de escombros, baches frecuentes y deslizamientos de tierra. Estos elementos contribuyen al desgaste progresivo de la carretera, dejándola en condiciones deplorables. La falta de un adecuado mantenimiento ha provocado que la vía se vuelva cada vez más intransitable, afectando directamente a los habitantes de la zona, en su mayoría dedicados a actividades agrícolas y ganaderas, quienes dependen de esta ruta para el desarrollo de sus labores cotidianas.

Para garantizar un buen nivel de servicio, que genere bienestar, confort y seguridad a varias de las actividades ya antes mencionada, es necesario que la vía se mejore, es decir que pase de su estado actual que es una vía de Segundo Orden a una vía de primer Orden, según la MTOP (Ministro de transporte y Obras Publicas) y el manual de seguridad vial AASTHO (American Association of State Highway and Transportation Officials) relatan la importancia de factores en el proceso de diseño de la carretera para los requisitos de seguridad del conductor y un buen diseño de la carretera, para disminuir los siniestros de tránsito (Wang et al., 2023).

El Cantón Cuenca, situado en la provincia del Azuay, presenta vías alternas que conectan con otras provincias, integrando los territorios de Azuay y Guayas, específicamente lo cantones Cuenca y El Triunfo. Esta conexión vial beneficiara a parroquias como Soldados, San Antonio de Angas y Chaucha. Por ello, su estudio es de vital importancia para la movilidad del país, ya que contribuirá a mejorar la estructura vial, optimizar los tiempos de recorrido y fortalecer el desarrollo regional.

De acuerdo con el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2021, las provincias de Azuay y Guayas han mostrado un crecimiento demográfico sostenido en las últimas décadas, lo cual ha intensificado la necesidad de fortalecer la infraestructura vial para mejorar la accesibilidad, reducir los tiempos de desplazamiento y optimizar la seguridad del tránsito. En el cantón Cuenca, específicamente en la parroquia Soldados, se registró una tasa de crecimiento poblacional promedio del 0,7 % entre 2010 y 2020. Por su parte, en el cantón Balao, al que pertenece la comunidad de San Antonio de Angas, esta tasa alcanzó el 1,1 % en el mismo periodo. Esta tendencia demográfica refleja un proceso progresivo de expansión territorial y urbanización que plantea desafíos significativos en materia de conectividad y movilidad. En este contexto, se vuelve imperativo planificar e implementar intervenciones en infraestructura vial que integren de manera

eficiente las zonas rurales con los núcleos urbanos, fomenten el desarrollo económico local y contribuyan a mejorar las condiciones de vida de la población.

La actividad agrícola continúa siendo la principal base económica de ambos cantones, con una producción significativa de cultivos como maíz, arroz y diversas hortalizas, además de una relevante actividad ganadera. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería, las zonas rurales de Cuenca y Balao se caracterizan por esta vocación productiva, sin embargo, enfrentan serias limitaciones debido a la deficiente infraestructura vial. Las condiciones actuales de la vía rural obstaculizan el transporte eficiente de los productos agropecuarios, elevan los costos operativos, disminuyendo la competitividad de los productores y generando pérdidas económicas debido a demoras y mayores riesgos durante el traslado.

1.2 Justificación

La vía que conecta las parroquias de Soldados y San Antonio de Angas presenta notorias deficiencias en su infraestructura, lo cual dificulta la conectividad entre comunidades rurales de las provincias de Azuay y Guayas. Esta situación afecta de manera directa en la movilidad de la población, limitando el acceso oportuno a servicios básicos como educación, salud y obstaculiza el transporte de productos agropecuarios. Asimismo, la falta de una infraestructura vial dificulta el transporte eficiente de productos de tal manera restringe las oportunidades de desarrollo económico y social en la zona.

El diseño geométrico y estructural propuesto permitirá reducir los tiempos de desplazamiento, incrementar la seguridad vial y fomentar el desarrollo económico local. Además, contribuirá al fortalecimiento de la red vial nacional, beneficiando tanto al transporte de personas como al de productos agrícolas. La falta de la estructura vial obstaculiza la movilidad de los

habitantes, el transporte de productos agropecuarios, y el acceso a servicios fundamentales como la educación, salud y el comercio.

La falta de pavimentación, señalización, muros de escollera y un sistema de drenaje pluvial adecuado en el tramo vial en estudio provoca aislamiento durante las temporadas de lluvias, incrementa el riesgo de accidentes viales y genera elevados costos logísticos para los productores de la zona, constituyéndose en un obstáculo significativo para el desarrollo económico local. En años anteriores, la Prefectura del Azuay intervino en el tramo San Joaquín–Sustag - Soldados, el cual fue asfaltado, logrando una mejora sustancial en la conectividad entre Soldados y la ciudad de Cuenca. Sin embargo, la falta de continuidad hacia San Antonio de Angas ha dejado incompleta una conexión estratégica entre las provincias de Azuay y Guayas, lo que evidencia la necesidad de realizar estudios técnicos que respalden la viabilidad y urgencia de completar este importante eje vial.

1.3 Zona de estudio

Para el proyecto de estudio se delimitará la zona en la que esta propuesta el mejoramiento del tramo vial el que consta desde la abscisa 5+ 000 hasta la 7+500, este proyecto vial estará delimitado por las siguientes coordenadas:

Tabla 1. Coordenadas de la zona de estudio

| TRAMO | COORDENADAS E (m) | COORDENAS S (m) |
|-----------|-------------------|-----------------|
| INICIO | 694065.00 | 9675923.00 |
| FIN | 693629.00 | 9678196.00 |
| ZONA 17 M | | |

Fuente: Elaboración propia, tomando de Google Earth Pro.

Ilustración 1. Delimitación del tramo de estudio



Fuente: Tomado de Google Earth Pro

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar el diseño geométrico y estructural de la vía Soldados – San Antonio de Angas, en el tramo comprendido entre las abscisas 5+000 a 7+500, ubicado entre los cantones Cuenca y El Triunfo.

1.4.2 Objetivos Específicos

Realizar un levantamiento topográfico detallado de la zona de estudio para la elaboración del diseño geométrico y estructural.

Realizar un estudio de tráfico (TPDA), para determinar el volumen actual y proyectado de vehículos.

Diseñar la geometría de la vía conforme a las normativas viales vigentes en el Ecuador y el Diseño de pavimentos flexible.

Elaborar el presupuesto estimado para la ejecución del proyecto vial.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Análisis de tráfico vehicular

Para el diseño de una vía es de tal importancia es realizar un análisis de tráfico vehicular, con el objeto de obtener la cantidad de vehículos que transitan por la vía de estudio. En el proyecto de diseño vial es de tal importancia el cuantificar el tráfico actual, y poder realizar una proyección sobre la demanda vehicular futura. Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), el aforo vehicular de tal importancia dentro del proceso de planificación vial, ya que proporciona datos precisos sobre el flujo diario promedio anual (MTO, 2013).

En el caso de proyectos de viales que contemplan en una mejoría de la estructura vial como corrección de trazado, ensanchamiento, asfaltado, alcantarillas para el caudal, etc. Para el conteo vehicular hoy en día existen varias alternativas entre las cuales tenemos el uso de cámaras, conteo presencial el cual consta de ubicar mi estación de conteo para el aforamiento vehicular, dentro del cual para este proyecto de titulación se optó por el uso de cámaras, para analizar el flujo vehicular de la zona de estudio.

2.1.1 Trafico promedio diario anual

El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) es una medida que representa el número promedio de vehículos que circulan diariamente por una vía durante todo un año. Este valor se obtiene dividiendo el volumen total de tránsito anual entre 365 días, y se utiliza como base fundamental en el diseño geométrico y estructural de las carreteras (MTO, 2013).

$$TPDA = T_o * FH * FD * FS * FM$$

Donde:

- T_o = Tráfico observado.

- FH = Factor horario.
- FD = Factor diario.
- FS = Factor semanal.
- FM = Factor Mensual.

Para poder obtener el cálculo del TPDA, existe a cuatro factores de variación que son las siguientes:

2.1.2 Factor horario

Coefficiente que ajusta los conteos vehiculares realizados en periodos parciales del día, con el fin de obtener una aproximación al volumen total de vehículos que transitan en un día completo (Navarro, 2003).

$$Tf = Ta * (1 + i)^2$$

Donde:

- Tf = Trafico futuro
- Ta = TPDA
- i = Tasa de crecimiento poblacional
- n = Número de años a proyectar

2.1.3 Factor diario

Ajusta el volumen diario promedio para obtener el flujo vehicular estimado en una semana típica (Navarro, 2003).

2.1.4 Factor semanal

Ajusta el volumen de tráfico semanal para estimar cuantos vehículos circularían en mes promedio, este factor se obtiene calculando la cantidad de semanas existentes en el mes en el cual se realizó el aforo vehicular (Navarro, 2003).

2.1.5 Factor mensual

Ajusta el tránsito mensual promedio para obtener el valor diario anual representativo TPDA. Este factor transforma el volumen de tránsito vehicular mensual promedio en un tráfico promedio diario anual para la determinación de este se utiliza el consumo del combustible (Navarro, 2003).

2.1.6 Trafico futuro

El pronóstico del tráfico futuro se elabora a partir del volumen y la composición del tránsito actual, considerando el crecimiento natural, el tráfico por el desarrollo urbano y el generado por nuevas actividades. Estas proyecciones, que suelen estimarse para un periodo de 15 a 20 años, son esenciales para clasificar adecuadamente las carreteras y definir parámetros clave como la velocidad de diseño y otros aspectos geométricos del proyecto (Cárdenas Grisales, 2013)

2.1.7 ESALs

En el diseño el factor ESALs es muy importante, ya que es el número de repeticiones de Carga Equivalente de un Eje de carga estándar de 18 lb (8.2 Ton), que circulan en el carril acumulado durante el periodo de diseño de la vía. Dentro de los diseños de vías como carreteras, autopistas o vías simples están basadas en las cargas equivalentes de un solo eje de 8.2 Ton. Este factor es esencial ya que con eso se espera que la estructura de pavimento diseñadas cumpla su periodo de diseño sin tener que intervenir en la misma con repavimentación, ni rehabilitación (ASSTHO, 1993).

2.1.8 Periodo de diseño

El periodo de diseño es la vida útil del diseño del pavimento, sin necesidad de que la vía necesite rehabilitación, la vida útil se refiere al tiempo transcurrido desde la habilitación del camino y el momento en el que el la misma necesite una intervención (ASSTHO, 1993)

2.1.9 Factor de carga equivalente

El factor de equivalencia representa una relación que permite analizar el daño producido en la estructura por un eje con una carga determinada, en comparación con un eje estándar de 18kips. Este factor es de tal importancia para la conversión de distintos tipos de cargas vehiculares en unidades equivalentes de carga simple (ESALs), facilitando el análisis del daño acumulativo del deterioro que sufrirá la estructura del pavimento en lo largo de su vida útil (ASSTHO, 1993).

2.1.10 Factor camión

Este factor permite ajustar las cargas de diseño para considerar el efecto que los camiones debido a su peso y frecuencia generar en la resistencia, durabilidad del pavimento. Su correcta determinación es esencial para dimensionar adecuadamente las capas del pavimento y evitar fallas prematuras, este factor se calcula partir del análisis de tránsito, y cantidad de vehículos pesados que circulan por la vía, permitiendo así prever el nivel de servicio durante la vida útil del pavimento (Quintana et al., 2013).

2.2 Clasificación de vías

2.2.1 Función

En nuestro país las carreteras se clasifican según el grado de importancia basado más en el volumen del tráfico y el número de calzadas, en la siguiente tabla se muestra las bases de la estructura de la red vial del país del nuevo milenio (MTOPI, 2013).

Tabla 2. Clasificación de vías según su función

| Función | CLASE DE CARRETERA (según MTOPI) | TPDA (1) AÑO FINAL DE DISEÑO |
|-------------------|----------------------------------|------------------------------|
| CORREDOR ARTERIAL | R - I - R - II (2) | >8000 |
| | I | 3000 - 8000 |
| | II | 1000 - 3000 |
| COLECTORA | III | 300 - 1000 |
| | IV | 100 - 300 |
| VECINAL | V | <100 |

Fuente: Tomado de la (MTOPI, 2013)

2.2.2 Corredores arteriales

Pueden ser calzadas separadas y calzadas únicas, tendrás un control total de accesos cuyo uso puede ser prohibir a cierta clase de usuarios y de vehículos, clasificadas como Clase I y II, por otro lado, las vías arteriales de Clase I y II, suelen tener una sola calzada con dos carriles bidireccionales, acompañados de espaldones laterales (MTOP, 2013).

2.2.3 Vías colectoras

Según la tabla ya mostraba, estas vías son de clase I, II, III y IV, sirven para poblaciones principales que no están en el sistema arterial nacional, de acuerdo con su importancia que estén destinadas a recibir el tráfico de los caminos vecinales (MTOP, 2013).

2.2.4 Caminos vecinales

Vías de clase IV y V que incluyen a todos los caminos rurales y áreas agrícolas, estas vías son destinadas a recibir tráfico doméstico de poblaciones rurales, accesos turísticos, son vías de poco aforo vehicular. (MTOP, 2013).

2.3 Topografía

La topografía es la técnica que permite determinar la posición relativa de puntos sobre la superficie terrestre mediante métodos directos e indirectos, y representa estos puntos mediante coordenadas planas o geográficas. También facilita la obtención de perfiles, curvas de nivel y modelos del terreno que son fundamentales en obras como carreteras, canales, edificaciones y sistemas de drenaje (Navarro, 2003).

Del proceso topográfico se obtienen:

- **Planimetría:** representación en planta (coordenadas XY).
- **Altimetría:** Curvas de nivel, perfil longitudinal y secciones transversales.

- **Cartografía:** para compatibilizar con estudio de suelos, tránsito, drenaje y diseño geométrico.

2.3.1 Levantamiento con RTK (Real Time Kinematic)

El levantamiento topográfico mediante tecnología RTK (Real Time Kinematic) se basa en la obtención de coordenadas tridimensionales precisas en tiempo real, lo que permite representar con gran exactitud la distancia, orientación y diferencia de altura entre puntos del terreno. El método RTK implica la conexión de un receptor móvil llamado Rover, a una estación base que funciona como referencia, lo que posibilita aplicar correcciones en tiempo real y obtener una precisión submétrica o milimétrica, ese proceso garantiza que las posiciones registradas sean “Vectores tridimensionales” completos, aptos para generar las curvas de nivel con alta precisión (TEJADA PLÚAS, 2022).

2.4. Análisis Geotécnicos de Suelos

Dentro de los estudios geotécnicos para la carreteras se deben obtener los datos suficientes del suelo que permita definir las correctas propiedades geotécnicas más importantes del suelo y materiales por los que va a atravesar el proyecto. En caminos nuevos (Rurales) se realizarán sondeos manuales por kilómetro, con una profundidad de 1.2 a 1.5m. dentro de este análisis de suelo se extraerán muestras de suelo para ser analizadas en el laboratorio (Braja M.Das, 2015).

2.4.1 Granulometría

Dentro del análisis de suelo están los ensayos granulométricos de suelos el cual nos permite realizar la determinación de los diferentes tamaños de partículas que se encuentran en el suelo, esto expresado como un porcentaje del peso seco total. Según (Braja M.Das, 2015), “Generalmente se utilizan dos métodos para encontrar la distribución de tamaño de partícula de suelo: (1) análisis

de tamiz para tamaños de partículas mayores de 0.075 mm de diámetro, y (2) análisis de hidrómetro para tamaños de partículas más pequeñas que 0.075 de diámetro”.

Tabla 3. Tamaños y aberturas de tamices

| Tamiz núm. | Abertura (mm) |
|------------|---------------|
| 4 | 4.750 |
| 6 | 3.350 |
| 8 | 2.360 |
| 10 | 2.000 |
| 16 | 1.180 |
| 20 | 0.850 |
| 30 | 0.600 |
| 40 | 0.425 |
| 50 | 0.300 |
| 60 | 0.250 |
| 80 | 0.180 |
| 100 | 0.150 |
| 140 | 0.106 |
| 170 | 0.088 |
| 200 | 0.075 |
| 270 | 0.053 |

Fuente: Tomado de Braja M. Das, 2015.

2.4.2 Clasificación de Suelos

Dentro de los sistemas de clasificación de suelos, está la norma ASSHTO, la cual permite la clasificación de los suelos en base a sus propiedades mecánicas, como la granulometría y características de plasticidad, con el propósito de evaluar parámetros como su aptitud para ser utilizados como material de la subrasante en las obras viales, este sistema se divide en varios grupos principales (A-1 ; A –7), donde los primeros representan materiales de mejor calidad para pavimentos (Braja M.Das, 2015).

2.4.3 Límite líquido

El límite líquido representa el contenido de humedad en el que un suelo comienza a comportarse como una sustancia líquida. En este estado, el suelo pierde cohesión y fluye bajo su propio peso, indicando una reducción significativa en su resistencia al corte. Este valor es esencial para identificar y clasificar suelos de grano fino, ya que permite predecir su comportamiento frente

a la carga y a la saturación. Su correcta determinación es clave en estudios de estabilidad y en el diseño de estructuras apoyadas sobre suelos con alta plasticidad (Braja M.Das, 2015).

2.4.4 Límite plástico

Se denomina límite plástico al ensayo en el que el suelo al enrollarse en forma de hilos de 3,2 mm con un contenido de humedad, en porcentaje, este llega a desmoronarse. Clasificando al límite plástico como el peor escenario plástico del suelo (Braja M.Das, 2015).

Ilustración 2. Clasificación para vías

| Clasificación general | Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200) | | | | | | |
|---|--|----------------|------------|--------------------------------|-------------------|---------|-------------------------|
| | A-1 | | | A-2 | | | |
| Grupo de clasificación | A-1-a | A-1-b | A-3 | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 |
| Análisis de tamiz (porcentaje de paso) | | | | | | | |
| Núm. 10 | 50 máx. | | | | | | |
| Núm. 40 | 30 máx. | 50 máx. | 51 mín. | | | | |
| Núm. 200 | 15 máx. | 25 máx. | 10 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 35 máx. |
| Características de la fracción de paso núm. 40 | | | | | | | |
| Límite líquido | | | | 40 máx. | 41 mín. | 40 máx. | 41 mín. |
| Índice de plasticidad | 6 máx. | | NP | 10 máx. | 10 máx. | 11 mín. | 11 mín. |
| Tipos comunes de materiales significativos constituyentes | Fragmentos de roca, grava y arena | | Arena fina | Limo o grava arcillosa y arena | | | |
| Clasificación general de la subrasante | Excelente a bueno | | | | | | |
| Clasificación general | Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200) | | | | | | |
| Grupo de clasificación | | A-4 | A-5 | A-6 | | | A-7 A-7-5* A-7-6† |
| Análisis de tamiz (porcentaje de paso) | | | | | | | |
| Núm. 10 | | | | | | | |
| Núm. 40 | | | | | | | |
| Núm. 200 | | 36 mín. | 36 mín. | 36 mín. | | | 36 mín. |
| Características de la fracción de paso núm. 40 | | | | | | | |
| Límite líquido | | 40 máx. | 41 mín. | 40 máx. | | | 41 mín. |
| Índice de plasticidad | | 10 máx. | 10 máx. | 11 mín. | | | 11 mín. |
| Tipos comunes de materiales significativos constituyentes | | Suelos limosos | | | Suelos arcillosos | | |
| Clasificación general de la subrasante | Regular a malo | | | | | | |
| *Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$ | | | | | | | |
| †Para A-7-6, $PI > LL - 30$ | | | | | | | |

Fuente: Braja M. Das, 2015.

2.4.5 Ensayo de Proctor modificado

La compactación de suelos es un proceso mecánico mediante el cual se incrementa la densidad del suelo al reducir el volumen de aire en sus poros, lo que mejora las propiedades del

suelo. Este procedimiento se evalúa a través del peso unitario seco del material. El adicionar agua durante el proceso de compactado, facilita la compactación de las partículas entre sí, para conformar una masa densa, este método de compactación se emplea con el fin de obtener una curva de compactación y determinar la humedad optima del suelo (Braja M.Das, 2015).

2.4.6 Ensayo de CBR (Californian Bering Ratio)

Este método de ensayo es utilizado para evaluar la capacidad de soporte del suelo, mide la resistencia que ofrece una muestra compacta ante la penetración de un pistón estándar, bajo condiciones de humedad y densidad. Este ensayo permite establecer una relación entre el esfuerzo aplicado y la profundidad de penetración, este ensayo puede ser medido tanto en campo como en laboratorio, y es utilizado para realizar el diseño de pavimentos flexibles (Braja M.Das, 2015).

2.5 Diseño geométrico

2.5.1 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es un parámetro importante dentro del diseños de carreteras, ya que en base a la velocidad se pueden determinar dimensiones y características como radios de curvatura, pendientes máximas, visibilidad y distancia de frenado. Representa una condición ideal de operación considerando factores como el tipo de vía, el tipo de terreno, el volumen de tráfico y la seguridad vial. La determinación de este para metro de diseño nos permite garantizar que la infraestructura sea segura, eficiente y comfortable (Cárdenas Grisales, 2013).

La velocidad es un factor clave en el diseño vial, pues impacta la seguridad y eficiencia del tránsito. Debe ajustarse al tipo de vía y al comportamiento de los conductores, considerando también su capacidad de reacción. Relacionarla adecuadamente con elementos como curvas, pendientes y visibilidad mejora la seguridad y fluidez vehicular (ASSTHO, 1993).

Tabla 4. Velocidad de diseño

| Categoría de la vía | | TPDA ESPERADO | VELOCIDAD DE DISEÑO KM/H | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|---------------|--|----------|---|----------|--|----------|---|----------|--|----------|--|----------|
| | | | BÁSICA | | | | PERMISIBLE EN TRAMOS DÍFICILES | | | | | | | |
| | | | RELIEVE LLANO | | | | RELIEVE ONDULADO | | | | RELIEVE MONTAÑOSO | | | |
| | | | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal | | Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad | | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitud | | Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad | | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal | | Utilizado para cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad | |
| | | | RECOMENDADA | ABSOLUTA | RECOMENDADA | ABSOLUTA | RECOMENDADA | ABSOLUTA | RECOMENDADA | ABSOLUTA | RECOMENDADA | ABSOLUTA | RECOMENDADA | ABSOLUTA |
| R - I - O - R II (TIPO) | | >8000 | 120 | 110 | 100 | 96 | 110 | 90 | 95 | 85 | 90 | 80 | 90 | 90 |
| I | TODOS | 3000 - 8000 | 110 | 100 | 100 | 90 | 100 | 80 | 90 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| II | TODOS | 1000 - 8000 | 100 | 90 | 90 | 86 | 90 | 80 | 85 | 80 | 70 | 50 | 70 | 50 |
| III | TODOS | 300 - 1000 | 90 | 80 | 85 | 80 | 80 | 60 | 80 | 60 | 60 | 40 | 60 | 40 |
| IV | 5.5E, 6 Y 7 | 100 - 300 | 80 | 60 | 80 | 60 | 60 | 35 | 60 | 35 | 50 | 25 | 50 | 25 |
| V | 4 Y 4E | <100 | 60 | 50 | 80 | 50 | 50 | 35 | 50 | 35 | 40 | 25 | 40 | 25 |

Fuente: Elaboración propia en base a la (MTOP, 2013)

En función de la tabla 4, presentada, nos dirigimos a la columna de categoría de la vía, en función del TPDA esperado, en función del relieve de la vía.

Tabla 5. Velocidad de operación

| | VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO - Km/h VOLUMEN DE TRÁNSITO | | |
|-----|---|-------|-------|
| | BAJO | MEDIO | ALTTO |
| 40 | 38 | 35 | 33 |
| 50 | 47 | 42 | 40 |
| 60 | 56 | 52 | 45 |
| 70 | 63 | 60 | 55 |
| 80 | 72 | 65 | 60 |
| 100 | 88 | 75 | |
| 120 | 105 | 85 | |

Fuente: Tomado de (MTOP, 2013)

2.5.2 Alineamiento vertical

El alineamiento vertical representa el perfil longitudinal de una carreta o vía, y está conformado por pendiente sus curvas verticales que permiten la conexión entre los niveles del terreno de forma gradual. Su correcto diseño es crucial para mantener condiciones óptimas de seguridad, y visibilidad para los conductores. El alineamiento vertical debe procurar el equilibrio de movimiento entre el terreno y los requisitos del tránsito vehicular, buscando pendientes suaves y transiciones progresivas que se ajusten al comportamiento del usuario (MTOP, 2013).

Tabla 6. Pendientes máximas

| Orografía | Terreno plano | Terreno ondulado | Terreno Montañoso | Terreno Escarpado |
|------------------|---------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Velocidad (km/h) | | | | |
| 20 | 8 | 9 | 10 | 12 |
| 30 | 8 | 9 | 10 | 12 |
| 40 | 8 | 9 | 10 | 10 |
| 50 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 60 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 70 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 80 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 90 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 100 | 6 | 5 | 5 | 5 |
| 110 | 5 | 5 | 5 | 5 |

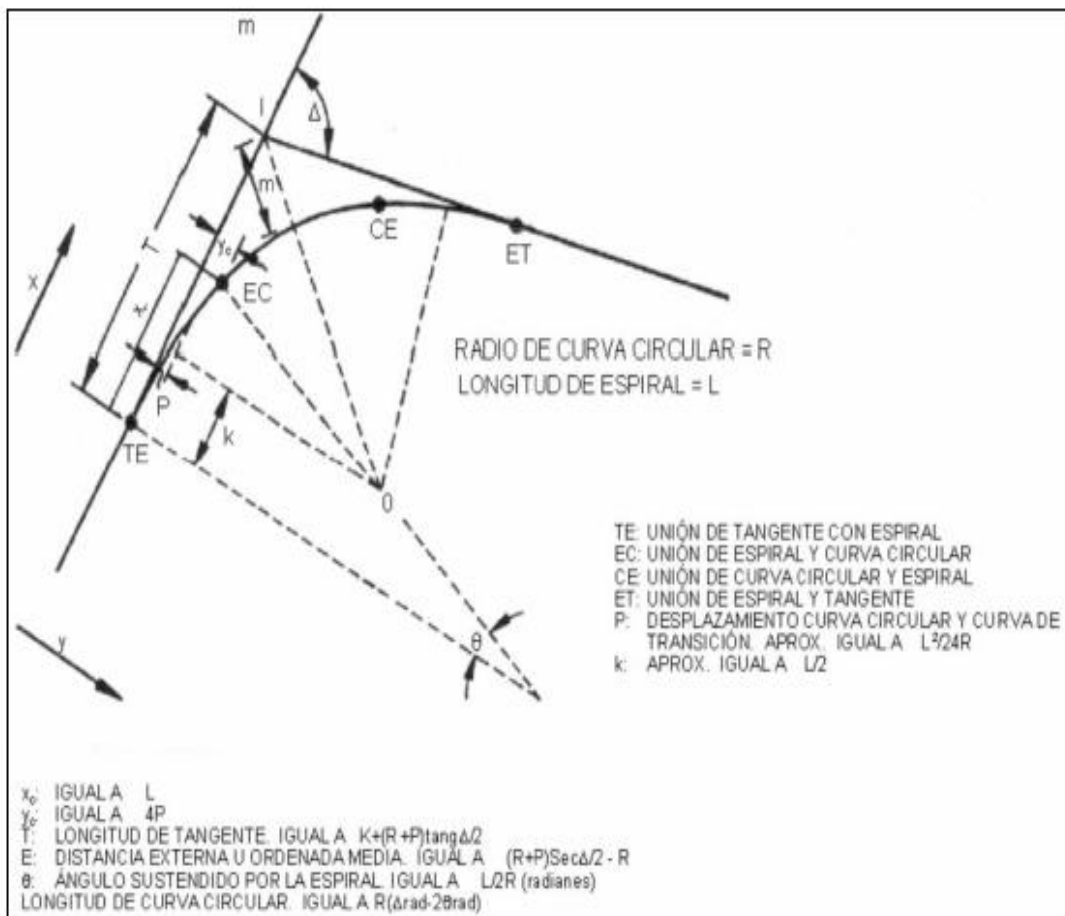
Fuente: Tomado de (MTOP, 2013)

2.5.3 Alineamiento horizontal

En el diseño de carreteras el alineamiento horizontal constituye el trazo en planta del eje de una vía y está formado por tramos rectos (tangentes) y curvas horizontales que permiten los cambios de dirección, el diseño de este componente debe responder a las características del terreno, la velocidad de diseño y las condiciones de seguridad para los conductores. La transición entre tramos rectos curvos debe garantizar una conducción fluida, evitando giros bruscos que puedan comprometer la estabilidad del vehículo, especialmente a velocidades medias y altas.

Para el diseño de las curvas de las vías deben diseñarse con los radios mínimos de curvatura adecuados y, cuando se necesario, incluir curvas de transición para que el cambio de dirección sea progresivo, lo cual es fundamentalmente para reducir la fuerza centrífuga que experimentan los vehículos al entrar en las curvas cerradas.

Ilustración 3: Elementos de las curvas



Fuente: Tomado de (MTO, 2013)

2.5.4 Radio mínimo de curvatura

El radio mínimo de curvatura dentro del diseño de vías son parámetro fundamental dentro del alineamiento horizontal, ya que nos permite determinar la curva más cerrada que puede optar una vía sin comprometer la seguridad de los conductores. Este valor depende principalmente de la

velocidad de diseño, el coeficiente de fricción lateral entre los neumáticos y el pavimento, y el peralte de la curva.

Donde:

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e_{max} + f_{max})}$$

R_{min} = Radio mínimo de una curvatura [m]

V = Velocidad de diseño [km/h]

f_{max} = Coeficiente de fricción lateral.

e_{max} = Peralte de la curva, [m/m]

2.5.5 Peralte

Es un elemento muy importante al momento de realizar un diseño geométrico de curvas horizontales, que consiste en inclinar transversalmente la calzada hacia el centro de la curva. El propósito de realizar esta inclinación es de equilibrar las fuerzas que actúan sobre un vehículo cuando atraviesa una curva, de tal forma que la implementación del peralte nos ayude a contraer rastrar estas fuerzas, o determinada fuerza centrífuga, ya que la fuerza de fricción desarrollada entre llantas y el pavimento no son suficiente para impedir el deslizamiento transversal.

$$e = \frac{v^2}{127R} - f$$

Donde:

R = Radio mínimo de una curva horizontal [m]

V = Velocidad de diseño [km/h]

f = Coeficiente de fricción lateral.

e = Peralte de la curva, [m/m]

Tabla 7. Tasa de sobreelevación

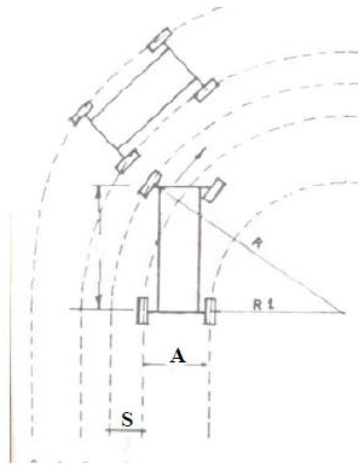
| Tasa de Sobre elevación "e" en (%) | Tipos de Áreas |
|------------------------------------|-----------------|
| 10 | Rural montañosa |
| 8 | Rural plana |
| 6 | Suburbana |
| 4 | Urbana |

Fuente: Tomado de (MTO, 2013)

2.5.6 Sobre ancho de curvatura

Los sobre anchos de curvatura se tienen en cuenta en el diseño cuando existen la presencia de radios pequeños combinados con carriles angostos, el tener en cuenta este factor de tal importancia, ayudara la maniobrabilidad de los conductores sobre los vehículos de forma eficiente, segura, etc. (Cárdenas Grisales, 2013).

Ilustración 4. Sobre ancho de curvatura



Fuente: Tomado de (MTO, 2013)

El sobre ancho de curvatura se puede calcular mediante la siguiente expresión

$$S = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{v}{10\sqrt{R}}$$

Donde:

S = Valor de sobreancho, metros.

n = Número de carriles de la calzada.

R = Radio de la curva circular, metros.

L = Longitud entre la parte frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, metros.

V = Velocidad de diseño, Km/hora.

2.5.7 Distancia de visibilidad en curvaturas horizontales

En el diseño de curvas horizontales este elemento es fundamental, depende de la presencia o ausencia de obstrucciones situadas en el interior del giro, tales como edificaciones, muro, taludes en corte, árboles o barreras longitudinales, entre otros, existen controles de diseños que se utilizan para tener un buen diseño, entre la cual está la distancia de visibilidad y velocidad de diseño. Su evaluación se realiza en función en función de la velocidad de diseño, aplicando tratamientos de despeje o modificaciones en el alineamiento cuando las condiciones del terreno no permiten cumplir con los valores requeridos.

$$m = R \left(1 - \cos \left(28.65 * \frac{D}{R} \right) \right)$$

Donde:

D = Distancia de frenado.

m = Distancia de visibilidad horizontal en la curva [m].

R = Radio de la curva circular, [m].

2.5.8 Visibilidad de adelantamiento

Se define como la distancia mínima de visibilidad que se requiere entre el conductor de un vehículo para adelantar a otro, dicho vehículo circula a menor velocidad, causando retraso en el tiempo de recorrido del otro conductor, por lo que invade el carril contrario de manera segura, y sin afectar al vehículo adelantado, este se incorpore al su carril. Para la distancia se empleará la siguiente ecuación:

Donde:

$$D = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$d_1 = 0.278t_1 \left(v - m + a * \frac{t_1}{2} \right)$$

$$d_2 = 0.278 * v * t_2$$

$$d_4 = \frac{2}{3} * d_2$$

D = Distancia de visibilidad de adelantamiento [m].

d_1 = Distancia preliminar de demora [m].

d_2 = Distancia preliminar de adelantamiento [m].

d_3 = Distancia preliminar seguridad (35-90) [m].

d_4 = Distancia de recorrido del vehículo del carril contrario [m].

t_1 = Tiempo inicial de la maniobra [m].

v = Velocidad promedio del vehículo que rebasa [m].

a = Aceleración promedio al inicio de la maniobra del vehículo que rebasa [kh/s/s].

m = Diferencia de velocidades entre los vehículos [Km/h].

t_2 = Tiempo de ocupación del carril contrario [m].

2.6 Análisis hidrológico e hidráulico

2.6.1 Periodos de Retorno

El período de retorno es un parámetro estadístico que define la frecuencia con la que se espera que ocurra un evento hidrológico de determinada magnitud, como lluvias intensas o caudales máximos. Su selección depende del tipo de infraestructura vial, la categoría funcional de la vía y el nivel de riesgo que se desea manejar en el diseño. Para obras menores como cunetas o alcantarillas en caminos de baja jerarquía, se aplican períodos de retorno entre 10 y 25 años, mientras que, para carreteras principales o estructuras hidráulicas mayores, se utilizan períodos de

retorno más prolongados, que pueden alcanzar los 50 o incluso 100 años, garantizando un mayor nivel de seguridad frente a eventos extremos (MTOP, 2013).

El periodo de retorno representa una medida estadística que permite estimar la frecuencia con la que puede repetirse un fenómeno hidrológico de gran intensidad, como lluvias torrenciales o crecientes significativas. Su valor se define en función del tipo de infraestructura vial a construir, la categoría funcional de la vía y el nivel de seguridad requerido. En caminos secundarios o de menor jerarquía, se suelen utilizar intervalos de entre 10 y 25 años, mientras que, en carreteras principales y obras de mayor envergadura, los intervalos seleccionados pueden ser de 50 o hasta 100 años, con el objetivo de asegurar un comportamiento adecuado ante eventos extremos poco frecuentes (MTOP, 2013).

Tabla 8. *Periodos de retorno*

| Riesgo (r, %) | Vida útil (n, años) | | | |
|------------------|---------------------|------|------|------|
| 50 | 10 | 20 | 25 | 50 |
| 25 | 15 | 29 | 37 | 73 |
| 10 | 35 | 70 | 87 | 174 |
| 5 | 95 | 190 | 238 | 475 |
| 1 | 195 | 390 | 488 | 975 |
| | 995 | 1990 | 2488 | 4977 |

Fuente: Tomado de (MTOP, 2013)

Usamos la tabla 8, teniendo en cuenta los criterios ya mencionados con anterioridad, seleccionamos el

Tabla 9. Periodos de retorno para diseño

| Tipos de obra | Tipo de vía | Periodo de retorno (T, años) | | Vida útil supuesta (n, años) | Riesgo de falla (%) | |
|--|-------------|------------------------------|--------------|------------------------------|---------------------|--------------|
| | | Diseño ³ | Verificación | | Diseño | Verificación |
| Puentes y viaductos | Carreteras | 200 | 300 | 50 | 22 | 15 |
| | Caminos | 100 | 150 | 50 | 40 | 28 |
| Alcantarillas (S < 2 m ²) o H terraplén > 10 m y estructuras enterradas ² | Carreteras | 100 | 150 | 50 | 40 | 28 |
| | Caminos | 50 | 100 | 30 | 45 | 26 |
| Alcantarillas S < 2 m ² | Carreteras | 50 | 100 | 50 | 64 | 40 |
| | Camino | 25 | 50 | 30 | 71 | 45 |
| Drenajes de la plataforma | Carreteras | 10 | 25 | 10 | 65 | 34 |
| | Caminos | 2 | 10 | 5 | 67 | 41 |
| Defensas de riberas | Carreteras | 100 | - | 20 | 18 | - |
| | Caminos | 100 | - | 20 | 18 | - |

Fuente: Tomado de (Montejo Fonseca, 2002)

2.6.2 Tiempos de concentración

En el análisis hidrológico de cuencas pequeñas, es necesario identificar cuánto tarda una gota de lluvia, desde el punto más alejado de la cuenca, en llegar hasta la salida del área de drenaje. Este lapso, conocido como tiempo de concentración, es esencial para determinar la duración crítica de la lluvia de diseño, ya que condiciona la intensidad con la que se calcula el caudal máximo. Factores como la pendiente del terreno, la rugosidad superficial, la longitud del recorrido del escurrimiento y el uso del suelo influyen directamente en este valor. Al emplearse en el dimensionamiento de obras de drenaje vial, permite establecer condiciones más precisas para garantizar que la infraestructura soporte adecuadamente eventos de precipitación intensa (MTOP, 2013)

Ilustración 5. Tiempo de concentración para las cunetas

| Autor | Expresión | Observaciones |
|-------------------------------------|--|--------------------------------|
| Normas Españolas | $T_c = 18 L^{0,76}/S^{0,19}$ | |
| California Culverts Practice (1942) | $T_c = 57 (L^3/H)^{0,385}$ | Cuencas de montaña |
| Giandotti | $T_c = 60 ((4 A^{0,5} + 1,5 L)/(0,8 H m^{0,5}))$ | Cuencas pequeñas con gradiente |
| Soil Conservation Service (1975) | $T_c = 258,7 L^{0,8} ((1000/CN) - 9)^{0,7} / 1900 S^{0,5}$ | Cuencas rurales |

Fuente: Tomado de (MTO, 2013)

Donde los elementos de la tabla son:

T_c= Tiempo de concentración

L= Longitud de cauce (m)

S= Gradiente longitudinal (m/m)

A= Área de la cuenca en (km²)

H_m= Diferencia de nivel entre la cota media de la cuenca y la cota de salida (m)

H= Diferencia entre los niveles extremos de la cuenca (m)

CN= Numero de curvas

2.6.3 Curvas IDF (Intensidad - Duración - Frecuencia)

En el desarrollo de un proyecto de diseño vial, además del trazado geométrico, es indispensable considerar los parámetros hidrológicos que influyen directamente en la estabilidad y funcionalidad de la infraestructura. Entre estos, el comportamiento de las precipitaciones adquiere especial relevancia, ya que determina los caudales que deben evacuar los sistemas de drenaje longitudinal y transversal. Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) permiten establecer la intensidad de lluvia esperada en función del tiempo de concentración y del período

de retorno adoptado, lo cual es fundamental para calcular de forma precisa los caudales de diseño. Esta información hidrológica asegura que obras como cunetas, alcantarillas o canales estén dimensionadas adecuadamente para resistir eventos extremos, minimizando así riesgos de socavación, inundaciones o daños a la vía (MTOPI, 2013).

Donde:

$$P_t^T = K * CD_t * CF_T * P_D^{10}$$

P_t^T = Lluvia con periodos de retorno T años y duración t en horas

K = Coeficiente de corrección para la lluvia máxima P_D^{10} , entre las 7 am y 7 am durante las 24 horas más lluviosas.

CD_t = Coeficiente de duración para t horas.

CF_T = Coeficiente de frecuencia para T años de periodo de retorno

P_D^{10} = Lluvia diaria entre 7 am y 7am, con 10 años de periodo de retorno obtenida de una estación pluviométrica

2.6.4 Estimación de Caudal por el Método Racional

El método racional es una técnica ampliamente utilizada para estimar el caudal máximo de escorrentía superficial generado en cuencas de pequeña a mediana extensión durante eventos de lluvia intensa y de corta duración. Este método establece una relación directa entre la intensidad de la precipitación, el área de la cuenca y un coeficiente que refleja las características del terreno y el uso del suelo, conocido como coeficiente de escorrentía. La precisión en la estimación de estos parámetros es fundamental para el adecuado diseño hidráulico de sistemas de drenaje, garantizando la seguridad y funcionalidad de infraestructuras frente a eventos pluviales extremos (MTOPI, 2013).

La fórmula para la estimación del caudal máximo Q es la siguiente:

$$Q = C * I * A$$

donde:

Q = Caudal máximo de escorrentía [L/s]

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional), que depende del tipo de superficie y condiciones del suelo.

I = Intensidad de la lluvia para el tiempo de concentración de la cuenca [milímetros por hora, mm/h]

A = Área de la cuenca o subcuenca que contribuye a la escorrentía [hectáreas, ha]

2.6.5 Conductores de Caudal (Alcantarillas)

Los conductores de caudal o también determinados como alcantarillas son una estructura de drenaje, con una luz paralela al eje de la vía de hasta 6 m, estas deben ser capaces de soportar el tránsito vehicular de la carretera, el peso de la vía. Estos conductores de cauce transversal tienen la función de proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia pueda atravesar por debajo de la superficie de la carretera, la misma deberá soportar cargas de tránsito, ya antes mencionada (MTO, 2013).

2.6.6 Cunetas

Las cunetas, ubicadas a ambos lados de la vía, tienen la función de interceptar y conducir el agua superficial generada por la escorrentía sobre la carretera y los taludes, protegiendo así los bordes de la berma y evitando la erosión en terraplenes. El drenaje de la plataforma se diseña para mantener las vías libres de inundaciones durante eventos de lluvia con un período de retorno determinado, captando tanto el agua que cae directamente sobre la franja vial como la que proviene de áreas externas y cruces de caminos. Para estimar los caudales de diseño, se utiliza el método

racional, adoptando un tiempo de concentración mínimo de 10 minutos y un período de retorno de 25 años. Además, se establece como límite no permitir flujos concentrados mayores a 3 litros por segundo en la plataforma, con el fin de preservar la integridad y funcionalidad de la vía ante eventos pluviales. Estas medidas aseguran un manejo eficiente del agua superficial, previniendo daños estructurales y facilitando el tránsito seguro (MTO, 2013).

2.6.7 Pendientes y velocidad

Se recomienda que la pendiente longitudinal mínima en cunetas con revestimiento sea de 0,12 %, mientras que en aquellas sin revestir debe alcanzar al menos el 0,25 %. La capacidad de conducción de cunetas triangulares puede estimarse aplicando la fórmula de Manning, la cual permite calcular el caudal en función de las características hidráulicas de la sección.

$$Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q = Gasto [m³/s]

n = Coeficiente de rugosidad de Manning [adimensional]

Ω = Área de la sección [m²]

i = Gradiente longitudinal [m/m]

2.7 Estructura de pavimento

El pavimento se conforma por una capa superficial, tratada o ligada con materiales cementantes hidráulicos o asfálticos, que se apoya sobre capas estructurales compuestas por materiales granulares, ya sean tratados o no. Estas capas incluyen la base, subbase y, en algunos casos, una subrasante mejorada, las cuales descansan sobre el terreno natural. La combinación de estos estratos permite que la estructura soporte las cargas del tránsito de manera eficiente y segura.

Dentro del sistema, las capas granulares representan la porción más voluminosa y desempeñan un papel clave al distribuir los esfuerzos hacia la subrasante, evitando concentraciones de carga que puedan provocar fallas. Además, controlan las deformaciones por fatiga o ahuellamiento en la capa superficial, limitan el flujo de agua hacia el terreno de cimentación y contribuyen a mejorar la estabilidad general del pavimento, facilitando también su construcción (Navarro, 2003)

2.7.1 Pavimento flexible

Los pavimentos flexibles están formados por una capa superficial asfáltica que transmite gradualmente las cargas del tránsito hacia las capas inferiores. Esta estructura se compone generalmente de una carpeta asfáltica, una base y una subbase, apoyadas sobre la subrasante. Las capas superiores están diseñadas para absorber esfuerzos y deformaciones, mientras que las capas inferiores distribuyen las cargas hasta alcanzar niveles aceptables para el terreno natural.

Este tipo de pavimento se caracteriza por su capacidad para adaptarse a las deformaciones del suelo sin fracturarse, gracias a su comportamiento elástico. Las capas granulares cumplen funciones clave como resistir esfuerzos, controlar la humedad, mejorar el soporte y facilitar la ejecución constructiva. Una correcta selección de materiales y espesores es fundamental para garantizar su durabilidad, desempeño estructural y respuesta adecuada frente a cargas repetidas (INEN, 2011).

2.7.2 Base granular

La base granular es una de las capas fundamentales en la estructura del pavimento, ubicada comúnmente debajo de la carpeta asfáltica en pavimentos flexibles, bajo la losa en sistemas rígidos y por debajo de la capa estabilizada en pavimentos semirrígidos. Está constituida por materiales granulares sin tratamiento, dispuestos sobre la subbase. En casos donde la subrasante presenta

buenas propiedades mecánicas, esta base puede colocarse directamente sobre ella. Su función principal en pavimentos flexibles es distribuir las cargas del tránsito hacia las capas inferiores con intensidades que no comprometan la integridad estructural del sistema (Rondon Quintana y Reyes Lizcano, 2022).

2.7.3 Sub base

La subbase es una capa intermedia ubicada entre la subrasante y la base del pavimento, diseñada con el objetivo de cumplir funciones técnicas y económicas. Su inclusión permite optimizar el uso de materiales, empleando insumos de mayor calidad en las capas superiores y materiales más económicos en las inferiores, sin comprometer la resistencia estructural. Actúa como una capa de transición que evita la migración de materiales entre la base y la subrasante, lo que ayuda a controlar deformaciones causadas por cambios de volumen. Además, colabora en la distribución de las cargas hacia la subrasante, reduciendo los esfuerzos directos sobre el terreno natural (Montejo Fonseca, 2002).

2.7.4 Carpeta asfáltica

La carpeta asfáltica tiene la función de brindar una superficie de rodadura estable, uniforme y con las condiciones óptimas de textura y color para el tránsito vehicular. Debe ser resistente a la abrasión causada por el paso constante de vehículos y estar correctamente diseñada para impedir la infiltración de agua hacia las capas inferiores del pavimento. Su capacidad para soportar esfuerzos de tracción complementa el desempeño estructural del sistema, asegurando la firmeza, durabilidad y funcionalidad de la vía frente a las cargas repetitivas del tráfico (Montejo Fonseca, 2002).

2.7.5 Diseño de pavimentos

El método AASHTO proporciona los lineamientos fundamentales para el diseño estructural de pavimentos destinados a carreteras, considerando factores como el tipo de suelo, cargas de tránsito, condiciones climáticas y vida útil esperada. En el caso de pavimentos flexibles, este método sugiere restringir el uso de tratamientos superficiales exclusivamente a mezclas de hormigón asfáltico, debido a su capacidad para resistir deformaciones, soportar esfuerzos repetitivos y ofrecer una superficie de rodadura segura y duradera. Además, se busca garantizar que esta capa superficial proteja adecuadamente las capas inferiores del pavimento contra la infiltración de agua y los daños provocados por el tránsito, asegurando así la integridad estructural y el rendimiento a largo plazo de la vía (ASSTHO, 1993).

2.7.6 Confiabilidad

La guía AASHTO de 1993 establece que la confiabilidad es un parámetro que introduce un nivel de certidumbre dentro del proceso de diseño estructural del pavimento. Este concepto representa la probabilidad de que la estructura cumpla satisfactoriamente su función durante el periodo de servicio previsto, considerando las variaciones en el tránsito y en las condiciones ambientales. En otras palabras, la confiabilidad busca asegurar que el pavimento resistirá las solicitaciones a las que estará expuesto, minimizando el riesgo de fallos prematuros (ASSTHO, 1993).

Ilustración 6. Confiabilidad según el tipo de carretera

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad, R [%] | |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------|
| | Urbana | Interurbana |
| Autopistas y carreteras importantes | 85.0 - 99.9 | 80.0 - 99.9 |
| Arterias principales | 80.0 - 99.0 | 75.0 - 95.0 |
| Colectoras | 80.0 - 95.0 | 75.0 - 95.0 |
| Locales | 50.0 - 80.0 | 50.0 - 80.0 |

Fuente: Tomado de (ASSTHO, 1993)

2.7.7 Desviación estándar

Para poder determinar los espesores de las capas del pavimento o capa de rodadura, R es necesario basarnos en la siguiente tabla.

Tabla 10. Desviación normal estándar, Zr

| Confiabilidad % | Desviación normal estándar, Zr |
|-----------------|--------------------------------|
| 50 | 0.000 |
| 60 | -0.253 |
| 70 | -0.524 |
| 75 | -0.674 |
| 80 | -0.841 |
| 85 | -1.034 |
| 90 | -1.282 |
| 91 | -1.340 |
| 92 | -1.405 |
| 93 | -1.476 |
| 94 | -1.555 |
| 95 | -1.645 |
| 96 | -1.751 |
| 97 | -1.881 |
| 98 | -2.054 |
| 99 | -2.327 |
| 99.9 | -3.090 |
| 99.99 | -3.750 |

Fuente: tomado de (ASSTHO, 1993)

2.7.8 Error nominal combinado (So)

Otro de los parámetros a tener en cuenta es el error normal combinado, para ello tendremos en cuenta la siguiente tabla proporcionada por la AASHTO.

Tabla 11. Error nominal

| Proyecto de Pavimento | So | |
|-----------------------|-------------|-------------|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 - 0.50 | 0.30 - 0.40 |
| Construcción Nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobre capas | 0.5 | 0.4 |

Fuente: Tomado de (ASSTHO, 1993)

2.7.9 Serviciabilidad (P)

La serviciabilidad es el factor que se encarga de medir el nivel o calidad de servicio en el tiempo transcurrido de la vida útil de la vía, para ellos usaremos la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Tabla 12. Serviciabilidad Inicial

| Tipo de vía | Serviciabilidad Inicial (Po) |
|-------------|------------------------------|
| Concreto | 4.5 |
| Asfalto | 4.2 |

Fuente: Tomado de (ASSTHO, 1993)

Tabla 13. Serviciabilidad final

| Tipo de vía | Serviciabilidad Final (Pf) |
|-----------------------------|----------------------------|
| Autopista | 2.5-3.0 |
| Carreteras | |
| Zonas industriales | |
| Pavimento urbano principal | 1.5 - 2.0 |
| Pavimento urbano secundario | 1.5 - 2.0 |

Fuente: Tomado de (ASSTHO, 1993)

2.7.10 Modulo resiliente

El módulo resiliente es un parámetro que indica el grado de rigidez que presenta un material cuando se somete a cargas repetidas o cíclicas, siendo especialmente útil para caracterizar el comportamiento de los suelos utilizados en la estructura del pavimento. Esta propiedad resulta fundamental para determinar los espesores adecuados de las diferentes capas del sistema estructural. En el diseño de pavimentos flexibles se establece una relación entre el valor del módulo resiliente y el índice CBR, permitiendo así una mejor evaluación de la capacidad de soporte del material y su influencia en el desempeño del pavimento (ASSTHO, 1993). (MTOP, 2013)

Ilustración 7. Modulo resiliente

| | | |
|------|------------------|-------------------|
| MR = | 1500*CBR | CBR < 10% |
| MR = | 3000*CBR^0.65 | 10 % < CBR < 20% |
| MR = | 4326*LN(CBR)+241 | Suelos granulares |

Fuente: Tomado de (ASSTHO, 1993)

2.7.11 Numero estructural

Este parámetro permite determinar los espesores requeridos para cada una de las capas del pavimento, funcionando como un coeficiente fundamental en el proceso de diseño estructural. A través de estos coeficientes, es posible traducir los espesores físicos en números estructurales, los cuales representan la capacidad de soporte de cada material utilizado, como la carpeta asfáltica, la base y la subbase. Estos valores se obtienen mediante ábacos y ecuaciones normalizados, los cuales están basados en estudios empíricos y experimentales, permitiendo así garantizar que cada capa cumpla con los requisitos de resistencia y durabilidad frente a las cargas del tránsito (ASSTHO, 1993). (MTOP, 2013)

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 + m_2}$$

$$D_2 = \frac{SN_3 - SN_2}{a_3 + m_3}$$

Donde:

SN= Numero estructural

a_1 = Coeficiente estructural de asfalto

a_2 = Coeficiente estructural de la base granular

a_3 = Coeficiente estructural de la subbase

D_n = Espesor de cada una de las capas

m_i = Coeficiente de drenaje

En base a la ecuación planteada, y en función de la siguiente tabla obtenemos los espesores mínimos de cada una de las capas.

Ilustración 8. Espesores mínimos de las capas

| W_{18} | Capa asfáltica [in] | Capa asfáltica [cm] | Base Granular [cm] | Base Granular [cm] |
|-----------|------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 50000 < | 1 | 2.5 | 4 | 10 |
| 150000 < | 2 | 5 | 4 | 10 |
| 500000 < | 2.5 | 6.5 | 4 | 10 |
| 2000000 < | 3 | 7.5 | 6 | 15 |
| 7000000 < | 3.5 | 9 | 6 | 15 |
| > 7000000 | 4 | 10 | 6 | 15 |

Fuente: Tomado de (ASSTHO, 1993)

2.7.12 Determinación de número estructural SN

La estimación de los módulos resilientes de los materiales granulares se basa en el uso de ábacos establecidos por el método AASHTO. Para la subbase, se considera un valor de CBR igual o superior al 30 %, como referencia mínima para determinar su capacidad estructural. En el caso de la base granular, y de acuerdo con los criterios establecidos por el MOP, se recomienda emplear un valor de CBR igual o superior al 80 %, utilizando igualmente los ábacos normalizados. Estos valores aseguran que los materiales utilizados en ambas capas cumplan con los requisitos de resistencia necesarios para garantizar un buen desempeño del pavimento (ASSTHO, 1993).

Para el cálculo del coeficiente estructural se establece con la siguiente fórmula:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 + a_3 * D_3$$

Donde:

SN= Numero estructural

a_1 = Coeficiente estructural de asfalto

a_2 = Coeficiente estructural de la base granular

a_3 = Coeficiente estructural de la subbase

D_n = Espesor de cada una de las capas

2.7.13 Determinación del índice de serviciabilidad

El índice de serviciabilidad permite evaluar el desempeño funcional del pavimento, considerando tanto su condición inicial como la final esperada durante el periodo de diseño. Este parámetro se expresa mediante un valor numérico que varía entre 0 y 5, donde 5 representa una carretera en óptimas condiciones y 0 una vía completamente deteriorada. El diseño del pavimento flexible toma en cuenta esta variación para asegurar que la estructura mantenga un nivel adecuado de confort y funcionalidad a lo largo del tiempo, permitiendo así una planificación efectiva del mantenimiento y rehabilitación (Montejo Fonseca, 2002).

Para su respectivo calculo se determina mediante la siguiente formula:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde:

ΔPSI = índice de serviciabilidad

P_o = serviciabilidad inicial

P_t = serviciabilidad final.

2.7.14 Cálculo del SN en base a la ecuación de la AASHTO

En el diseño estructural de pavimentos, se establece que, para asegurar su eficiencia y durabilidad, la estructura debe estar dimensionada para soportar altos volúmenes de tránsito. Específicamente, se considera el paso de más de 50.000 vehículos equivalentes, cada uno representado

por una carga estándar de 8,2 toneladas. Esta estimación permite proyectar el nivel de sollicitación al que estará sometida la vía a lo largo de su vida útil. El cálculo de esta demanda se realiza mediante una fórmula normalizada que permite convertir las cargas reales en ejes equivalentes, facilitando así la selección de espesores adecuados y materiales resistentes para cada capa del pavimento (ASSTHO, 1993).

$$\text{Log } W18 = Z_r * S_o + 9.36 \text{Log}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\text{LOG} * \left(\frac{\Delta PSI}{4.2} - 1.5 \right)}{0.4 + \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 * \text{LOG}(Mr) - 8.07$$

Donde:

W18 = Número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas

Zr = Desviación estándar normal

So = Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.

ΔPSI = Diferencias entre los índices de serviciabilidad

Mr = Módulo resiliente

SN = Número estructural

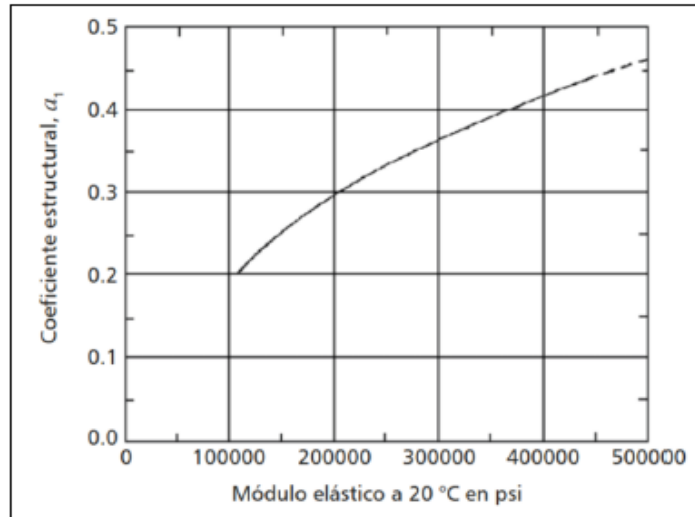
Tabla 14. Valores máximos recomendados de módulo de elasticidad

| Capa | T(°C) | f(Hz) | v[km/h] | E [MPa] |
|----------|-------|---------|---------|---------|
| Rodadura | 10 | 2.5 | 15 - 25 | 7000 |
| | | 5 | 35 - 45 | 4500 |
| | | 10 | 70 - 80 | 9500 |
| | 15 | 2.5 | 15 - 25 | 5000 |
| | | 4 | 35 - 45 | 6000 |
| | | 10 | 70 - 80 | 7200 |
| | 20 | 2.5 | 15 - 25 | 3000 |
| | | 5 | 35 - 45 | 4000 |
| | | 10 | 70 - 80 | 5000 |
| | 25 | 2.5 | 15 - 25 | 2200 |
| | | 5 | 35 - 45 | 2700 |
| | | 10 | 70 - 80 | 3500 |
| 30 | 2.5 | 15 - 25 | 1200 | |
| | 5 | 35 - 45 | 1600 | |
| | 10 | 70 - 80 | 2000 | |

Fuente: Tomado de (ASSTHO, 1993)

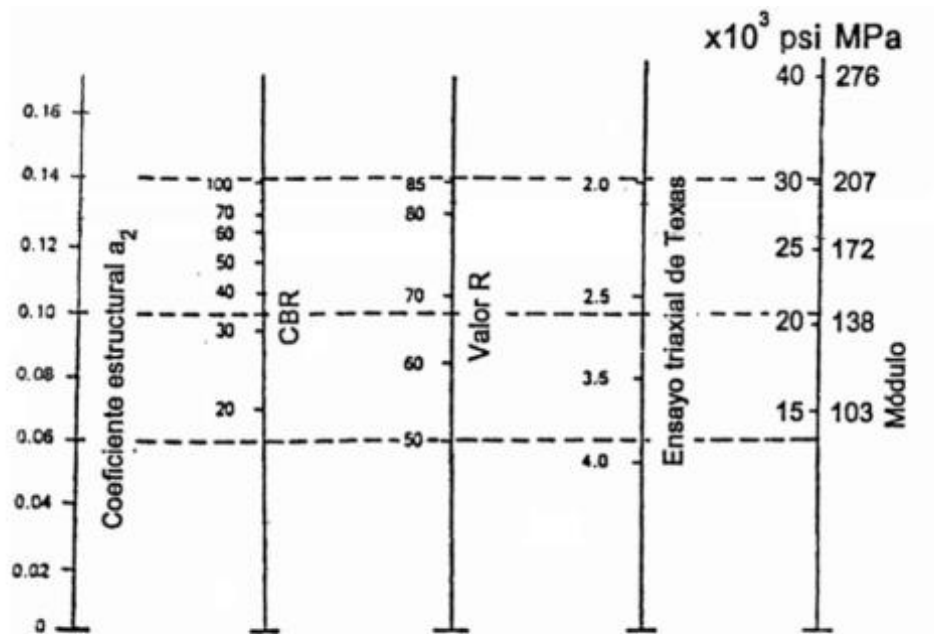
En los siguientes ábacos se obtendrá los valores de a_1 , a_2 , a_3

Ilustración 9. Coeficiente estructural a_1



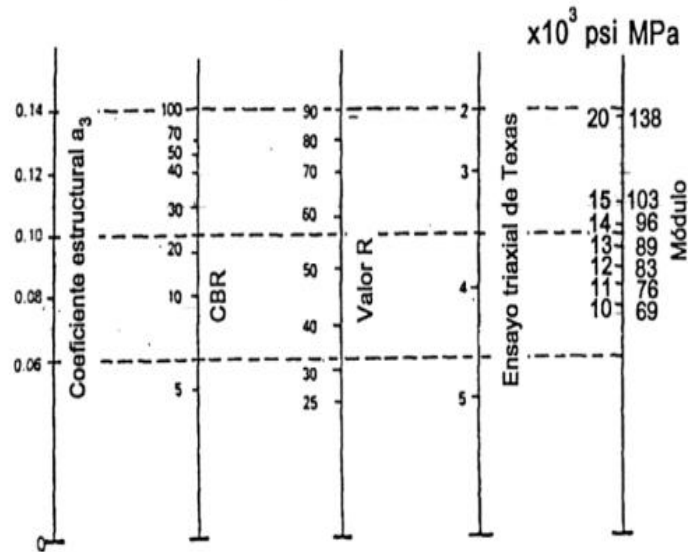
Fuente: Tomado de (ASSTHO, 1993)

Ilustración 10. Abaco para la estimación de coeficiente a_2



Fuente: Tomado de (ASSTHO, 1993)

Ilustración 11. Abaco para la estimación de a_3



Fuente: Tomado de (ASSTHO, 1993)

2.8 Señalización horizontal

2.8.1 Ubicación

La señalización vial debe situarse estratégicamente para captar la atención de usuarios con diversas capacidades visuales, cognitivas y psicomotoras, proporcionando el tiempo y las condiciones necesarias para interpretar el entorno y reaccionar adecuadamente. Esta colocación precisa garantiza el cumplimiento de dos objetivos principales: por un lado, indicar con exactitud el inicio o final de una restricción, y por otro, ofrecer advertencias o información anticipada sobre maniobras o acciones que deberán ejecutarse en el tramo siguiente. De esta manera, se facilita una conducción segura y eficiente para todos los usuarios de la vía (INEN, 2011).

2.8.2 Mensaje

La señalización horizontal, compuesta por líneas, símbolos y leyendas pintadas sobre la superficie vial, juega un papel fundamental en la seguridad del tránsito. Estas marcas deben ubicarse en puntos estratégicos donde los conductores puedan visualizarlas fácilmente y comprender su mensaje sin desviar la atención de la carretera. Además, los dispositivos

complementarios, que producen vibración y sonido al ser cruzados, actúan como alertas adicionales, contribuyendo a mejorar la seguridad y a prevenir accidentes mediante la estimulación sensorial del conductor (INEN, 2011).

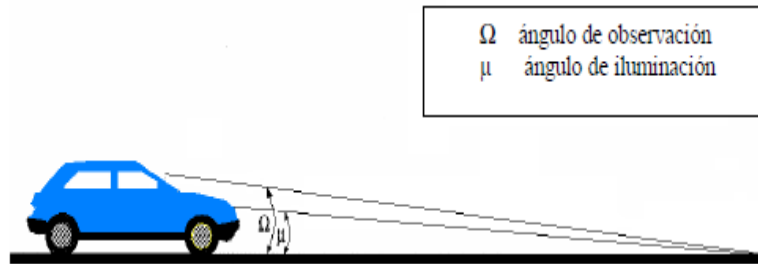
2.8.3 Color

La señalización vial utiliza principalmente los colores blanco y amarillo, que deben aplicarse de manera uniforme en toda la red vial. Las señales complementarias pueden presentar colores blanco, amarillo o rojo, y las líneas deben coincidir con el color del elemento que las contiene, salvo en el caso de las tachas bicolores. El color blanco se emplea para indicar líneas que permiten el cruce, el amarillo para señalizaciones que pueden o no ser cruzadas según el contexto, y el rojo se reserva exclusivamente para las líneas en el borde derecho de la vía, señalando peligro y prohibiendo su cruce (INEN, 2011).

2.8.4 Retro reflexión

Las señalizaciones deben ser claramente visibles en todo momento, independientemente de la hora del día o las condiciones climáticas. Para ello, se emplean materiales especiales como las microesferas de vidrio, que proporcionan retro reflectividad, mejorando significativamente la visibilidad nocturna mediante la reflexión de la luz de los vehículos. Estas señalizaciones deben mantener de manera constante los niveles mínimos de retro reflectividad establecidos por la normativa técnica correspondiente, así como cumplir con los estándares para pinturas de tráfico, materiales retro reflectivos y sistemas de encauzamiento. Esto garantiza su efectividad y contribuye a la seguridad vial en diversas condiciones ambientales (INEN, 2011).

Ilustración 12. Angulo de iluminación

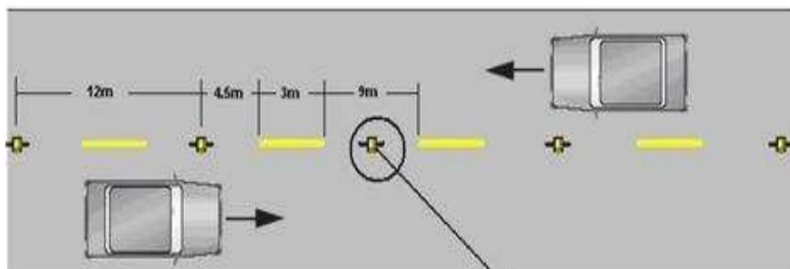


Fuente: Tomando de (INEN, 2011)

2.8.5 Líneas longitudinales

Las líneas longitudinales en las vías cumplen la función de delimitar carriles y calzadas, indicando zonas donde adelantar o estacionar está permitido o prohibido, así como áreas exclusivas para ciertos vehículos como buses o bicicletas y la proximidad de cruces peatonales. Estas líneas pueden ser continuas, segmentadas o en zigzag; las continuas señalan prohibiciones para estacionar, rebasar o girar, mientras que las segmentadas permiten el rebasamiento. Según su color, las líneas amarillas separan el tráfico en direcciones opuestas y marcan restricciones en el borde izquierdo cuando existe parterre; las blancas dividen flujos en la misma dirección y se colocan en el borde derecho o berma; y las líneas azules delimitan zonas de estacionamiento con control de tarifa y tiempo. Sus anchos varían entre 100 y 150 mm, según las especificaciones técnicas (INEN, 2011).

Ilustración 13. Líneas delimitadoras de carril

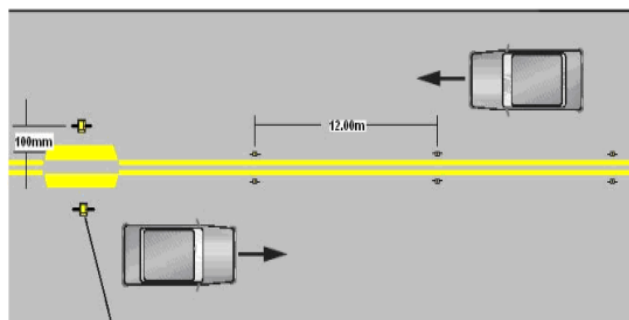


Fuente: Tomando de (INEN, 2011)

2.8.6 Doble línea continua

Estas líneas de separación están formadas por dos líneas amarillas paralelas: una continua y otra segmentada, cada una con un ancho mínimo de 100 mm y separadas por una distancia de 100 mm. Este diseño permite que el rebasamiento se realice de forma segura únicamente desde el lado donde se encuentra la línea segmentada, mientras que cruzar la línea continua está estrictamente prohibido para mantener la seguridad vial. (INEN, 2011).

Ilustración 14. Doble línea continua

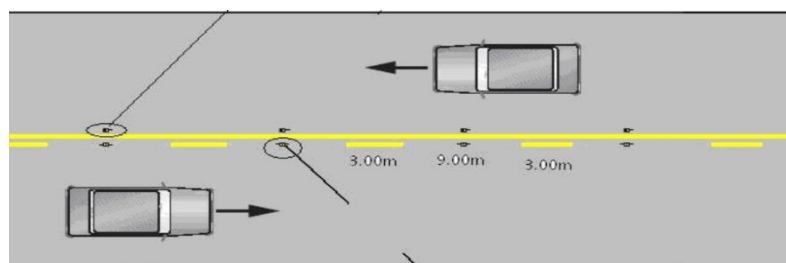


Fuente: Tomando de (INEN, 2011)

2.8.7 Doble línea mixta

Se trata de dos líneas amarillas paralelas, una continua y otra segmentada, cada una con un ancho mínimo de 100 mm y separadas por una distancia de 100 mm. Estas marcas permiten que los vehículos realicen adelantamientos únicamente desde el lado de la línea segmentada, mientras que cruzar o rebasar desde el lado de la línea continua está prohibido, garantizando así la seguridad en la vía (INEN, 2011).

Ilustración 15. Línea continua mixta



Fuente: Tomando de (INEN, 2011)

2.8.8 Delimitación de zonas de estacionamiento (Tipo de línea)

Estas líneas señalizan la prohibición permanente de estacionar a lo largo de la vía, salvo cuando se establezca un horario específico que permita esta acción. Son fácilmente identificables por su color amarillo y pueden colocarse tanto sobre la calzada como en el bordillo. Su ubicación se determina en función de la tipología y la geometría del lugar, buscando garantizar la fluidez del tránsito, evitar obstrucciones y aumentar la seguridad vial en áreas críticas (INEN, 2011).

2.8.9 Reductores de velocidad

Los elementos de control de velocidad consisten en modificaciones geométricas, materiales especiales de pavimento y dispositivos instalados sobre la calzada, diseñados para disminuir la velocidad de los vehículos sin detenerlos completamente. Su finalidad principal es proteger a los peatones y fortalecer la seguridad vial. Asimismo, estos elementos contribuyen a desalentar el tránsito excesivo en determinadas vías, fomentando un ambiente más seguro para todos los usuarios de la carretera (INEN, 2011).

2.9 Señalización vertical

2.9.1 Ubicación

Para garantizar una anticipación adecuada, las señales de advertencia de destino deben colocarse a diferentes distancias según el tipo de vía. En áreas urbanas, estas señales se ubican aproximadamente a 100 metros antes de la intersección, mientras que en vías rurales deben situarse entre 150 y 200 metros previos al cruce. Esta distribución permite a los conductores contar con el tiempo necesario para percibir la señal y ejecutar las maniobras correspondientes de manera segura (INEN, 2011). Volumen 5

2.9.2 Colores

Los colores utilizados en la señalización vial deben de cumplir con las normas técnicas vigentes establecidas por el INEN (2001), siendo cada uno asignado a funciones específicas dentro del sistema de señalización.

- **Rojo:** se emplea como color de fondo en señales de PARE, de prohibición, advertencia y cruces; también en señales de no estacionar, el triángulo de ceder el paso y carteles de restricción como “no molestar”.
- **Negro:** utilizado para símbolos, textos y flechas sobre señales de fondo claro, así como en distintivos de advertencia y para leyendas en señales de tránsito.
- **Blanco:** aplicado en señales reglamentarias, nomenclaturas viales, delineadores de rutas y carteles informativos con fondos oscuros.
- **Amarillo:** se usa en señales de prevención, advertencias de velocidad, distancias y situaciones de riesgo.
- **Naranja:** color de fondo en señalización temporal asociada a zonas de construcción y cruces escolares.
- **Verde:** se emplea como fondo en señales informativas relacionadas con llegada, tarifas, control de peso y advertencias generales; también para textos y símbolos en señales de estacionamiento libre.
- **Azul:** utilizado como fondo en señales de servicios, como paradas de buses y zonas de pago; su aplicación es de carácter reglamentario.
- **Café:** reservado como color de fondo para señales que brindan información turística o ambiental.

2.9.3 Forma

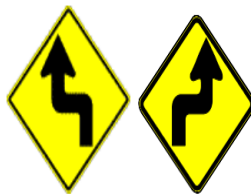
La uniformidad en el diseño de las señales es fundamental para que los usuarios de la vía puedan identificarlas y comprenderlas con facilidad. Por esta razón, se estandarizan aspectos como la forma, el color y el contenido del mensaje, lo que permite una rápida asociación visual y una interpretación eficiente. Esta coherencia facilita la toma de decisiones en tiempo real y contribuye a la seguridad y fluidez del tránsito en todo tipo de vías (INEN, 2011).

2.9.4 Series de alineamiento

Las series de alineamiento forman parte de la señalización preventiva y se utilizan para advertir a los conductores sobre variaciones en el trazado de la vía, como curvas sucesivas, cambios de dirección o empalmes entre tramos rectos y curvos (INEN, 2011).

- Curva abierta (P1-2I; P1-2D): Esta señal indica aproximación de curvas abiertas

Ilustración 16. Señalización P1-2I; P1-2D



Fuente: Tomado de (INEN, 2011)

2.9.5 Series de Anchos

Las series de anchos hacen referencia a señales preventivas que advierten al conductor sobre cambios en el ancho disponible de la calzada o del carril, lo cual puede afectar las condiciones de circulación y la maniobrabilidad (INEN, 2011).

- Ancho máximo (P4-8): Esta señal se usa para advertir una restricción de ancho en la calzada que puede afectar a ciertos vehículos.

Ilustración 17. Señalización de anchos máximos.



Fuente: Tomado de (INEN, 2011)

2.9.6 Serie de obstáculos

Las series de obstáculos comprenden señales preventivas utilizadas para alertar a los usuarios sobre la presencia de elementos físicos en la vía que pueden alterar la circulación, entre ellos los rompe velocidades. Estos dispositivos, instalados directamente sobre la calzada, tienen como función reducir la velocidad de los vehículos en zonas sensibles como escuelas, hospitales o áreas residenciales. La señalización correspondiente debe colocarse con anticipación suficiente y adecuada visibilidad, permitiendo al conductor identificar la presencia del obstáculo y adaptar su velocidad de forma segura (INEN, 2011).

Ilustración 18. Señalización de obstáculos en la calzada



Fuente: Tomado de (INEN, 2011)

2.9.7 Señales regulatorias

Las señales regulatorias tienen la función de informar a los usuarios de la vía sobre las prohibiciones, restricciones, obligaciones o permisos que rigen en un determinado tramo de carretera. Estas señales establecen normas de cumplimiento obligatorio, por lo que su correcta ubicación es fundamental para la seguridad y el orden en el tránsito. Generalmente, se instalan en

el lado derecho de la calzada, ligeramente antes del punto donde se debe ejecutar la acción indicada, permitiendo así que el conductor tenga tiempo suficiente para percibirla, interpretarla y actuar conforme a lo establecido, dentro de este tipo de señalización se debe de tener en cuenta que deben de ser muy claras en su mensaje, tanto en el día como en la noche, deben de tener en la noche el porcentaje de reflectividad (INEN, 2011).

Dentro de las señales regulatorias tenemos a:

R1 = serie de prioridad de paso

R2 = serie de movimiento y dirección

R3 = serie de restricción de circulación

R4 = serie de límites máximos

R5 = serie de estacionamientos

R6 = serie de placas complementarias

R7 = serie miscelánea

Ilustración 19. Límite de velocidad máxima (R4-1)



Fuente: Tomando de (INEN, 2011)

Ilustración 20. Señalización de prohibido rebasar(R2-13)



Fuente: Tomando de (INEN, 2011)

Ilustración 21. Señalización de NO ENTRE



Fuente: Tomando de (INEN, 2011)

Ilustración 22. Señalización de reducción de velocidad



Fuente: Tomado de (INEN, 2011)

3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Levantamiento topográfico

Dentro del proyecto vial se procedió a realiza un levantamiento topográfico con el equipo de topografía llamo RTK, que tiene una tecnología de posicionamiento, el cual nos permite realizar el levantamiento con un nivel de precisión elevado sin la necesidad de colocar marcas de control para una corrección de datos posteriormente.

El levantamiento fue realizado en la provincia del Azuay, Cantón Cuenca, parroquia de Soldados, tomando los puntos de vías, con una franja extra de 5 metros a cada lado, este proceso de recopilación de información por el método mencionado anteriormente fue realizado en dos días mediante los siguientes pasos:

- 1. Ubicación de los equipos de campo:*** Para ubicar el equipo se estableció el punto de partido donde se plantará la base para la antena RTK, en donde haya la menor interferencia para que la recolección de datos sea lo más precisa.

2. **Procesamiento de datos:** Después de terminar con el levantamiento topográfico, se procedió con la transferencia de datos, para realizar un trabajo de oficina, dentro del cual está la creación de la superficie del terreno con los puntos obtenidos del levantamiento, con ayuda de programas como es el Civil 3D.

Ilustración 24. Punto de control para la antena RTK



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 23. Recopilación de información

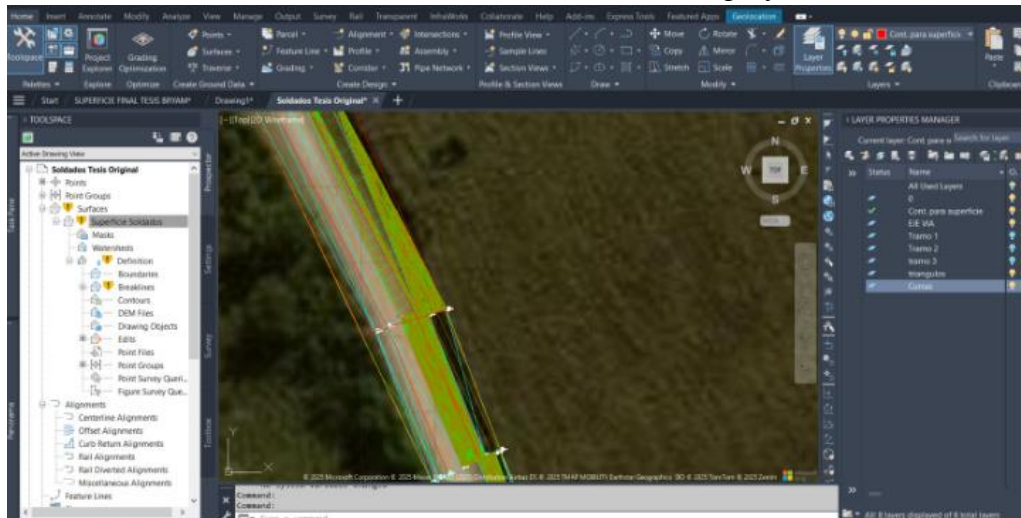


Fuente: Elaboración propia

3.2 Trabajo de oficina

Dentro del trabajo de oficina, se procedió con la elaboración de la superficie del terreno para realizar el diseño geométrico de la vía.

Ilustración 25. Creación de la superficie



Fuente: Elaboración propia

3.3 Censo vehicular

Otro factor importante para el diseño vial es tener un aforamiento vehicular, un censo de tráfico denominado TPDA, tráfico Promedio Diario Anual, consiste en recopilar información del tránsito de vehículos por la zona, este censo se realizó mediante el uso de cámara, se procedió con el censo vehicular durante un periodo de 24 horas, durante 7 días.

3.3.1 Cálculo del TPDA

Una vez que se terminó con el censo vehicular, se procedió a realizar el cálculo del TPDA, dentro del cual se necesita algunos factores, como el factor diario, semanal, mensual, para su cálculo, los cuales dentro del trabajo de oficina se realizó, en base a la norma MTOP.

Para el cálculo del TPDA, se realizó un aforo de conteo vehicular de 7 días consecutivos, durante las 24 horas del día, mediante el uso de una cámara para posterior realizar su conteo.

Ilustración 26. Ubicación de la estación de conteo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Resumen del conteo vehicular

| RESUMEN CONTEO VEHICULAR | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|----------------|
| Vehículos | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo | Total | Total Promedio |
| Autos | 104 | 101 | 116 | 112 | 110 | 120 | 124 | 787 | 113 |
| Bus | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 14 | 2 |
| Buseta | 6 | 8 | 7 | 10 | 8 | 10 | 12 | 61 | 9 |
| C-2D | 33 | 38 | 37 | 36 | 35 | 41 | 43 | 263 | 38 |
| C-2DB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C-3A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C-4C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V2DE | 15 | 9 | 16 | 12 | 15 | 8 | 4 | 79 | 12 |
| Motos | 40 | 38 | 37 | 35 | 41 | 40 | 43 | 274 | 40 |
| Total | 200 | 196 | 215 | 207 | 211 | 221 | 228 | 1478 | 214 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Factor horario

| Factor Horario | | | |
|----------------------------------|-------------|-------|----------------|
| Horas que contiene 1 día = | 24 | 1,700 | |
| Horas contadas en el mismo día = | 24 | 1,650 | 49.5 |
| Fh = | 1.03 | 1.1 | Factor horario |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Factor semanal

| MES | N° Días | N° SEMANAS | Fs |
|-------------|-------------|-----------------------|------|
| Enero | 31 | 4 | 1.11 |
| Febrero | 28 | 4 | 1.00 |
| Marzo | 31 | 4 | 1.11 |
| Abril | 30 | 4 | 1.07 |
| Mayo | 31 | 4 | 1.11 |
| Junio | 30 | 4 | 1.07 |
| Julio | 31 | 4 | 1.11 |
| Agosto | 31 | 4 | 1.11 |
| Septiembre | 30 | 4 | 1.07 |
| Octubre | 31 | 4 | 1.11 |
| Noviembre | 30 | 4 | 1.07 |
| Diciembre | 31 | 4 | 1.11 |
| Total | 365 | | |
| Fs = | 1.07 | Factor semanal | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Factor mensual

| CONSUMO DE COMBUSTIBLE AÑO 2023 | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|------------|----------------|------------|
| MES | 87 OCTANOS | 92 OCTANOS | DIESEL PREMIUM | SUMA |
| Enero | 3,877,402 | 625,955 | 3,293,368 | 7,796,724 |
| Febrero | 3,330,550 | 564,913 | 3,179,790 | 7,075,253 |
| Marzo | 4,974,796 | 617,057 | 2,198,898 | 7,790,751 |
| Abril | 3,739,420 | 606,430 | 3,212,193 | 7,558,044 |
| Mayo | 4,073,673 | 615,065 | 3,278,495 | 7,967,233 |
| Junio | 3,907,999 | 592,657 | 2,909,649 | 7,410,305 |
| Julio | 4,215,636 | 580,536 | 3,417,977 | 8,214,149 |
| Agosto | 4,232,896 | 539,268 | 3,485,990 | 8,258,154 |
| Septiembre | 4,413,356 | 538,276 | 3,187,424 | 8,139,057 |
| Octubre | 4,753,796 | 615,704 | 2,999,186 | 8,368,687 |
| Noviembre | 4,380,682 | 660,749 | 3,406,909 | 8,448,340 |
| Diciembre | 5,229,493 | 563,770 | 2,961,265 | 8,754,528 |
| | 51,129,699 | 7,120,380 | 37,531,146 | 95,781,225 |
| | COSTO PROMEDIO MENSUAL | | | 7,981,769 |
| | FM | | | 1.0560628 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. TPDA calculado para el 2025

| TPDA 2025 | | | | | | | | | |
|--------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|--------------------|------------|----------------|
| Vehículos | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo | Total | Total Promedio |
| Autos | 130 | 126 | 145 | 140 | 137 | 150 | 155 | 983 | 141.00 |
| Bus | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 21 | 3 |
| Buseta | 8 | 10 | 9 | 13 | 10 | 13 | 15 | 78 | 12 |
| C-2D | 42 | 48 | 47 | 45 | 44 | 52 | 54 | 332 | 48 |
| C-2DB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C-3A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C-4C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V2DE | 19 | 12 | 20 | 15 | 19 | 10 | 5 | 100 | 15 |
| Motos | 50 | 48 | 47 | 44 | 52 | 50 | 54 | 345 | 50 |
| Total | 252 | 247 | 271 | 260 | 265 | 278 | 286 | 1859 | 269.00 |
| | | | | | | | <i>Prom.diario</i> | 269 | |

Fuente: Elaboración propia

En base al TPDA calculado se procede con él a proyectar el tráfico para un periodo de 15 años.

Tabla 20. Tráfico proyectado para el 2040

| CLASE | TPDA (2025) | 2025-2030 | n | TPDA (2030) | 2030-2035 | n | TPDA (2035) | 2035-2040 | n | TPDA (2040) |
|--------------|-------------|-----------|---|-------------|-----------|---|-------------|-----------|---|-------------|
| LIVIANOS | 141 | 3.11% | 5 | 165 | 2.85% | 5 | 190 | 2.67% | 5 | 217 |
| BUSES | 6 | 2.25% | 5 | 7 | 2.25% | 5 | 8 | 2.25% | 5 | 9 |
| CAMIONES | 221 | 2.25% | 5 | 248 | 2.25% | 5 | 278 | 2.25% | 5 | 311 |
| TOTAL | 368 | | | 420 | | | 476 | | | 537 |

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Cálculo del ESALs

Dentro de este parámetro ESALs, el cual nos permite estimar el daño acumulado que generaran los vehículos sobre el pavimento, convirtiendo distintas cargas en ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

Ilustración 27. Cálculo de numero de ejes equivalentes

| CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TONS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|-------|----------------|---------------|--------------------------|-------|-------|----------------|---------------|----------|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Vía Soldados-San Antonio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AÑO | % Crecimiento | | | | TRANSITO PROMEDIO DIARIO | | | | | CAMIONES | | | | | | | | | W ₁₈ | W ₁₈ | numero de carriles |
| | AUTOS | BUSES | CAMION LIVIANO | CAMION PESADO | TPD TOTAL | AUTOS | BUSES | CAMION LIVIANO | CAMION PESADO | 2DA | 2DB | 3 - A | 4 - C | 2S2 | 2R3 | 3S2 | 3R3 | 3S3 | Acumulado | Carril Diseño | |
| 2025 | 3.11% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 368 | 141 | 6 | 44 | 177 | 44 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15,975 | 7,988 | |
| 2026 | 3.11% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 377 | 145 | 6 | 45 | 181 | 45 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32,237 | 16,118 | |
| 2027 | 3.11% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 387 | 150 | 6 | 46 | 185 | 46 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48,791 | 24,395 | |
| 2028 | 3.11% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 397 | 155 | 6 | 47 | 189 | 47 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65,644 | 32,822 | |
| 2029 | 3.11% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 408 | 159 | 7 | 48 | 194 | 48 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82,802 | 41,401 | |
| 2030 | 3.11% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 418 | 164 | 7 | 49 | 198 | 49 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100,274 | 50,137 | |
| 2031 | 2.85% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 428 | 169 | 7 | 50 | 202 | 50 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 118,065 | 59,032 | |
| 2032 | 2.85% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 439 | 174 | 7 | 51 | 207 | 51 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 136,182 | 68,091 | |
| 2033 | 2.85% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 450 | 179 | 7 | 53 | 212 | 53 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 154,635 | 77,317 | |
| 2034 | 2.85% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 461 | 184 | 7 | 54 | 216 | 54 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 173,429 | 86,714 | |
| 2035 | 2.85% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 473 | 189 | 7 | 55 | 221 | 55 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 192,572 | 96,286 | |
| 2036 | 2.67% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 484 | 194 | 8 | 56 | 226 | 56 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 212,073 | 106,037 | |
| 2037 | 2.67% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 496 | 199 | 8 | 57 | 231 | 57 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 231,940 | 115,970 | |
| 2038 | 2.67% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 508 | 205 | 8 | 59 | 236 | 59 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 252,180 | 126,090 | |
| 2039 | 2.67% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 520 | 210 | 8 | 60 | 242 | 60 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 272,802 | 136,401 | |
| 2040 | 2.67% | 2.25% | 2.25% | 2.25% | 533 | 216 | 8 | 61 | 247 | 61 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 293,815 | 146,907.437465 | |

Fuente: Elaboración propia

3.4 Ensayos de laboratorio

Para la elaboración de la vía, es necesario contar un ensayo de laboratorio por lo cual se procedió con extracción de calicatas cada kilómetro, para realizar ensayos en los cuales constan, ensayo de granulometría, limite líquido, limite plástico, Proctor modificado y CBR.

Posteriormente a los ensayos realizados, se realizó la clasificación de los resultados en base a la norma, se realizó las clasificaciones SUCS, AASHTO, etc.

3.4.1 Ensayos de la calicata 1

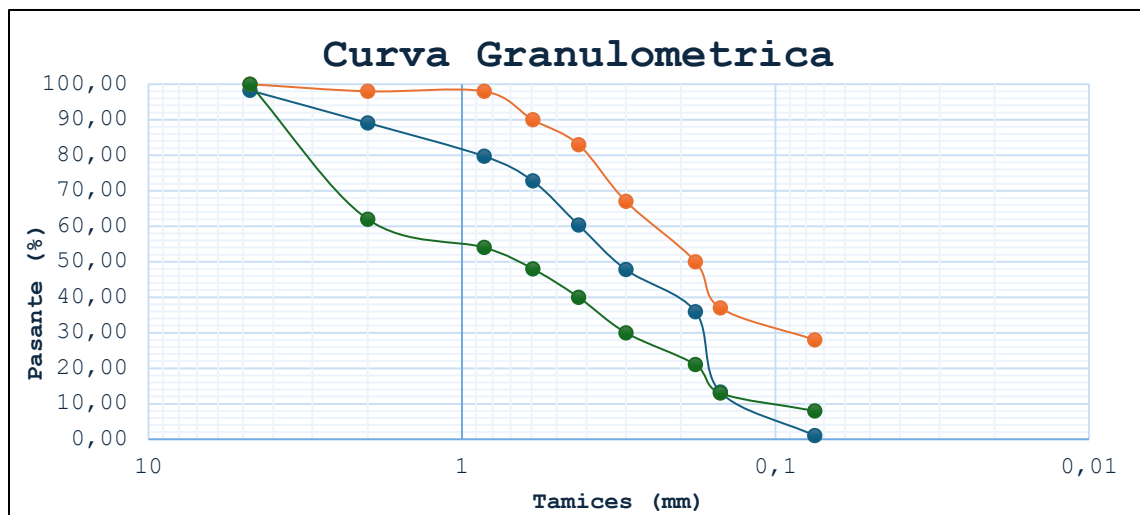
El ensayo de granulometría fue realizado de dos calicatas extraídas, se mostrarán gráficas y tablas de los ensayos a continuación:

Tabla 21. *Granulometría calicata 1*

| GRANULOMETRIA CALICATA 1 ASB 6+000 | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Tamiz N° | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Peso Retenido (%) | Retenido Acumulado (%) | Pasante (%) | Límite inferior | Límite Superior |
| 4 | 4.75 | 92.60 | 1.74 | 1.74 | 98.26 | 100 | 100 |
| 10 | 2 | 486.22 | 9.15 | 10.90 | 89.10 | 62 | 98 |
| 20 | 0.85 | 499.180 | 9.40 | 20.30 | 79.70 | 54 | 98 |
| 30 | 0.595 | 369.00 | 6.95 | 27.25 | 72.75 | 48 | 90 |
| 40 | 0.425 | 658.20 | 12.39 | 39.64 | 60.36 | 40 | 83 |
| 50 | 0.3 | 668.80 | 12.59 | 52.23 | 47.77 | 30 | 67 |
| 80 | 0.18 | 629.00 | 11.84 | 64.07 | 35.93 | 21 | 50 |
| 100 | 0.15 | 1201.08 | 22.61 | 86.69 | 13.31 | 13 | 37 |
| 200 | 0.075 | 650.92 | 12.26 | 98.95 | 1.05 | 8 | 28 |
| Fondo | 0 | 56.00 | 1.05 | 100.00 | 0.00 | | |
| Σ | | 5311 | 100.00 | | | | |
| Finos | | | 1.05 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 28. *Curva granulométrica*



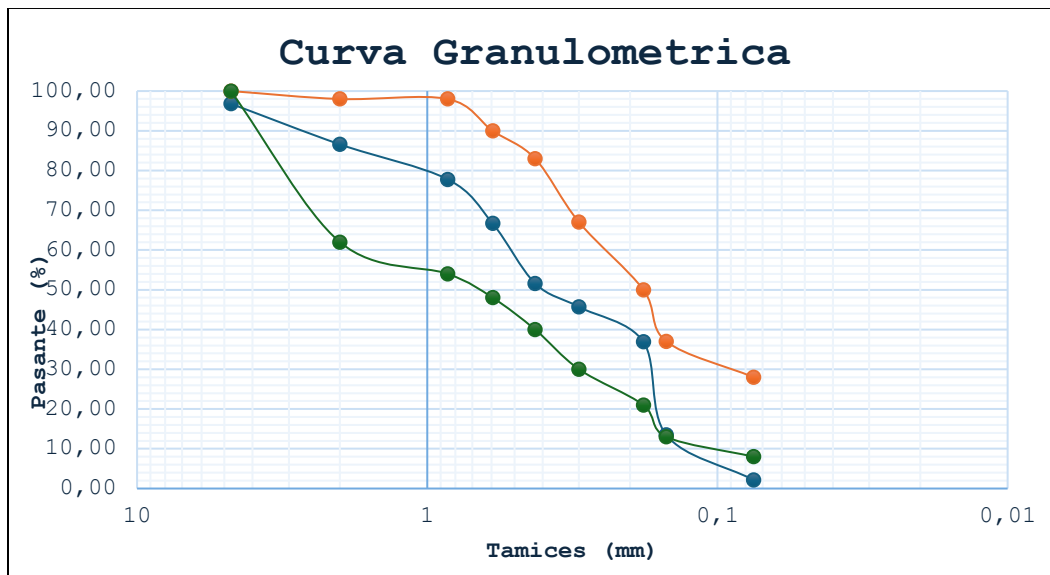
Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Granulometría calicata 2

| GRANULOMETRIA CALICATA 2 ASB 7+000 | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Tamiz N° | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Peso Retenido (%) | Retenido Acumulado (%) | Pasante (%) | Límite inferior | Limite Superior |
| 4 | 4.75 | 118.20 | 3.18 | 3.18 | 96.82 | 100 | 100 |
| 10 | 2 | 380.08 | 10.23 | 13.41 | 86.59 | 62 | 98 |
| 20 | 0.85 | 326.900 | 8.80 | 22.21 | 77.79 | 54 | 98 |
| 30 | 0.595 | 412.60 | 11.11 | 33.32 | 66.68 | 48 | 90 |
| 40 | 0.425 | 559.63 | 15.06 | 48.39 | 51.61 | 40 | 83 |
| 50 | 0.3 | 220.50 | 5.94 | 54.32 | 45.68 | 30 | 67 |
| 80 | 0.18 | 326.12 | 8.78 | 63.10 | 36.90 | 21 | 50 |
| 100 | 0.15 | 870.56 | 23.43 | 86.53 | 13.47 | 13 | 37 |
| 200 | 0.075 | 420.20 | 11.31 | 97.85 | 2.15 | 8 | 28 |
| Fondo | 0 | 80.00 | 2.15 | 100.00 | 0.00 | | |
| Σ | | 3714.79 | 100.00 | | | | |
| Finos | | | 2.15 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 29. Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Tabla de datos limite líquido, calicata 1

| Limite Liquido | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|------------------|-----------------------|
| N° Muestra (Nombre) | Numero de Golpes | Suelo Húmedo (g) | Peso de Tara + Suelo Seco (g) | Peso de Tara (g) | Peso de Suelo Seco (g) | Masa de Agua (g) | Contenido de Agua (%) |
| 25 | 16 | 31.12 | 27.6 | 17.52 | 10.08 | 3.52 | 34.92 |
| 14A | 24 | 30.96 | 27.22 | 17.49 | 9.73 | 3.74 | 38.44 |
| T4 | 30 | 34 | 29.33 | 17.36 | 11.97 | 4.67 | 39.01 |

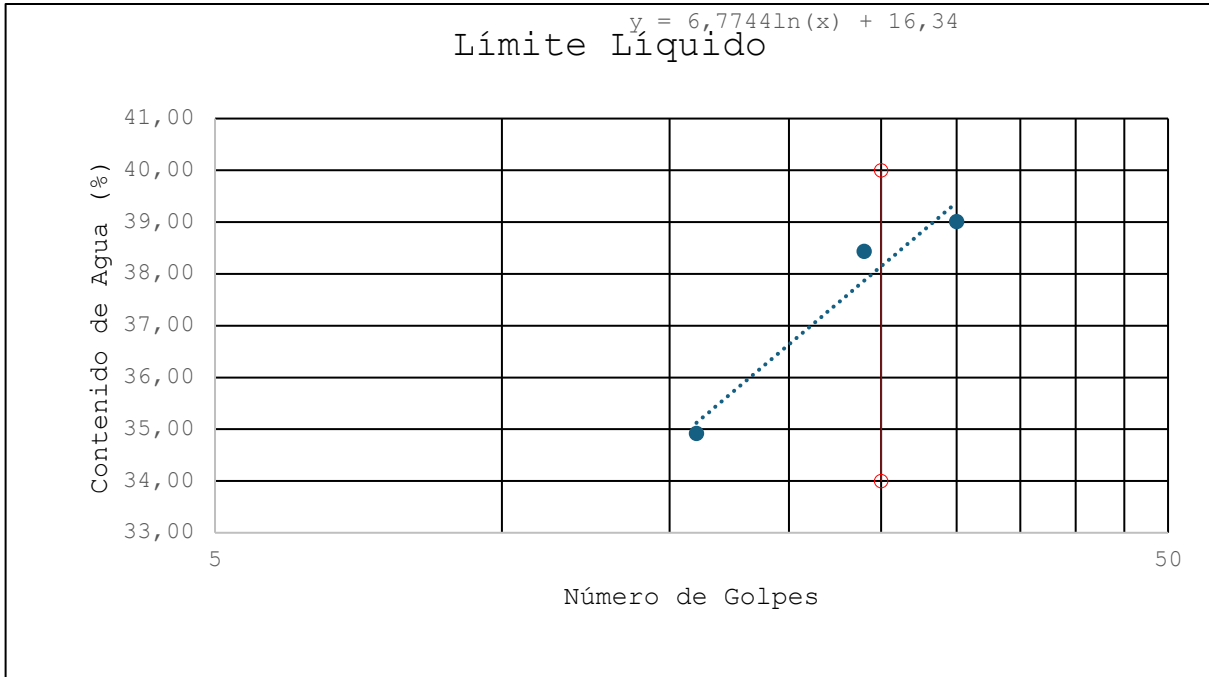
Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Tabla de limite plástico, calicata 1

| Limite plástico | | | | | | |
|------------------------|------------------|----------------------------|------------------|------------------------|------------------|-----------------------|
| N° Muestra (Nombre) | Suelo Húmedo (g) | Peso Tara + Suelo Seco (g) | Peso de Tara (g) | Peso de Suelo Seco (g) | Peso de agua (g) | Contenido de Agua (%) |
| 1.4 | 18.97 | 18.72 | 17.78 | 0.94 | 0.25 | 26.60 |
| 3A | 18.79 | 18.62 | 17.54 | 1.08 | 0.17 | 15.74 |
| 2CB | 18.82 | 18.4 | 17.38 | 1.02 | 0.42 | 41.18 |

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 30. Límite líquido, calicata 1



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Para la clasificación de la AASHTO

| Porcentaje más fino (análisis de tamiz) | | |
|---|-----------|-----------|
| Suelo base | Tamiz N.- | Pasante % |
| | 4 | 98.26 |
| | 10 | 89.10 |
| | 40 | 60.36 |
| F | 200 | 1.05 |
| | | |

| | | |
|----|-------|---|
| LL | 36.69 | % |
| LP | 27.84 | % |
| PI | 8.85 | % |

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 31. Clasificación de los grupos de suelos, según la tabla 23

| Clasificación General | Material Granular | | | | | | Material limo arcillosos | | | | | |
|--|---------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|---------|---------|--------------------------|----------------|---------|-------------------|---------|---------|
| | A-1 | | A-2-4 | A-2 | | | A-3 | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | |
| Grupos | A-1a | A-1b | | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | | | A-7-5 |
| % pasante | | | | | | | | | | | | |
| #10 | 50% máx | | | | | | 51% mín | | | | | |
| #40 | 30% máx | 50% máx | | | | | | | | | | |
| #200 | 15% máx | 25% máx | 35% máx | 35% máx | 35% máx | 35% máx | | 10% máx | 36% mín | 36% mín | 36% mín | 36% mín |
| Características del material que pasa por el tamiz #40 | | | | | | | | | | | | |
| LL | | | 40% máx | 41% mín | 40% máx | 41% mín | N.P. | 40% máx | 41% mín | 40% máx | 41% mín | |
| lp | 6% máx | 6% máx | 10% máx | 10% máx | 11% mín | 11% mín | | 10% máx | 10% máx | 11% mín | 11% mín | |
| lg | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 máx | 4 máx | 0 | 8 máx | 12 máx | 16 máx | 20 máx | |
| Tipo de material | Fragmentos pétreos de gravas y arenas | | Gravas y arenas, limosas y arcillosas | | | | Arena fina | Suelos limosos | | Suelos arcillosos | | |

Fuente: Tomado de (ASSTHO, 1993)

Tabla 26. Porcentajes que pasan el tamiz 200

| PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ 200 | | | 1.05% | |
|----------------------------------|---|------------|-------|-----------|
| | Diámetro (mm) | | | |
| | 1.82870488 | D60 | | |
| | 0.07038342 | D30 | | |
| | 0.02133884 | D10 | | |
| Cc | D60/D10 | 85.698423 | >4 | OK |
| Cu | $D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$ | 0.12694813 | 1 - 3 | No cumple |
| El material es: | Gravas mal graduadas o discontinuas, grava arenosa | | | |

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 32. Clasificación SUCS

| Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) | | | | | |
|--|---|---------------------------|---------------------------|---|---|
| DIVISIÓN PRINCIPAL. | SÍMBOLO | CRITERIOS DECLASIFICACIÓN | | DESCRIPCIÓN | |
| | | % QUE PASA EL TAMIZ 200: | REQUISITOS SUPLEMENTARIOS | | |
| GRANO GRUESO: Más del 50% en peso mayor que el tamiz 200 (0,074mm). | SUELOS GRAVOSOS: Más del 50% de la fracción gruesa > tamiz No. 4 (4.76 mm) | GW | 0 - 5%* | $D_{60}/D_{10} > 4$ $D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10}) = 1-3$ | Grava bien graduada, Grava arenosa. |
| | | GP | | Quando no se cumplen las condiciones para GW. | Gravas mal graduadas o discontinuas, gravas arenosas. |
| | | GM | ≥ 12* | IP < 4 o Bajo la línea A | Gravas limosas o limo arenosas |
| | | GC | | IP > 7 y Sobre la línea A | Gravas arcillosas o arcillo - arenosas. |

Fuente: Obtenido de la clasificación SUCS

Nota: Estos ensayos son realizados para las dos calicatas de las muestras obtenidas.

3.5 Diseño geométrico

Una vez obtenidos valores como TPDA, y ensayos de laboratorio, se realizó un trabajo de oficina, el cual procedía en el clasificar la vía en base a la norma de diseño geométrico, para realizar

un diseño de pavimentos, pero antes de ello se realizó la clasificación de velocidad, alineamientos, radios mínimos, peralte, sobre anchos, etc.

3.5.1 Velocidad diseño

La velocidad es un factor fundamental en el diseño geométrico vial, ya que influye en la seguridad, comodidad y eficiencia del tránsito. Su elección depende del tipo de vía, el entorno y el flujo vehicular esperado. Es clave considerar la velocidad de diseño, la velocidad de operación real y la capacidad de percepción del conductor. La velocidad de diseño adoptada es de 40 km/h por función del tipo de terreno montañoso (ASSTHO, 1993).

3.6 Análisis hidrológico

Este análisis es importante, ya que se podrá ver la precipitación de lluvia de una estación pluviométrica que nos ayudara a calcular las secciones de cuneta, y el tipo de alcantarilla a usar, eso se procedió a realizar en base a una estación dentro de la provincia del Azuay, datos recolectados desde el INAMI.

Para esta parte del diseño hidrológico se utilizó los datos hidrológicos de una de las estaciones dentro de la provincia del Azuay, la que mayor cantidad de datos nos proporcionó para determinar la intensidad de lluvia dentro de la provincia.

Ilustración 33. Datos de la estación meteorológica

| DATOS ESTACION METEOROLÓGICA | | | | | | | | |
|------------------------------|--------|-------------------------------|----------|-----------|----------|------------|-----|--|
| INSTIT. PROPIET | INAHMI | COORDENADAS UTM, ZONA 17 S | LATITUD | 3°9'14"S | GG-MM.SS | ZONA HIDRO | 280 | |
| ESTACION | M0419 | | LONGITUD | 79°8'58"W | GG-MM.SS | PROVINCIA | 1 | |
| NOMBRE ESTACION | GIRON | | ALTITUD | 2130 | m.s.n.m | | | |

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos obtenidos de la estación se procede a calcular, factores de k, m, n, los cuales nos sirven para la ecuación de intensidad de lluvia.

Ilustración 34. Datos mensuales de precipitación

| DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm) | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|--------|
| Año | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Máximo |
| 1995 | 95.80 | 38.70 | 84.30 | 48.40 | 69.20 | 1.40 | 10.10 | - | 11.90 | 22.70 | 83.10 | 95.80 | 95.80 |
| 1996 | 179.20 | 172.00 | 203.10 | 101.10 | 46.30 | 14.50 | 0.60 | 0.80 | 6.90 | 89.20 | 29.30 | 0.10 | 203.10 |
| 1997 | 100.60 | 114.70 | 135.00 | 88.70 | 18.30 | 48.20 | 4.10 | - | 36.00 | 61.80 | 173.70 | 140.30 | 173.70 |
| 1998 | 67.60 | 49.80 | 193.40 | 166.90 | 18.50 | 1.00 | 1.70 | 10.40 | 0.60 | 51.40 | 20.40 | 28.50 | 193.40 |
| 1999 | 134.80 | 151.30 | 273.10 | 147.60 | 87.40 | 106.80 | 7.00 | 2.00 | 25.70 | 2.00 | 0.90 | 176.50 | 273.10 |
| 2000 | 37.09 | 123.40 | 332.00 | 121.40 | 44.40 | 1.80 | - | 1.70 | 88.00 | 0.80 | 2.30 | 61.80 | 332.00 |
| 2001 | - | 108.20 | 224.70 | 98.70 | 84.80 | 0.80 | 1.30 | - | 9.10 | - | 89.10 | 50.00 | 224.70 |
| 2002 | 51.00 | 48.50 | 131.50 | 125.60 | 33.30 | - | - | - | - | - | 60.80 | 90.60 | 131.50 |
| 2003 | 48.20 | - | - | 128.10 | 39.20 | 102.70 | 5.40 | - | 9.30 | - | - | 79.90 | 128.10 |
| 2004 | 70.10 | 78.60 | 94.70 | 139.20 | 71.90 | - | 15.00 | - | 143.00 | 49.60 | 26.50 | 51.90 | 143.00 |
| 2005 | 25.30 | 144.10 | 258.40 | 40.60 | 32.60 | 8.70 | - | - | 15.60 | 31.60 | 12.50 | 70.50 | 258.40 |
| 2006 | 97.90 | 184.00 | 185.20 | 211.60 | 14.90 | 20.50 | 3.00 | 8.20 | 9.70 | 31.50 | 60.90 | 110.10 | 211.60 |
| 2007 | 86.20 | 32.30 | 144.40 | - | 74.10 | 21.20 | 8.50 | 3.30 | 3.30 | 51.50 | 83.30 | 100.80 | 144.40 |
| 2008 | 142.70 | 145.90 | 281.90 | 63.90 | 44.50 | 38.80 | 10.30 | 14.60 | 17.20 | 48.80 | 168.50 | 108.10 | 281.90 |
| 2009 | 195.10 | 178.30 | 187.80 | 161.80 | 49.00 | 21.40 | - | 3.80 | - | - | - | 100.00 | 195.10 |
| 2010 | 138.30 | 109.80 | 313.90 | 56.90 | 52.60 | 88.60 | 86.60 | 5.40 | - | - | 176.00 | 193.70 | 313.90 |
| 2011 | 313.30 | 120.50 | 117.70 | 210.80 | 2.50 | 78.50 | 30.00 | 44.40 | - | 39.40 | 73.80 | 117.80 | 313.30 |
| 2012 | 364.90 | 372.80 | 189.90 | 222.30 | 32.90 | 26.50 | 7.20 | 9.10 | 9.30 | 108.30 | 93.70 | 84.70 | 372.80 |
| 2013 | 146.80 | 127.60 | 80.80 | 11.90 | - | 61.30 | 26.00 | - | - | 60.90 | 4.70 | 76.00 | 146.80 |
| MAX | 364.90 | 372.80 | 332.00 | 222.30 | 87.40 | 106.80 | 86.60 | 44.40 | 143.00 | 108.30 | 176.00 | 193.70 | 372.80 |

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 35. Cálculo de la intensidad de lluvia, para 2, 5, 10, 25, 50, 100 años

| INTENSIDAD MAXIMA (mm/h) | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|------|
| Periodo de retorno T | Tiempo (minutos) | | | | | | | | | | | | |
| | años | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 60 | 120 | 360 | 1440 |
| 2 | 347.54 | 226.70 | 176.57 | 147.88 | 128.88 | 115.18 | 104.74 | 104.74 | 75.13 | 49.01 | 24.90 | 10.59 | |
| 5 | 419.56 | 273.68 | 213.16 | 178.52 | 155.58 | 139.05 | 126.44 | 126.44 | 90.70 | 59.16 | 30.06 | 12.79 | |
| 10 | 483.81 | 315.59 | 245.80 | 205.86 | 179.41 | 160.34 | 145.80 | 145.80 | 104.59 | 68.22 | 34.66 | 14.75 | |
| 25 | 584.07 | 380.99 | 296.74 | 248.52 | 216.59 | 193.56 | 176.02 | 176.02 | 126.26 | 82.36 | 41.84 | 17.80 | |
| 50 | 673.50 | 439.33 | 342.17 | 286.57 | 249.75 | 223.20 | 202.97 | 202.97 | 145.59 | 94.97 | 48.25 | 20.53 | |
| 100 | 776.63 | 506.60 | 394.57 | 330.45 | 287.99 | 257.38 | 234.05 | 234.05 | 167.89 | 109.51 | 55.64 | 23.67 | |

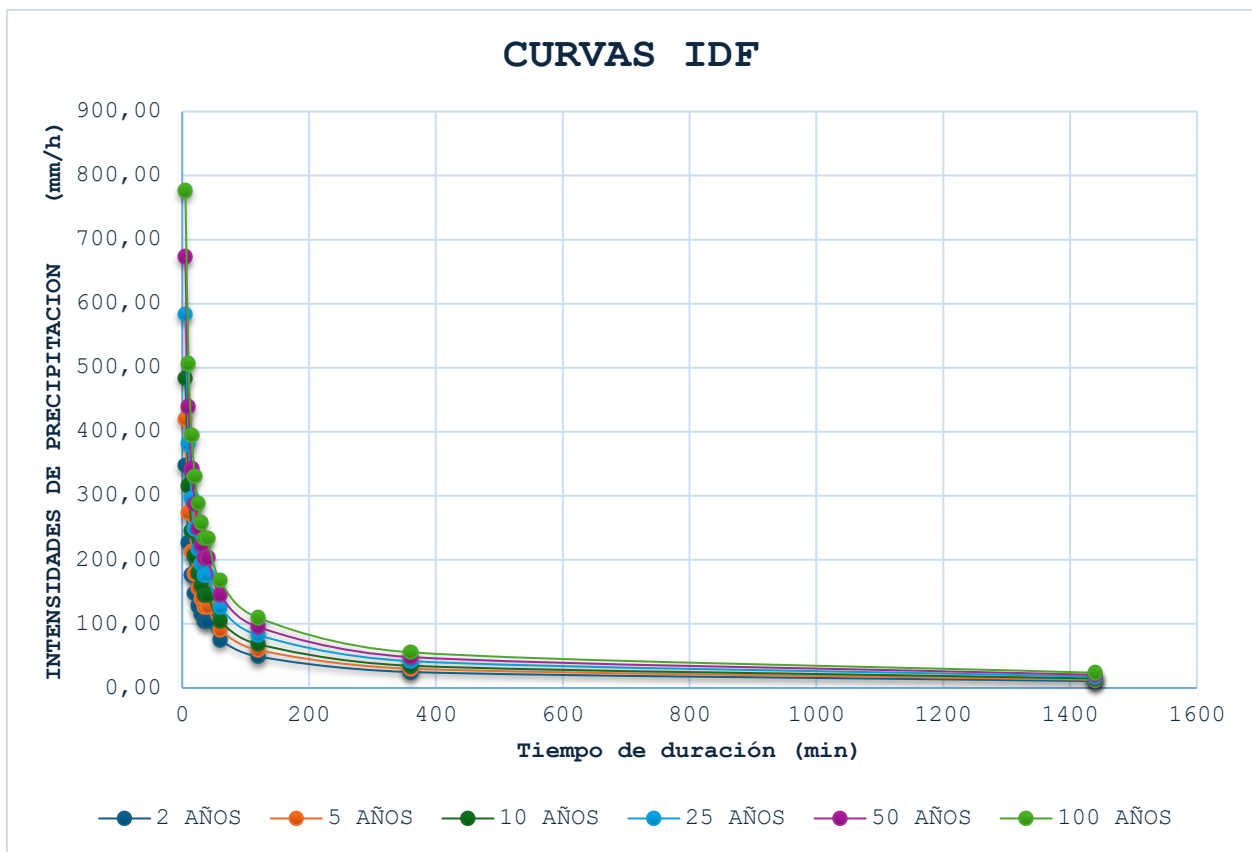
Fuente: Elaboración propia

Dentro del análisis se determinó que, para un periodo de retorno de 100 años, habrá una intensidad de lluvia de 257.38 mm/h.

3.6.1 Diseño de cunetas

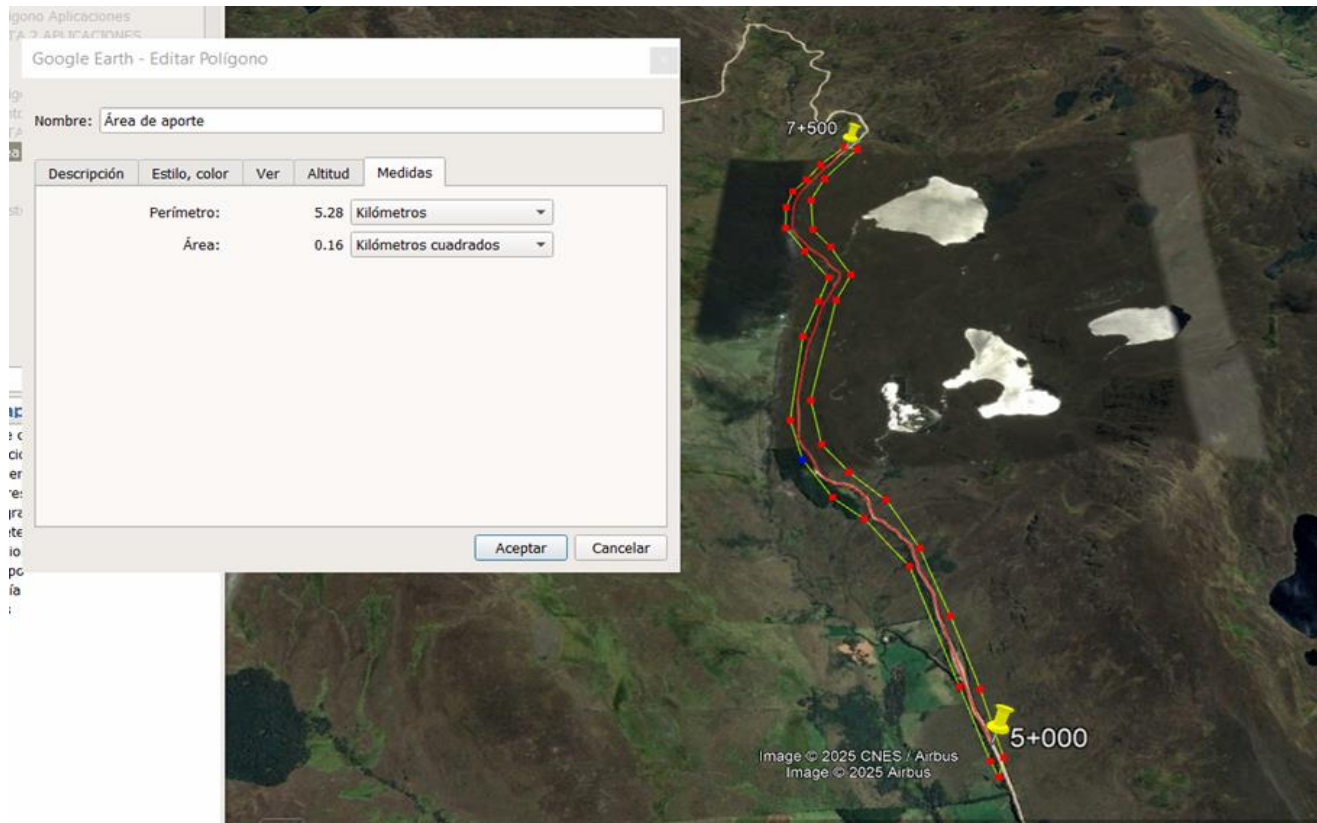
Para contrarrestar esta intensidad de lluvia, durante de los 1 de retornos mencionados en la **tabla 28**. Se realizará un diseño de cuentas, para evacuar el caudal. Esta área se delimito mediante el Google Earth Pro, se tomó en cuenta el área de aporte talud de la parte superior de la vía.

Ilustración 36. Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 37. Determinación del área cuenca de aporte



Fuente: Elaboración propia

Para el diseño de las cuentas se realizó el cálculo de la cuenta, basándose en una sección típica, triangular, en función del área obtenida, y de la siguiente ecuación del caudal.

Donde:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de lluvia [mm/h]

A: Área de estudio o aporte.

Teniendo en cuenta el caudal de diseño, usamos la ecuación de Manning, y procedemos a calcular el caudal real para la sección típica de cuneta.

Ilustración 38. Coeficientes de escorrentía

| COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C | | | | | | |
|------------------------------|---------------|-------------|-----------------------|-------|-------|-------------|
| COBERTURA VEGETAL | TIPO SUELO | PRONUNCIADA | PENDIENTE DEL TERRENO | | | |
| | | | ALTA | MEDIA | SUAVE | DESPECIABLE |
| | | | 50% | 20% | 5% | 1% |
| SIN VEGETACION | IMPERMEABLE | 0.80 | 0.75 | 0.70 | 0.65 | 0.60 |
| | SEMIPERMEABLE | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.55 | 0.50 |
| | PERMEABLE | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.30 |
| CULTIVOS | IMPERMEABLE | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.55 | 0.50 |
| | SEMIPERMEABLE | 0.60 | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 |
| | PERMEABLE | 0.40 | 0.35 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |
| PASTOS VEGETACION LIGERA | IMPERMEABLE | 0.65 | 0.60 | 0.55 | 0.50 | 0.45 |
| | SEMIPERMEABLE | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 |
| | PERMEABLE | 0.35 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.15 |
| HIERBA, GRAMA | IMPERMEABLE | 0.60 | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 |
| | SEMIPERMEABLE | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.30 |
| | PERMEABLE | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.15 | 0.10 |
| BOSQUES DENSA VEGETACION | IMPERMEABLE | 0.55 | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.35 |
| | SEMIPERMEABLE | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.30 | 0.25 |
| | PERMEABLE | 0.25 | 0.20 | 0.15 | 0.10 | 0.05 |

Fuente: Tomando de Manual de diseño de Carreteras Pavimentos de Bajo Volumen de Transito-MTC

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^b}{P^2} \right)^{7/3} * S^{1/2}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño [m³/s]

n: rugosidad.

A: Área [m]

P: perímetro mojado [m]

s: pendiente más crítica: 0.1

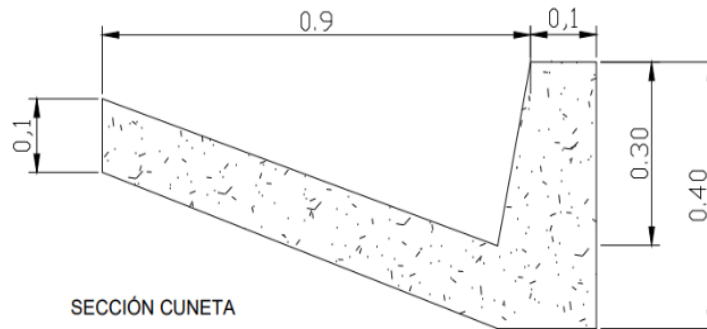
Según la siguiente tabla, escogemos la altura mínima y ancho de la sección, para el cálculo del caudal real, que pasara por la sección de cuneta.

Ilustración 39. Dimensiones mínimas

| REGIÓN | PROFUNDIDAD (D) (M) | ANCHO (A) (M) |
|---------------------------------------|------------------------|------------------|
| Seca (<400 mm/año) | 0.20 | 0.50 |
| Lluviosa (De 400 a <1600 mm/año) | 0.30 | 0.75 |
| Muy lluviosa (De 1600 a <3000 mm/año) | 0.40 | 1.20 |
| Muy lluviosa (>3000 mm/año) | 0.30* | 1.20 |

Fuente: Tomando de Manual de diseño de Carreteras Pavimentos de Bajo Volumen de Transito-MTC

Ilustración 40. Sección de cuneta



Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Alcantarillas.

Dentro del tramo de diseño, mediante el análisis de campo y el estudio de topografía, se determinó el uso de alcantarilla de DN900 o conductores de caudal que atraviesan la sección transversal de la vía, el uso de las mismas estará empleado en las abscisas **0+720 y 1+820** (MTOP, 2013).

Tabla 27. Ubicación de alcantarillas

| ALCANTARILLAS | |
|---------------|----------|
| DN (mm) | ABSCISAS |
| 900 | 0+720 |
| 900 | 1+730 |
| 900 | 1+820 |

Fuente: Elaboración propia

3.7 Diseño de pavimento

Dentro del diseño de pavimentos existen varios factores a analizar, por lo cual se tiene que basar en las normas de diseño, dentro de estos factores a analizar estarán:

- Índice de serviciabilidad
- Confiabilidad R, desviación estándar y desviación de estándar normal.
- Uso de la ecuación de la AASHTO
- Espesor de cada capa de material y numero estructural

Tabla 28. Datos para el diseño de pavimentos

| | | |
|---------------|------|-------------------------------|
| To = | 1408 | Trafico observado |
| TPDA = | 1922 | Tráfico promedio diario anual |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. TPDA

| VEHICULOS | TPDA ₂₀₂₅ | TPDA ₂₀₃₀ | TPDA ₂₀₃₅ | TPDA ₂₀₄₀ |
|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Livianos | 584 | 681 | 673 | 768 |
| Buses | 148 | 166 | 166 | 186 |
| Camiones | 1005 | 1124 | 1124 | 1257 |
| Total | 1737 | 1971 | 1963 | 2211 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Factor de distribución carriles.

| | |
|--|----------------|
| Factor de distribución de carril | 100.00% |
| W18_{DISEÑO} en cada carril | 926.874 |

Fuente: Elaboración propia

3.7.1 Índice de serviciabilidad

Este es un factor importante para el diseño, se determina en base a las tablas presentadas en el Factor (Índice de serviciabilidad), este factor quiere decir que el diseñador desea que durante el periodo de vida útil a estructura no se vea muy deteriorada y su grado de serviciabilidad al periodo de diseño final sea similar al del inicio. Para determinar los valores de los índices de serviciabilidad se tuvo en cuenta las tablas 35 y 36.

Ilustración 42. Índice de serviciabilidad inicial

| Tipo pavimento | Serviciabilidad inicial, P_o |
|----------------|--------------------------------|
| Concreto | 4.5 |
| Asfalto | 4.2 |

Fuente: Obtenido de (ASSTHO, 1993)

Ilustración 41. Índice de serviciabilidad final

| Tipo de vía | Serviciabilidad final, P_t |
|-----------------------------|------------------------------|
| Autopista | 2.5 – 3.0 |
| Carreteras | 2.0 – 2.5 |
| Zonas industriales | |
| Pavimento urbano principal | 1.5 – 2.0 |
| Pavimento urbano secundario | 1.5 – 2.0 |

Fuente: Obtenido de (ASSTHO, 1993)

En base al valor del TPDA, de la tabla 33, clasificamos la vía para determinar los espesores.

Ilustración 43. Valores recomendados para corregir los coeficientes

| 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 de 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: Obtenido de (ASSTHO, 1993)

Tabla 31. Clasificación en función del TPDA

| Descripción | Clasificación funcional | Tráfico promedio diario anual al año de horizonte | |
|---------------------------------|-------------------------|---|-----------------|
| | | Límite inferior | Límite superior |
| Autopista | AP2 | 80000 | 120000 |
| | AP1 | 50000 | 80000 |
| Autovía o carretera multicarril | AV2 | 26000 | 50000 |
| | AV1 | 8000 | 26000 |
| Carretera de 2 carriles | C1 | 1000 | 8000 |
| | C2 | 500 | 1000 |
| | C3 | 0 | 500 |

Fuente: Obtenido de (ASSTHO, 1993)

Ilustración 44. Desviación estándar, Z_r

| Confiabilidad, % | Desviación normal estándar, Z_r |
|------------------|-----------------------------------|
| 50 | 0.000 |
| 60 | -0.253 |
| 70 | -0.524 |
| 75 | -0.674 |
| 80 | -0.841 |
| 85 | -1.037 |
| 90 | -1.282 |
| 91 | -1.340 |
| 92 | -1.405 |
| 93 | -1.476 |
| 94 | -1.555 |
| 95 | -1.645 |
| 96 | -1.751 |
| 97 | -1.881 |
| 98 | -2.054 |
| 99 | -2.327 |
| 99.9 | -3.090 |
| 99.99 | -3.750 |

Fuente: Obtenido de (ASSTHO, 1993)

Una vez determinado el valor de nivel de confiabilidad R, determinamos el valor de la desviación estándar en función de la tabla 41. De la misma forma se determinó el error nominal combinado (So), a partir de la tabla 40, debido a que es un proyecto de pavimento de construcción nueva se obtuvo el valor designado en la tabla. Determinando los factores, se procede a realizar los cálculos de los SN, que son los números estructurales de capa, y su cálculo se realizó a partir de las ecuaciones mostradas en el subtítulo de numero estructural 2.7.11.

Ilustración 46. Desviación estándar, So

| Proyecto de pavimento | Desviación estándar, S _o | |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: Obtenido de (ASSTHO, 1993)

Ilustración 45. Nivel de confiabilidad R

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad, R (%) | |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------|
| | Urbana | Interurbana |
| Autopistas y carreteras importantes | 85.0 – 99.9 | 80.0 – 99.9 |
| Arterias principales | 80.0 – 99.0 | 75.0 – 95.0 |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

Fuente: Obtenido de (ASSTHO, 1993)

En la siguiente ecuación reemplazamos todos los datos obtenidos de las tablas, y los calculados, para los espesores de la base, sub base y capa de rodadura.

Ilustración 47. Ecuación de la AASHTO

$$\log(W_{18}) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log(SN_i + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{\left[0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_i + 1)^{5.19}}\right)\right]} + 2.32 \times \log(M_r) - 8.07$$

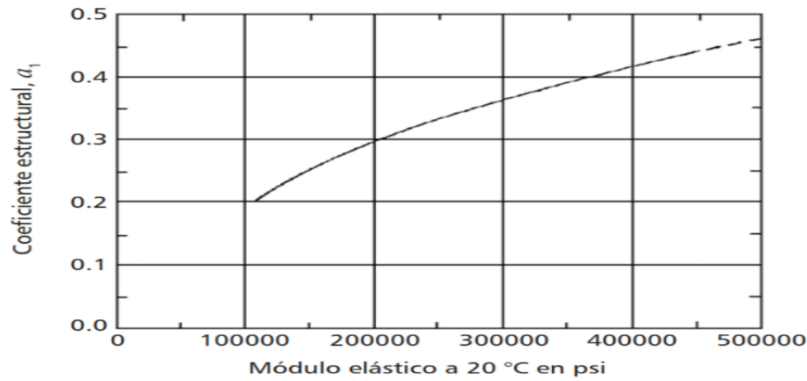
Fuente: Obtenido de (ASSTHO, 1993)

3.7.2 Espesor de las capas de materiales

Para determinar los espesores, se tiene que tener en cuenta varios factores ya antes mencionados, entre los cuales están datos de laboratorio, temperaturas, tiempos de luvias, números estructurales SN, coeficientes como a_1 , a_2 , a_3 .

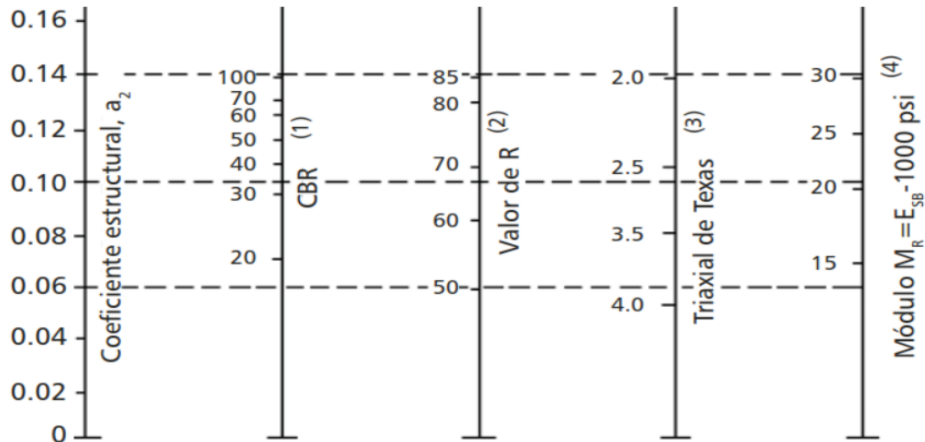
En base al ábaco de la ilustración 30, se obtuvo el valor del coeficiente estructural a_1 .

Ilustración 48. Coeficiente estructural a_1 , para mezcla de concreto asfáltico



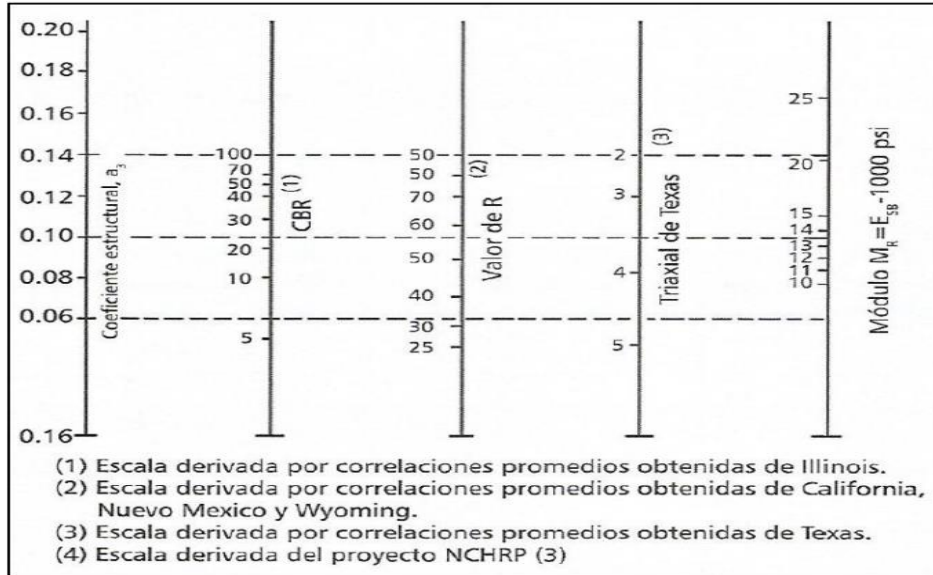
Fuente: Obtenido de (MTO, 2013)

Ilustración 49. Coeficiente estructural a_2 , para base granular



Fuente: Obtenido de (MTO, 2013)

Ilustración 50. Coeficiente estructural y modulo resiliente para subbase granular



Fuente: Obtenido de (MTO, 2013)

Nota: En base a las ilustraciones 31,32, se obtuvieron los valores de los espesores de las capas. En base a la determinación del w_{18} obtenido, se verificará si los espesores obtenidos sea los mínimos necesarios para la estructura del pavimento, en caso contrario se tendrá en cuenta los espesores recomendados en base a la tabla 42.

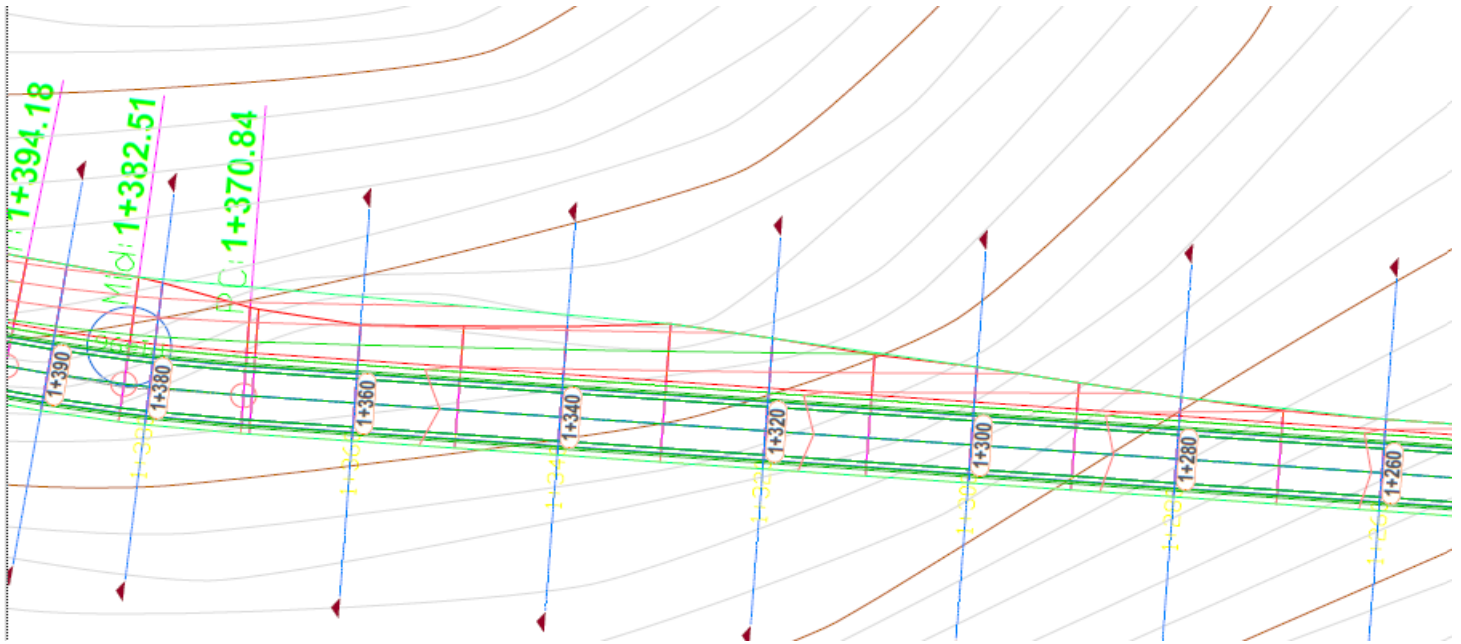
Ilustración 51. Espesores mínimos de las capas

| W_{18} | Capa asfáltica [in] | Capa asfáltica [cm] | Base Granular [cm] | Base Granular [cm] |
|-----------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 50000 < | 1 | 2.5 | 4 | 10 |
| 150000 < | 2 | 5 | 4 | 10 |
| 500000 < | 2.5 | 6.5 | 4 | 10 |
| 2000000 < | 3 | 7.5 | 6 | 15 |
| 7000000 < | 3.5 | 9 | 6 | 15 |
| > 7000000 | 4 | 10 | 6 | 15 |

Fuente: Obtenido de (ASSTHO, 1993)

Con todos estos factores cálculos en bases a las normas de diseño, se termina con el trabajo en oficina, realizando los trazados de alineamientos horizontal y vertical de la vía.

Ilustración 52. Alineamiento horizontal



Fuente: Elaboración propia

3.8 Señalización

Para este proceso se usó la norma ecuatoriana INEN 2013, dentro de las cuales están:

- RTE INEN 004-1: 2013 señalización Vial. Parte 1. señalización Vertical
- RTE INEN 004-1: 2013 señalización Vial. Parte 2. señalización Horizontal
- RTE INEN 004-1: 2013 Señales Requisitos. Parte 3.

Teniendo en cuenta todas estas normas de diseño para la parte de señalización, se realizó el plano de señalización, lo cual se tuvo en cuenta para realizar el presupuesto de la vía.

3.9 Presupuesto

Una vez culminada la parte del diseño, se procede a realizar el cálculo de cantidades de obra, para posteriormente realizar un presupuesto para la vía, teniendo en cuenta toda la parte del diseño geométrico, cunetas, alcantarillas, etc.

Nota: Ver la **tabla 47**.

RESULTADOS

4.1 Análisis de tráfico vehicular

Estos datos de análisis provienen de una grabación de cámaras instalada en la estación ya mencionada con anterioridad.

4.1.1 Factor horario

Tabla 32. Cálculo del Factor horario

| Factor Horario | | | |
|----------------------------------|-------------|--------------|----------------|
| Horas que contiene 1 día = | 24 | 1,450 | |
| Horas contadas en el mismo día = | 12 | 1,408 | 42.24 |
| Fh = | 1.03 | 1.1 | Factor horario |

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Factor diario

Debido a que se realizó un conteo durante los 7 días, se tiene un factor de 1.

Tabla 33. Cálculo del Factor diario

| | | | |
|----------------------|--|-------------|----------------|
| Factor diario | si se cuentan los 7 días de la semana el Factor es 1 | | |
| | número de días contados | 7 | |
| | Fd | 1.00 | Factor diario |
| | Fm = | | Factor mensual |

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Factor semanal

Para obtener el factor semanal se verifica el número de semanas que tiene el mes en el que se está realizando el conteo vehicular.

Tabla 34. Cálculo del factor semanal

| MES | N° Días | N° SEMANAS | Fs |
|------------|---------|----------------|------|
| Enero | 31 | 4 | 1.11 |
| Febrero | 28 | 4 | 1.00 |
| Marzo | 31 | 4 | 1.11 |
| Abril | 30 | 4 | 1.07 |
| Mayo | 31 | 4 | 1.11 |
| Junio | 30 | 4 | 1.07 |
| Julio | 31 | 4 | 1.11 |
| Agosto | 31 | 4 | 1.11 |
| Septiembre | 30 | 4 | 1.07 |
| Octubre | 31 | 4 | 1.11 |
| Noviembre | 30 | 4 | 1.07 |
| Diciembre | 31 | 4 | 1.11 |
| Total | 365 | | |
| Fs = | 1.07 | Factor semanal | |

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Factor mensual

Para el cálculo de este factor se tiene que hacer uso del combustible del mes en el que se está diseñando, este factor es de tal importancia, por lo que los datos deben usarse deben ser los actualizados al año a realizarse la proyección, sin embargo, si no hay datos actuales, toca realizar con los datos del último periodo.

Tabla 46. Cálculo del factor mensual

| CONSUMO DE COMBUSTIBLE AÑO 2023 | | | | |
|---------------------------------|------------|------------|----------------|-----------|
| MES | 87 OCTANOS | 92 OCTANOS | DIESEL PREMIUM | SUMA |
| Enero | 3,877,402 | 625,955 | 3,293,368 | 7,796,724 |
| Febrero | 3,330,550 | 564,913 | 3,179,790 | 7,075,253 |
| Marzo | 4,974,796 | 617,057 | 2,198,898 | 7,790,751 |
| Abril | 3,739,420 | 606,430 | 3,212,193 | 7,558,044 |
| Mayo | 4,073,673 | 615,065 | 3,278,495 | 7,967,233 |
| Junio | 3,907,999 | 592,657 | 2,909,649 | 7,410,305 |
| Julio | 4,215,636 | 580,536 | 3,417,977 | 8,214,149 |
| Agosto | 4,232,896 | 539,268 | 3,485,990 | 8,258,154 |
| Septiembre | 4,413,356 | 538,276 | 3,187,424 | 8,139,057 |

| | | | | |
|------------------|-------------------------------|-----------|------------|------------|
| Octubre | 4,753,796 | 615,704 | 2,999,186 | 8,368,687 |
| Noviembre | 4,380,682 | 660,749 | 3,406,909 | 8,448,340 |
| Diciembre | 5,229,493 | 563,770 | 2,961,265 | 8,754,528 |
| | 51,129,699 | 7,120,380 | 37,531,146 | 95,781,225 |
| | COSTO PROMEDIO MENSUAL | | | 7,981,769 |
| | FM | | | 1.0560628 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Tasa de crecimiento vehicular

| TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR | | | |
|---------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| PERIODO | LIVIANOS | BUSES | CAMIONES |
| 2025-2030 | 3.11% | 2.25% | 2.25% |
| 2030-2035 | 2.85% | 2.25% | 2.25% |
| 2035-2040 | 2.67% | 2.25% | 2.25% |
| 2040-2045 | 2.54% | 2.25% | 2.25% |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Coeficiente de transformación a vehículos livianos

| TIPO DE VEHICULO | COEFICIENTE DE TRANSFORMACION | TIPO DE VEHICULO | COEFICIENTE DE TRANSFORMACION |
|---|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Livianos | 1 | Remolque con capacidad de carga en kg. | |
| Motocicletas | 0.5 | Hasta 600 | 3 |
| Buses pesados con capacidad de carga en kg: | | 12000 | 3.5 |
| Hasta 2000 | 1.5 | 20000 | 4 |
| 5000 | 2 | 30000 | 5 |
| 8000 | 2.5 | Mayor a 30000 | 6 |
| 14000 | 3.5 | | |
| Mayor a 14000 | 4.5 | | |

Fuente: Elaboración propia

Teniendo todos estos factores, se calcula el TPDA, para los 15 años de diseño requerido.

Tabla 37. Cálculo del TPDA para 2040

| CLASE | TPDA (2025) | 2025-2030 | n | TPDA (2030) | 2030-2035 | n | TPDA (2035) | 2035-2040 | n | TPDA (2040) |
|--------------|-------------|-----------|---|-------------|-----------|----|-------------|-----------|----|-------------|
| LIVIANOS | 584 | 3.11% | 5 | 681 | 2.85% | 10 | 774 | 2.67% | 15 | 1150 |
| BUSES | 148 | 2.25% | 5 | 166 | 2.25% | 10 | 185 | 2.25% | 15 | 259 |
| CAMIONES | 1005 | 2.25% | 5 | 1124 | 2.25% | 10 | 1256 | 2.25% | 15 | 1755 |
| TOTAL | 1737 | | | 1971 | | | 2215 | | | 3164 |

Fuente: Elaboración propia

4.2 Ensayos de laboratorio

Para los ensayos de laboratorio se extrajeron muestras de suelos, dos calicatas, de las cuales se realizan ensayos de granulometría, límites líquidos y plástico, Proctor modificado y CBR. Con estos ensayos de laboratorio, obtendremos valores para realizar el diseño de pavimentos, como la capa de rodadura, la base y la subbase granular.

4.2.1 Calicata 1 y 2

Tabla 38. Resultados de ensayos, calicata 1

| RESULTADOS DE ENSAYOS DE CALICATA 1 | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|------------|--------------------|
| Limite liquido | LL= | 36.69 | % |
| Limite plástico | LP= | 30.76 | % |
| Índice de plasticidad | IP= | 8.85 | % |
| CLASIFICACION DE SUELO DE SUBRASANTE | | | |
| % QUE PASA TAMIZ N°. 10 | | 89.10 | |
| % QUE PASA TAMIZ N°. 40 | | 60.36 | |
| % QUE PASA TAMIZ N°. 200 | | 1.05 | |
| TIPOS DE SUELO | A-2-4 | | |
| | Gravas y arenas, limosas y arcillosas | | |
| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO | | | |
| Humedad Optima | | 10.3 | % |
| Densidad máxima seca | | 1.966754 | gr/cm ³ |
| ENSAYO DE CBR | | | |
| 95 % Densidad seca max | | 1.8684163 | gr/cm ³ |
| CBR subrasante | | 4.87886482 | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Resultados de ensayos, calicata 2

| RESULTADOS DE ENSAYOS DE CALICATA 2 | | | |
|--------------------------------------|-----|--|--------------------|
| Limite liquido | LL= | 36.69 | % |
| Limite plástico | LP= | 33.29 | % |
| Índice de plasticidad | IP= | 3.40 | % |
| CLASIFICACION DE SUELO DE SUBRASANTE | | | |
| % QUE PASA TAMIZ N°. 10 | | 86.59 | |
| % QUE PASA TAMIZ N°. 40 | | 51.61 | |
| % QUE PASA TAMIZ N°. 200 | | 2.15 | |
| TIPOS DE SUELO | | A-2-4 | |
| | | Gravas y arenas, limosas y arcillosas | |
| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO | | | |
| Humedad Optima | | 16.9 | % |
| Densidad máxima seca | | 1.966754 | gr/cm ³ |
| ENSAYO DE CBR | | | |
| 95 % Densidad seca max | | 3.861247 | gr/cm ³ |
| CBR subrasante | | 15.3758164 | |

Fuente: Elaboración propia

4.3 Diseño de cunetas

Tabla 40. Datos de diseño de cuneta

| GRANULOMETRIA CALICATA 1 ASB 6+000 | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Tamiz N° | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Peso Retenido (%) | Retenido Acumulado (%) | Pasante (%) | Limite inferior | Limite Superior |
| 4 | 4.75 | 92.60 | 1.74 | 1.74 | 98.26 | 100 | 100 |
| 10 | 2 | 486.22 | 9.15 | 10.90 | 89.10 | 62 | 98 |
| 20 | 0.85 | 499.180 | 9.40 | 20.30 | 79.70 | 54 | 98 |
| 30 | 0.595 | 369.00 | 6.95 | 27.25 | 72.75 | 48 | 90 |
| 40 | 0.425 | 658.20 | 12.39 | 39.64 | 60.36 | 40 | 83 |
| 50 | 0.3 | 668.80 | 12.59 | 52.23 | 47.77 | 30 | 67 |
| 80 | 0.18 | 629.00 | 11.84 | 64.07 | 35.93 | 21 | 50 |
| 100 | 0.15 | 1201.08 | 22.61 | 86.69 | 13.31 | 13 | 37 |
| 200 | 0.075 | 650.92 | 12.26 | 98.95 | 1.05 | 8 | 28 |
| Fondo | 0 | 56.00 | 1.05 | 100.00 | 0.00 | | |
| Σ | | 5311 | 100.00 | | | | |
| Finos | | | 1.05 | | | | |

| DISEÑO DE CUNETAS TRIANGULARES | | | | | | | | | | |
|---|--|------------------------|-----------------|-----|----------|-------------|------|-----------|--|--|
| El material que se usara para la construcción de cunetas son: | | | | | | | | | | |
| Hormigón Simple | | Donde su rugosidad es: | | | | n= | 0.02 | Rugosidad | | |
| Tipo de sección | | Triangular. | | | | | | | | |
| Taludes | | Za= | 1 | Zb= | 2 | | | | | |
| Intensidad máxima (mm/h) | | 3.52 | en | TR | 100 años | en 1440 min | | | | |
| Área Cuenca | | 0.16 | km ² | | | | | | | |
| L= | | 2.5 | km | | | | | | | |
| L= | | 2500 | m | | | | | | | |

Tabla 41. Ecuación de Manning

| Para diseñar la cuneta de este tramo se utilizará la ecuación de Manning | | | | | | | | | |
|--|-------|------------------------|-----------|---|------|-------|---------------------|--|--|
| $Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2} \right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$ | | | | Q= | | 0.705 | [m ³ /s] | | |
| | | | | Donde: | | | | | |
| h= | 0.3 | m | Modificar | Q manning > Q de aporte, OK | | | | | |
| A= | 0.135 | m ² | | | | | | | |
| P= | 1.095 | m | | | | | | | |
| n= | 0.015 | | | | | | | | |
| S= | 0.1 | se toma la más crítica | | Velocidad | 5.22 | m/s | | | |
| ENTONCES | | | | | | | | | |
| I= | 0.9 | m | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

4.4 Diseños de espesores estructurales

| DATOS DEL TRÁFICO: | | | | | | | | | |
|--|-----------|------------------|---|--|--|---|--|--|--|
| W18= | 0.147 | *10 ⁶ | | | | | | | |
| W18= | 146907.44 | | | | | | | | |
| CBR = | 15.37 | % | | | | | | | |
| V = | 45.00 | km/h | | | | | | | |
| T °c | 10.00 | | | | | | | | |
| E1 | 8500.00 | MPa | | | | | | | |
| E1 | 12.32823 | psi | | | | | | | |
| E1 | 1232823 | psi | | | | | | | |
| CAPA DE RODADURA (Coeficiente estructural a1) | | | BASE GRANULAR (Coeficiente estructural a2) | | | SUB BASE GRANULAR (Coeficiente estructural a3) | | | |

| | | | | | |
|---|----------------|---------------|-------------|------------------|----------|
| 0.625866368 | | 0.068871247 | | 0.114095159 | |
| INDICE DE SERVICIABILIDAD | | | | | |
| | Po | 4.2 | Asfalto | | |
| | Pt | 2 | Carreteras | | |
| | Δ_{PSI} | 2.2 | | | |
| NIVELES DE CONFIABILIDAD R | | | | | |
| Colectoras | | 75% | Interurbana | | |
| DESVIACION NORMAL ESTANDAR Zr | | | | | |
| Confiabilidad % | | 75 | Zr | -0.674 | |
| ERROR NORMAL COMBINADO So | | | | | |
| Construcción nueva | | So | Flexible | | 0.45 |
| CAPA DE RODADURA | | BASE GRANULAR | | SUBBASE GRANULAR | |
| SN1 | 2.41 | SN2 | 2.98 | SN3 | 3.58 |
| h1 | 5.17 in | h2 | 3.54 in | h3 | 4.53 in |
| | 13.13 cm | | 8.98 cm | | 11.51 cm |
| ESTRUCTURA FINAL DE LOS ELEMENTOS DE LA VIA | | | | | |
| Carpeta asfáltica | | 3.5 | in | 8.89 | cm |
| Base granular | | 6 | in | 15.24 | cm |
| Sub base granular | | 7.3545564 | in | 18.680573 | cm |

Fuente: Elaboración propia

4.5 Presupuesto

Con los resultados de diseños se procedió a calcular cantidades de obras, y el presupuesto para el proyecto de diseño geométrico de la vía.

Tabla 42. Presupuesto de la obra

| DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA SOLDADOS – SAN ANTONIO DESDE LA ABCISA 5+000 A LA 7+500 KM, EN EL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DEL AZUAY | | | | | | |
|---|--------|---|--------|-----------|------------|-------------------|
| Ítem | Código | Descripción | Unidad | Cantidad | P.Unitario | P.Total |
| 1 | | OBRAS PRELIMINARES | | | | 341,269.69 |
| 1.1 | 500004 | Replanteo y nivelación de vías | ml | 2,500.00 | 3.50 | 8,750.00 |
| 1.2 | 500010 | Excavación a máquina con retroexcavadora | m3 | 69,016.97 | 1.96 | 135,273.27 |
| 1.3 | 500014 | Excavación manual material sin clasificar | m3 | 345.08 | 12.53 | 4,323.91 |
| 1.4 | 500001 | Cargado de material con cargadora | m3 | 53,738.86 | 1.37 | 73,622.24 |
| 1.5 | 500002 | Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera | m3 | 53,738.86 | 2.22 | 119,300.27 |

| | | | | | | |
|----------|--------|--|-------|-----------|--------|-------------------|
| 2 | | ESTRUTURA VIAL | | | | 929,301.49 |
| 2.1 | 500005 | Subrasante conformación y compactación con equipo pesado | m2 | 17,500.00 | 1.31 | 22,925.00 |
| 2.2 | 500007 | Relleno compactado con material de mejoramiento en zanjas | m3 | 19,091.30 | 23.45 | 447,690.99 |
| 2.3 | 500040 | Sub base conformación y compactación con equipo pesado, incluye transporte | m3 | 3,325.00 | 29.69 | 98,719.25 |
| 2.4 | 500041 | Base Granular conformación y compactación con equipo pesado, incluye transporte | m3 | 2,625.00 | 35.93 | 94,316.25 |
| 2.5 | 500011 | Imprimación asfáltica con barrido mecánico | m2 | 17,500.00 | 1.22 | 21,350.00 |
| 2.6 | 500039 | Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta, incluye transporte | m2 | 17,500.00 | 13.96 | 244,300.00 |
| 3 | | DRENAJES VIAL | | | | 33,849.02 |
| 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 40cm | m3 | 50.00 | 3.64 | 182.00 |
| 3.3 | 500001 | Cargado de material con cargadora | m3 | 70.00 | 3.50 | 245.00 |
| 3.4 | 500002 | Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera | m3 | 140.00 | 2.22 | 310.80 |
| 3.5 | 500003 | Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km | m3-km | 80.00 | 0.26 | 20.80 |
| 3.6 | 552338 | Cama de arena e=3cm | m2 | 50.34 | 1.55 | 78.03 |
| 3.7 | 513040 | Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 (incluye corte y doblado) | kg | 725.00 | 2.36 | 1,711.00 |
| 3.8 | 507003 | Hormigón simple f'c: 210kg/cm2 para cunetas triangulares h= 35cm e:10cm. (inc. Encofrado y desencofrado) | m3 | 201.81 | 31.50 | 6,357.02 |
| 3.9 | 507004 | Hormigón simple f'c: 210kg/cm2 para cunetas triangulares h= 20cm e:10cm. (inc. Encofrado y desencofrado) | m3 | 281.08 | 29.09 | 8,176.62 |
| 3.10 | 512001 | Encofrado metalico para cunetas | ml | 2,500.00 | 4.62 | 11,550.00 |
| 3.11 | 512005 | Encofrado de madera recto (2 usos) | m2 | 156.00 | 10.21 | 1,592.76 |
| 3.12 | DN900 | Tuberia para alcantarillado metalica corrugada armico DN900 | ml | 5.00 | 410.00 | 2,050.00 |

| | | | | | | |
|-----------------|--------|---|--------|----------|--------|-----------------------|
| 4 | | SEÑALIZACION | | | | 22,104.84 |
| 4.1 | 500018 | Señalización vertical | u | 18.00 | 148.76 | 2,677.68 |
| 4.2 | 500019 | Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm | ml | 7,500.00 | 1.60 | 12,000.00 |
| 5 | | MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES | | | | 3,713.58 |
| 5.1 | 550A30 | Alquiler de baterías sanitarias móvil, incluye instalación, desinstalación y accesorios | u | 2.00 | 310.46 | 620.92 |
| 5.2 | 500028 | Letrero metálico de información del Proyecto | u | 4.00 | 484.84 | 1,939.36 |
| 5.3 | 500020 | Señalización con cinta | ml | 500.00 | 0.23 | 115.00 |
| 5.4 | 500021 | Parante con base de hormigón, 20 usos | u | 50.00 | 6.46 | 323.00 |
| 5.5 | 500022 | Cobertura de plástico (5 usos) | m2 | 50.00 | 0.29 | 14.50 |
| 5.6 | 500023 | Difusión Social | global | 1.00 | 700.80 | 700.80 |
| SUBTOTAL | | | | | | 1,330,238.61 |
| IVA | | | | | | 15% 199,535.79 |
| TOTAL | | | | | | 1,529,774.40 |

Son: Un millón quinientos veintinueve mil setecientos setenta y cuatro con cuarenta centavos

CONCLUSIONES

Debido al análisis realizado sobre el tramo de diseño, es de importancia mejorar la vía, ya que beneficiara a la población de la zona, y sobre todo a población entre cantones, mejorando esta arteria vial, se puede activar de mayor eficiencia el comercio, el turismo local.

Este proyecto fue planteado el realizar un diseño geométrico y estructural para el mejoramiento de la vía, el cual se ha cumplido en base a las normativas de diseño vigentes en el Ecuador, durante este diseño se realizó recolección de información como es topografía, conteo vehicular, su diseño está basado en varios factores, se ha considerado alcantarillas transversales por la presencia de los pasos de agua existen en la zona. La ubicación de las alcantarillas está en las abscisas 0+720, 1+730, y en la 1+820, por la presencia de los pasos de agua.

Se determinó la intensidad de lluvia en base a la estación del INAMI M0419, con un valor de intensidad de lluvia 257.38 mm/h.

Este diseño fue realizado con una proyección para 15 años, obteniendo un valor de TPDA proyectado para el 2040 de 537 vehículos. Posterior a esto se determinó el valor del ESALs de 146,907.437465, para cada carril de diseño.

Se elaboro los cálculos de los espesores los cuales se determino en base al TPDA proyectado, ESALs, determinando los espesores para capa de rodadura de 3.5 pulgadas, para la base granular de 6 pulgadas y de sub base granular de 7.35 pulgadas, las mismas estando dentro de lo mínimo permitido.

Se determinó el presupuesto de la obra, en base a los planos, en base a los espesores de capa de rodadura, y lineamientos como obras preliminares, estructura vial, drenaje, señalización y mitigación de impactos ambientales, obteniendo un presupuesto de 1,529,774.40 dólares.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar ensayos de suelos como CBR, para comprobar los datos obtenidos a la fecha, y tener una mayor certeza de los resultados de campo.

Tener en cuenta que el cálculo de proyecciones de del TPDA, se están realizando con los últimos datos de información del Ecuador como el consumo de combustible del Ecuador del 2023, pero a la fecha de realizar otro estudio, tener en cuenta los datos de combustibles actualizados, ya que a la fecha no había datos.

Usar una estación con datos hidrológicos dentro de la zona de estudios, en caso de que existiera.

En caso de obtener datos diferentes a la estación usada para para el diseño de la estación, volver a diseñar la sección típica de la cuneta.

BIBLIOGRAFÍA

ASSTHO. (1993). *ASSTHO, Guide for Design of Pavement Structures*.

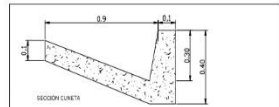
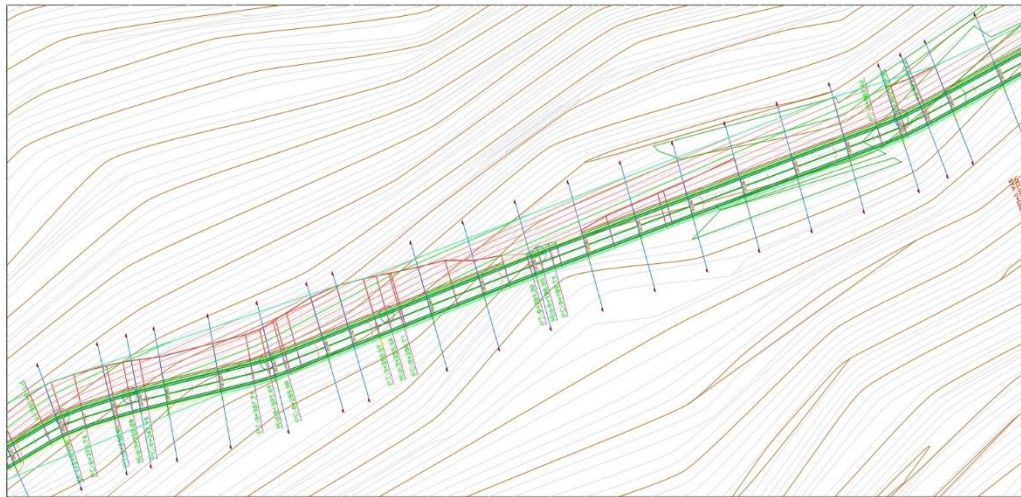
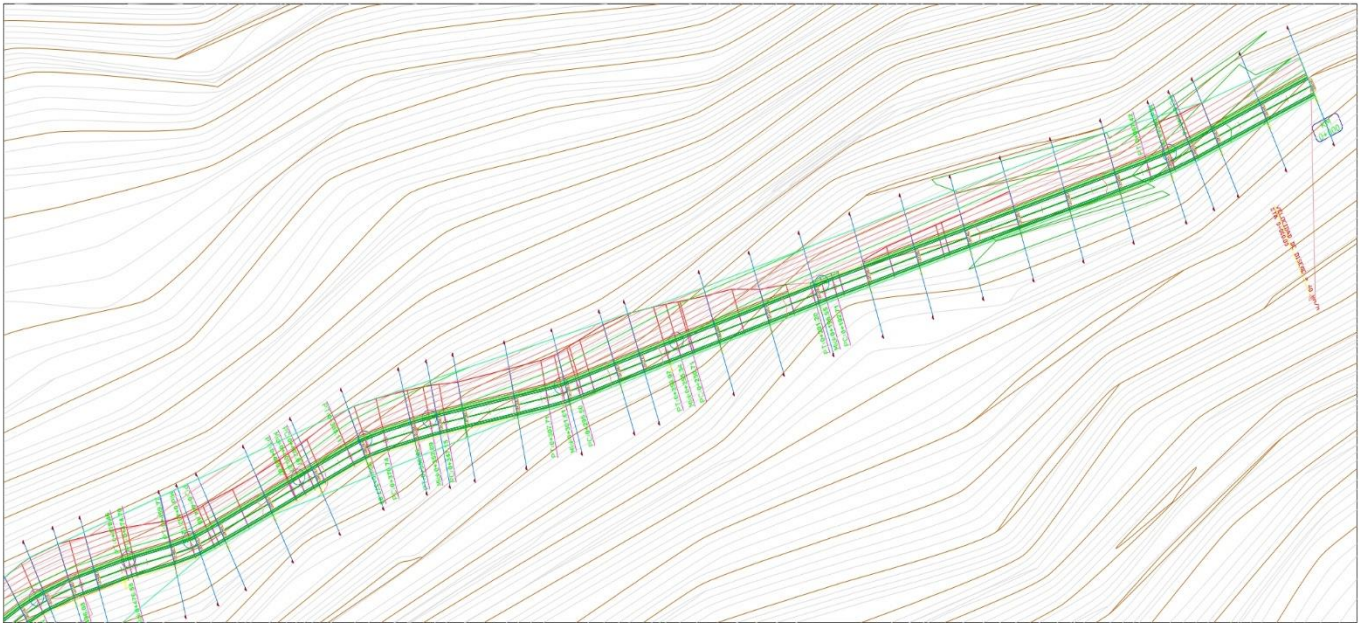
Braja M.Das. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4 th Edition ed.). (S. R. González, Ed.) Mexico: Cengage Learning.

Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogota: Ecoe Ediciones.

INEN. (2011, 10 28). *INEN*. Retrieved from INEN: <https://drive.google.com/file/d/15te5bPmBdoi0TXvuDWL2uH2b66p18ApW/view?pli=1>

- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogota: Universidad Católica de Colombia. Retrieved from <https://samustuto.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/09/ingenieric3ada-de-pavimentos-para-carreteras-tomo-i-ed-3ra-alfonso-montejo-fonseca.pdf>
- MTOP. (2013). *MTOP*. Retrieved from INEN: https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- MTOP. (2013). *MTOP*. Retrieved from MTOP: https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_5.pdf
- MTOP. (2013). *MTOP*. Retrieved from MTOP: https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_6.pdf
- MTOP. (2013). *MTOP*. Retrieved from MTOP: <https://es.scribd.com/doc/202158055/VOLUMEN-2B-1>
- Navarro. (2003). *Manual de diseño geométrico de vías*.
- Rondon Quintana y Reyes Lizcano. (2022). *PAVIMENTOS* (2th ed.). Bogota: Ecoe Ediciones.
- RONDÓN QUINTANA, H. A. (2013). Efecto del SITP sobre las estructuras de pavimento exhibible en la ciudad de Bogotá: un caso de estudio. *Tecnura*, 109-120.
- TEJADA PLÚAS, N. D. (2022). *DETERMINACIÓN DEL USO DE SUELO Y APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA GNSS EN EL SECTOR CAIMITAL - JAGUITO, CANTÓN NARANJAL - GUAYAS, TESIS*. Guayas.
- Wang et al. (2023). *Effects of geometric attributes of horizontal and sag vertical curve combinations on freeway crash frequency*. *Accident Analysis & Prevention*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107056>

ANEXOS



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

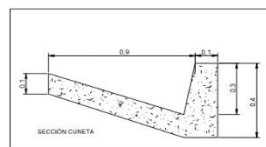
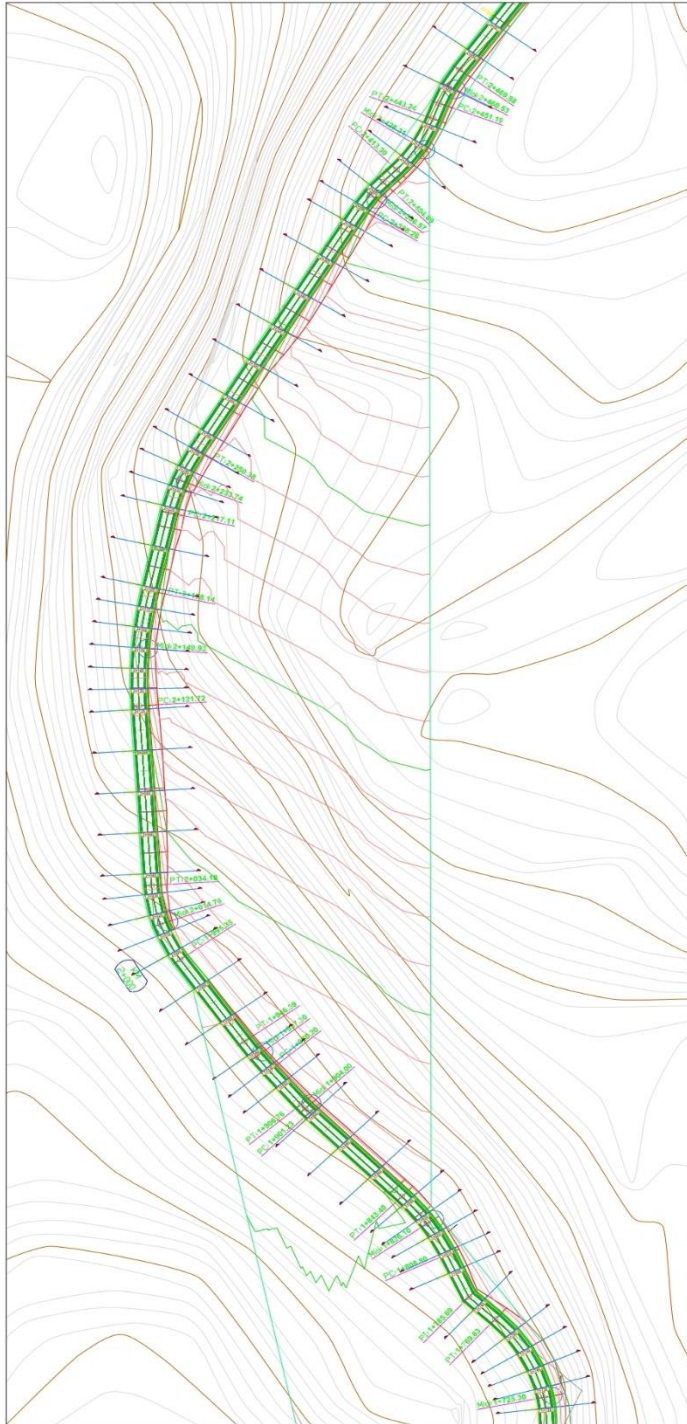


PROYECTO: DISEÑO METRICO Y ESTRUCTURAL DE LA RUTA SUCUMBA-CAMA
AUTOR: ERYNN JARAMA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL
CATEDRA: METRICO Y ESTRUCTURAL

PLANO: CORTA LA BRUNCA PARA LA VISTA EN EL CENTRO CIENCIA PROVINCIA DEL AZUAY

| | | |
|---|--|--------------------------|
| AUTOR: Erynn Jarama | PROFESOR: GUSTAVO ACUÑA CIENCIA | LAMINA N°: 1 |
| RESPONSABLE: Erynn Jarama | PROFESOR: SANTO JACQUI SOLUCIONES | |
| ASIGNATURA: TRABAJO DE TITULACIÓN | FECHA: 2023 | ESCALA: 1:1000 |

PLANTA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

PROYECTO:
DISEÑO DE CIMENTOS Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA SOLADORA... PARA
DESARROLLAR LA LÍNEA 1400 A LA 1000M EN EL CANTÓN
CANTÓN CUECRA PROVINCIA DEL AZUAY

PLANO:
DESDE LA ABCISA 1+080 A LA 2+500 KM. EN EL
CANTÓN CUECRA PROVINCIA DEL AZUAY

AUTOR: Bryan Jarama

RESPONSABLE: Bryan Jarama

ASIGNATURA: TRABAJO DE TITULACIÓN

PROVINCIA: AZUAY

CANTÓN: CUECRA

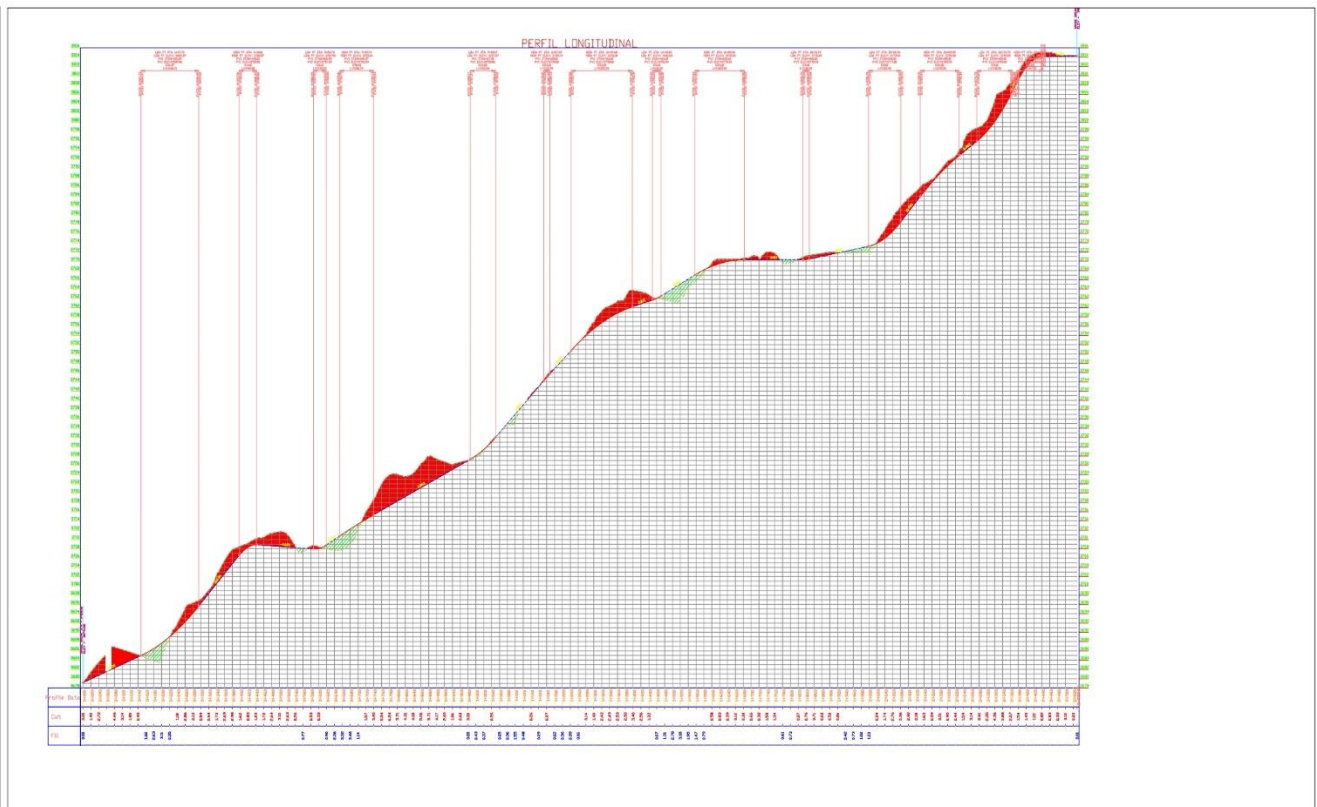
PARROQUIA: SAN JOAQUÍN

COMUNIDAD: SOLDADOS

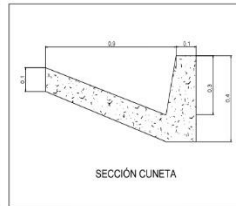
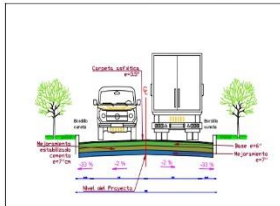
FECHA: 06/05/2024

ESCALA: 1:100

LAMINA N°: 2



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA



PROYECTO: SERVICIO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA SELLADOS - SAN ANTONIO JOSÉ LA ANDINO EN LOS ASES DE LA VÍA EN EL DANTON CANTÓN PROVINSA DEL ECUADOR

PLANO: PERFIL LONGITUDINAL



AUTOR: Bryan Jarama

RESPONSABLE: Bryan Jarama

ASIGNATURA: TRABAJO DE TITULACIÓN

PROVINCIA: AZUAY

CANTÓN: CUEBCA

FARRRODIA: SAN JOAQUIN

COMUNIDAD: SOLDADOS

FECHA: 15/05/2021

SEALA: 1/2021

LAMINA N°: 3

| Curve # | Radius | Length | Chord Direction | Start Point | End Point |
|---------|----------|--------|------------------|------------------------|------------------------|
| PI=75 | 150.00 | 18.68 | N21° 16' 44.58"W | (694024.90,9676016.68) | (694018.13,9676034.07) |
| PI=76 | 600.00 | 8.49 | N18° 06' 59.92"W | (693980.01,9676153.43) | (693977.37,9676161.50) |
| PI=77 | 3000.00 | 9.27 | N18° 36' 37.25"W | (693961.64,9676208.44) | (693958.69,9676217.22) |
| PI=78 | 100.00 | 12.22 | N15° 11' 56.60"W | (693947.30,9676250.87) | (693944.10,9676262.65) |
| PI=79 | 200.00 | 11.47 | N13° 20' 32.20"W | (693936.10,9676301.27) | (693933.45,9676312.43) |
| PI=80 | 70.00 | 14.37 | N20° 51' 57.15"W | (693930.32,9676324.14) | (693925.21,9676337.54) |
| PI=81 | 10000.00 | 7.60 | N26° 43' 28.83"W | (693917.58,9676352.69) | (693914.16,9676359.48) |
| PI=82 | 70.00 | 15.30 | N20° 26' 30.50"W | (693898.52,9676390.57) | (693893.19,9676404.88) |
| PI=83 | 70.00 | 3.75 | N15° 43' 00.08"W | (693889.53,9676419.35) | (693888.51,9676422.96) |
| PI=84 | 100.00 | 34.28 | N27° 04' 19.96"W | (693883.29,9676439.79) | (693867.76,9676470.17) |
| PI=85 | 100.00 | 7.65 | N39° 04' 55.69"W | (693858.40,9676482.65) | (693853.58,9676488.58) |
| PI=86 | 70.00 | 16.45 | N48° 00' 21.81"W | (693834.82,9676509.96) | (693822.62,9676520.94) |
| PI=87 | 70.00 | 44.18 | N36° 39' 29.84"W | (693789.99,9676544.01) | (693764.05,9676578.86) |
| PI=88 | 70.00 | 33.35 | N32° 13' 27.61"W | (693757.03,9676599.74) | (693739.42,9676627.68) |
| PI=89 | 70.00 | 42.63 | N63° 19' 02.14"W | (693724.63,9676642.02) | (693687.13,9676660.87) |
| PI=90 | 70.00 | 46.19 | N61° 51' 36.08"W | (693678.29,9676662.31) | (693638.30,9676683.70) |
| PI=91 | 100.00 | 17.29 | N38° 00' 12.72"W | (693618.74,9676704.70) | (693608.10,9676718.31) |
| PI=92 | 100.00 | 31.63 | N23° 59' 13.83"W | (693561.68,9676789.66) | (693548.88,9676818.44) |
| PI=93 | 70.00 | 17.64 | N7° 42' 17.79"W | (693545.70,9676830.34) | (693543.34,9676847.78) |
| PI=94 | 100.00 | 12.45 | N4° 03' 11.35"W | (693542.93,9676896.06) | (693542.06,9676908.46) |

| Curve # | Radius | Length | Chord Direction | Start Point | End Point |
|---------|--------|--------|------------------|------------------------|------------------------|
| PI=95 | 100.00 | 20.53 | N1° 44' 24.44"W | (693534.81,9676962.61) | (693534.19,9676983.09) |
| PI=96 | 200.00 | 23.34 | N7° 29' 02.75"E | (693547.61,9677168.48) | (693550.65,9677191.60) |
| PI=97 | 200.00 | 2.73 | N11° 13' 07.36"E | (693573.61,9677311.66) | (693574.14,9677314.34) |
| PI=98 | 200.00 | 47.44 | N18° 24' 19.25"E | (693582.92,9677357.06) | (693597.86,9677401.96) |
| PI=99 | 70.00 | 89.07 | N11° 15' 05.04"W | (693627.91,9677465.82) | (693611.68,9677547.40) |
| PI=100 | 100.00 | 34.60 | N35° 11' 20.09"W | (693590.09,9677578.97) | (693570.24,9677607.11) |
| PI=101 | 70.00 | 5.53 | N42° 50' 18.99"W | (693529.28,9677647.93) | (693525.52,9677651.98) |
| PI=102 | 200.00 | 18.19 | N37° 58' 10.64"W | (693511.57,9677668.27) | (693500.39,9677682.60) |
| PI=103 | 70.00 | 38.83 | N19° 28' 17.57"W | (693472.05,9677722.52) | (693459.27,9677758.67) |
| PI=104 | 200.00 | 56.42 | N4° 30' 12.08"E | (693453.81,9677846.04) | (693458.23,9677902.10) |
| PI=105 | 100.00 | 33.27 | N22° 06' 57.01"E | (693466.72,9677940.13) | (693479.18,9677970.81) |
| PI=106 | 70.00 | 16.63 | N38° 27' 06.73"E | (693551.53,9678088.19) | (693561.84,9678101.18) |
| PI=107 | 70.00 | 29.84 | N33° 02' 38.89"E | (693567.88,9678107.17) | (693594.03,9678131.99) |
| PI=108 | 70.00 | 18.68 | N28° 28' 38.99"E | (693586.86,9678139.43) | (693595.74,9678155.80) |

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SECCIÓN CUNETAS

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA SOLDADOS - SAN ANTONIO DESDE LA ABSCSA 5+000 A LA 7+000 KM. EN EL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DEL AZUAY

PLANO:
RADIOS

AUTOR:
Bryam Jarama

RESPONSABLE:
Bryam Jarama

ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACIÓN

PROVINCIA: AZUAY
CANTÓN: CUENCA
PARROQUIA: SAN JOAQUÍN
COMUNIDAD: SOLDADOS

LAMINA N°:

4

FECHA: 10/07/2023

ESCALA: 1:1000

Informe de volumen

Proyecto: C:\Users\USUARIO\Desktop\TESIS BRYAM\FINAL\RADIOS.dwg

Alineación: VIA

Grupo de líneas de muestreo: LINEAS

P.K. inicial: 0+000.000

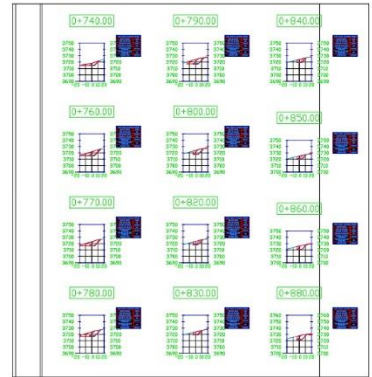
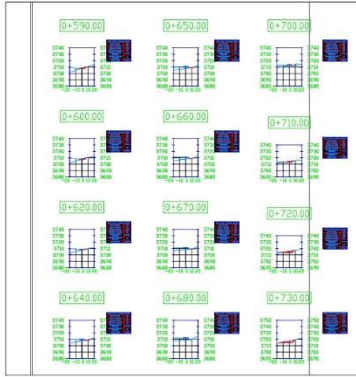
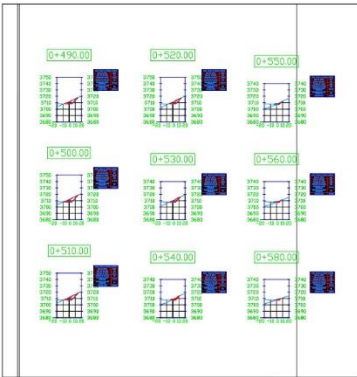
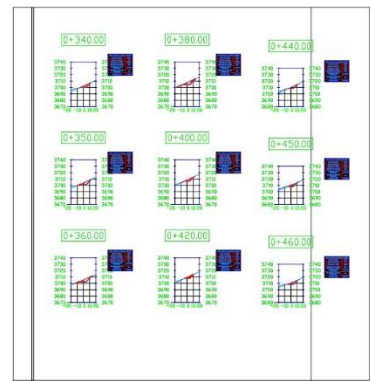
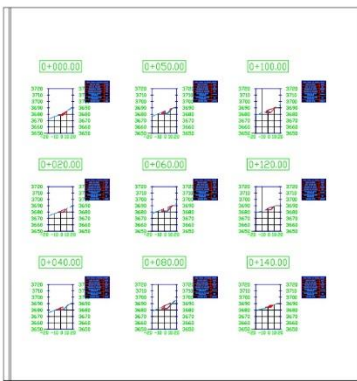
P.K. final: 2+500.000

| P.K. | Área de desmonte (metros cuadrados) | Volumen de desmonte (metros cúbicos) | Volumen reutilizable (metros cúbicos) | Área de terraplén (metros cuadrados) | Volumen de terraplén (metros cúbicos) | Vol. desmonte acumul. (metros cúbicos) | Vol. reutilizable acumul. (metros cúbicos) | Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos) | Vol. neto acumul. (pies cúbicos) |
|-----------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--|---|----------------------------------|
| 0+000.000 | 12.68 | 0.00 | 0.00 | 1.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0+020.000 | 27.21 | 398.90 | 398.90 | 0.00 | 10.13 | 398.90 | 398.90 | 10.13 | 388.77 |
| 0+040.000 | 23.86 | 510.72 | 510.72 | 0.00 | 0.00 | 909.63 | 909.63 | 10.13 | 899.49 |
| 0+050.000 | 21.66 | 227.57 | 227.57 | 0.00 | 0.01 | 1137.20 | 1137.20 | 10.15 | 1127.05 |
| 0+060.000 | 27.35 | 240.15 | 240.15 | 0.00 | 0.01 | 1377.34 | 1377.34 | 10.16 | 1367.19 |
| 0+080.000 | 68.64 | 951.22 | 951.22 | 0.00 | 0.00 | 2328.56 | 2328.56 | 10.16 | 2318.40 |
| 0+100.000 | 48.54 | 1171.83 | 1171.83 | 0.00 | 0.00 | 3500.39 | 3500.39 | 10.16 | 3490.23 |
| 0+120.000 | 28.35 | 768.89 | 768.89 | 0.00 | 0.00 | 4269.27 | 4269.27 | 10.16 | 4259.11 |
| 0+140.000 | 15.15 | 434.97 | 434.97 | 1.39 | 13.89 | 4704.25 | 4704.25 | 24.05 | 4680.20 |
| 0+160.000 | 6.11 | 212.62 | 212.62 | 16.66 | 180.45 | 4916.86 | 4916.86 | 204.50 | 4712.36 |
| 0+180.000 | 0.23 | 63.46 | 63.46 | 57.95 | 746.02 | 4980.33 | 4980.33 | 950.52 | 4029.80 |
| 0+200.000 | 0.01 | 2.40 | 2.40 | 97.31 | 1552.56 | 4982.72 | 4982.72 | 2503.09 | 2479.63 |
| 0+220.000 | 9.37 | 93.75 | 93.75 | 81.15 | 1784.59 | 5076.47 | 5076.47 | 4287.68 | 788.79 |
| 0+240.000 | 34.08 | 434.49 | 434.49 | 43.47 | 1246.24 | 5510.96 | 5510.96 | 5533.92 | -22.96 |
| 0+270.000 | 67.13 | 1518.23 | 1518.23 | 29.55 | 1095.44 | 7029.19 | 7029.19 | 6629.36 | 399.83 |
| 0+280.000 | 54.14 | 606.37 | 606.37 | 33.82 | 316.89 | 7635.57 | 7635.57 | 6946.25 | 689.31 |
| 0+300.000 | 28.91 | 821.09 | 821.09 | 47.75 | 842.68 | 8456.66 | 8456.66 | 7788.93 | 667.72 |
| 0+320.000 | 24.77 | 526.68 | 526.68 | 43.30 | 958.71 | 8983.33 | 8983.33 | 8747.64 | 235.69 |
| 0+340.000 | 34.14 | 589.09 | 589.09 | 22.57 | 658.70 | 9572.43 | 9572.43 | 9406.34 | 166.09 |
| 0+350.000 | 48.28 | 412.12 | 412.12 | 9.97 | 162.72 | 9984.54 | 9984.54 | 9569.06 | 415.49 |
| 0+360.000 | 58.26 | 538.84 | 538.84 | 3.56 | 62.67 | 10523.38 | 10523.38 | 9631.72 | 891.66 |
| 0+380.000 | 62.26 | 1226.39 | 1226.39 | 2.03 | 49.24 | 11749.77 | 11749.77 | 9680.96 | 2068.81 |
| 0+400.000 | 35.19 | 985.66 | 985.66 | 11.17 | 123.95 | 12735.43 | 12735.43 | 9804.92 | 2930.51 |
| 0+420.000 | 23.00 | 581.83 | 581.83 | 17.86 | 290.32 | 13317.26 | 13317.26 | 10095.23 | 3222.02 |
| 0+440.000 | 26.23 | 492.27 | 492.27 | 18.63 | 364.91 | 13809.52 | 13809.52 | 10460.15 | 3349.38 |
| 0+450.000 | 27.36 | 260.28 | 260.28 | 19.02 | 208.33 | 14069.80 | 14069.80 | 10668.48 | 3401.33 |
| 0+460.000 | 32.81 | 287.82 | 287.82 | 24.21 | 258.40 | 14357.62 | 14357.62 | 10926.88 | 3430.74 |
| 0+490.000 | 60.95 | 1414.70 | 1414.70 | 29.49 | 783.18 | 15772.32 | 15772.32 | 11710.06 | 4062.26 |
| 0+500.000 | 68.97 | 658.55 | 658.55 | 27.83 | 268.19 | 16430.88 | 16430.88 | 11978.25 | 4452.63 |
| 0+510.000 | 68.09 | 710.45 | 710.45 | 30.23 | 242.77 | 17141.32 | 17141.32 | 12221.02 | 4920.31 |
| 0+520.000 | 56.28 | 645.59 | 645.59 | 37.92 | 286.16 | 17786.91 | 17786.91 | 12507.18 | 5279.73 |
| 0+530.000 | 36.98 | 485.25 | 485.25 | 52.08 | 381.33 | 18272.15 | 18272.15 | 12888.51 | 5383.64 |
| 0+540.000 | 16.67 | 268.29 | 268.29 | 74.44 | 632.59 | 18540.44 | 18540.44 | 13521.10 | 5019.34 |
| 0+550.000 | 3.37 | 102.06 | 102.06 | 89.60 | 778.18 | 18642.51 | 18642.51 | 14299.28 | 4343.22 |
| 0+560.000 | 4.61 | 40.50 | 40.50 | 81.40 | 817.53 | 18683.00 | 18683.00 | 15116.81 | 3566.19 |
| 0+580.000 | 10.09 | 147.01 | 147.01 | 67.30 | 1487.06 | 18830.01 | 18830.01 | 16603.87 | 2226.14 |
| 0+590.000 | 11.62 | 111.88 | 111.88 | 65.20 | 558.12 | 18941.89 | 18941.89 | 17161.99 | 1779.90 |
| 0+600.000 | 8.12 | 101.77 | 101.77 | 68.79 | 557.32 | 19043.66 | 19043.66 | 17719.32 | 1324.34 |
| 0+620.000 | 0.35 | 84.72 | 84.72 | 76.18 | 1449.72 | 19128.38 | 19128.38 | 19169.03 | -40.66 |
| 0+640.000 | 0.21 | 5.52 | 5.52 | 94.36 | 1724.32 | 19133.89 | 19133.89 | 20893.36 | -1759.46 |

| | | | | | | | | | |
|-----------|--------|---------|---------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 0+650.000 | 0.18 | 1.63 | 1.63 | 100.46 | 1087.96 | 19135.52 | 19135.52 | 21981.31 | -2845.79 |
| 0+660.000 | 0.15 | 1.38 | 1.38 | 107.77 | 1149.96 | 19136.90 | 19136.90 | 23131.27 | -3994.37 |
| 0+670.000 | 0.08 | 0.99 | 0.99 | 113.29 | 1201.71 | 19137.89 | 19137.89 | 24332.98 | -5195.09 |
| 0+680.000 | 0.00 | 0.35 | 0.35 | 115.56 | 1216.13 | 19138.24 | 19138.24 | 25549.11 | -6410.87 |
| 0+700.000 | 0.05 | 0.54 | 0.54 | 52.26 | 1694.28 | 19138.78 | 19138.78 | 27243.39 | -8104.61 |
| 0+710.000 | 6.17 | 31.62 | 31.62 | 17.81 | 324.36 | 19170.40 | 19170.40 | 27567.75 | -8397.35 |
| 0+720.000 | 25.93 | 161.06 | 161.06 | 6.22 | 96.02 | 19331.46 | 19331.46 | 27663.77 | -8332.31 |
| 0+730.000 | 46.69 | 358.50 | 358.50 | 1.19 | 27.82 | 19689.96 | 19689.96 | 27691.59 | -8001.64 |
| 0+740.000 | 71.72 | 583.87 | 583.87 | 0.01 | 4.70 | 20273.83 | 20273.83 | 27696.29 | -7422.46 |
| 0+760.000 | 133.85 | 2053.25 | 2053.25 | 0.00 | 0.13 | 22327.08 | 22327.08 | 27696.42 | -5369.34 |
| 0+770.000 | 156.68 | 1427.86 | 1427.86 | 0.00 | 0.00 | 23754.94 | 23754.94 | 27696.42 | -3941.48 |
| 0+780.000 | 161.89 | 1562.83 | 1562.83 | 0.00 | 0.00 | 25317.77 | 25317.77 | 27696.42 | -2378.65 |
| 0+790.000 | 143.30 | 1512.06 | 1512.06 | 0.00 | 0.00 | 26829.83 | 26829.83 | 27696.42 | -866.59 |
| 0+800.000 | 89.53 | 1189.85 | 1189.85 | 0.00 | 0.01 | 28019.67 | 28019.67 | 27696.43 | 323.24 |
| 0+820.000 | 63.33 | 1497.10 | 1497.10 | 0.46 | 4.19 | 29516.78 | 29516.78 | 27700.62 | 1816.15 |
| 0+830.000 | 58.12 | 582.45 | 582.45 | 0.60 | 4.18 | 30099.22 | 30099.22 | 27704.80 | 2394.42 |
| 0+840.000 | 57.91 | 557.35 | 557.35 | 0.43 | 4.02 | 30656.58 | 30656.58 | 27708.83 | 2947.75 |
| 0+850.000 | 63.47 | 582.09 | 582.09 | 0.35 | 3.06 | 31238.67 | 31238.67 | 27711.89 | 3526.77 |
| 0+860.000 | 74.15 | 668.65 | 668.65 | 0.00 | 1.53 | 31907.32 | 31907.32 | 27713.42 | 4193.90 |
| 0+880.000 | 89.69 | 1638.47 | 1638.47 | 0.00 | 0.00 | 33545.79 | 33545.79 | 27713.42 | 5832.37 |
| 0+890.000 | 80.48 | 832.78 | 832.78 | 0.00 | 0.00 | 34378.58 | 34378.58 | 27713.42 | 6665.15 |
| 0+900.000 | 68.34 | 710.62 | 710.62 | 0.00 | 0.00 | 35089.19 | 35089.19 | 27713.42 | 7375.77 |
| 0+920.000 | 42.00 | 1097.58 | 1097.58 | 0.00 | 0.00 | 36186.78 | 36186.78 | 27713.42 | 8473.35 |
| 0+940.000 | 17.11 | 591.07 | 591.07 | 3.49 | 34.85 | 36777.85 | 36777.85 | 27748.27 | 9029.58 |
| 0+960.000 | 11.32 | 284.31 | 284.31 | 4.79 | 82.76 | 37062.16 | 37062.16 | 27831.04 | 9231.12 |
| 0+980.000 | 8.00 | 193.19 | 193.19 | 0.65 | 54.40 | 37255.34 | 37255.34 | 27885.44 | 9369.90 |
| 0+990.000 | 7.25 | 74.72 | 74.72 | 1.37 | 9.94 | 37330.06 | 37330.06 | 27895.38 | 9434.68 |
| 1+000.000 | 7.01 | 63.36 | 63.36 | 2.18 | 17.23 | 37393.42 | 37393.42 | 27912.61 | 9480.81 |
| 1+010.000 | 8.74 | 68.41 | 68.41 | 2.29 | 21.93 | 37461.83 | 37461.83 | 27934.54 | 9527.30 |
| 1+020.000 | 14.33 | 100.78 | 100.78 | 1.65 | 19.43 | 37562.62 | 37562.62 | 27953.97 | 9608.64 |
| 1+040.000 | 31.26 | 420.83 | 420.83 | 0.15 | 17.93 | 37983.44 | 37983.44 | 27971.91 | 10011.54 |
| 1+060.000 | 26.57 | 534.19 | 534.19 | 0.86 | 10.37 | 38517.63 | 38517.63 | 27982.27 | 10535.36 |
| 1+080.000 | 2.81 | 293.83 | 293.83 | 7.00 | 78.61 | 38811.46 | 38811.46 | 28060.89 | 10750.57 |
| 1+100.000 | 10.84 | 139.12 | 139.12 | 14.26 | 213.63 | 38950.58 | 38950.58 | 28274.52 | 10676.06 |
| 1+120.000 | 8.59 | 204.79 | 204.79 | 1.82 | 161.65 | 39155.36 | 39155.36 | 28436.16 | 10719.20 |
| 1+140.000 | 12.77 | 213.55 | 213.55 | 1.13 | 29.50 | 39368.91 | 39368.91 | 28465.66 | 10903.25 |
| 1+160.000 | 12.02 | 247.85 | 247.85 | 1.10 | 22.32 | 39616.77 | 39616.77 | 28487.98 | 11128.79 |
| 1+170.000 | 10.54 | 110.27 | 110.27 | 1.64 | 13.88 | 39727.04 | 39727.04 | 28501.86 | 11225.18 |
| 1+180.000 | 9.90 | 98.52 | 98.52 | 0.56 | 11.14 | 39825.56 | 39825.56 | 28513.00 | 11312.57 |
| 1+200.000 | 6.63 | 163.93 | 163.93 | 0.03 | 5.87 | 39989.49 | 39989.49 | 28518.87 | 11470.63 |
| 1+220.000 | 3.88 | 105.14 | 105.14 | 1.28 | 13.05 | 40094.63 | 40094.63 | 28531.92 | 11562.72 |
| 1+240.000 | 2.87 | 67.55 | 67.55 | 1.49 | 27.68 | 40162.18 | 40162.18 | 28559.60 | 11602.58 |
| 1+260.000 | 3.67 | 65.42 | 65.42 | 0.25 | 17.41 | 40227.61 | 40227.61 | 28577.01 | 11650.60 |
| 1+280.000 | 7.79 | 114.59 | 114.59 | 0.00 | 2.48 | 40342.19 | 40342.19 | 28579.48 | 11762.71 |
| 1+300.000 | 22.07 | 298.55 | 298.55 | 0.00 | 0.00 | 40640.75 | 40640.75 | 28579.48 | 12061.26 |
| 1+320.000 | 34.52 | 565.86 | 565.86 | 0.00 | 0.00 | 41206.61 | 41206.61 | 28579.48 | 12627.13 |
| 1+340.000 | 35.42 | 699.37 | 699.37 | 0.43 | 4.34 | 41905.98 | 41905.98 | 28583.83 | 13322.15 |
| 1+360.000 | 29.97 | 653.89 | 653.89 | 2.56 | 29.98 | 42559.87 | 42559.87 | 28613.81 | 13946.06 |
| 1+380.000 | 39.17 | 687.89 | 687.89 | 0.02 | 25.26 | 43247.76 | 43247.76 | 28639.06 | 14608.70 |
| 1+390.000 | 53.80 | 458.25 | 458.25 | 0.00 | 0.10 | 43706.01 | 43706.01 | 28639.16 | 15066.84 |
| 1+400.000 | 54.75 | 539.42 | 539.42 | 0.00 | 0.00 | 44245.43 | 44245.43 | 28639.16 | 15606.27 |
| 1+420.000 | 39.93 | 946.78 | 946.78 | 0.00 | 0.00 | 45192.21 | 45192.21 | 28639.16 | 16553.05 |

| | | | | | | | | | |
|-----------|-------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 1+440.000 | 23.94 | 638.66 | 638.66 | 0.00 | 0.00 | 45830.87 | 45830.87 | 28639.16 | 17191.70 |
| 1+460.000 | 8.94 | 328.76 | 328.76 | 0.49 | 4.94 | 46159.63 | 46159.63 | 28644.11 | 17515.52 |
| 1+480.000 | 0.42 | 93.54 | 93.54 | 7.94 | 84.38 | 46253.17 | 46253.17 | 28728.49 | 17524.69 |
| 1+500.000 | 0.00 | 4.18 | 4.18 | 20.56 | 285.02 | 46257.36 | 46257.36 | 29013.51 | 17243.85 |
| 1+530.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 93.26 | 1707.22 | 46257.36 | 46257.36 | 30720.73 | 15536.63 |
| 1+540.000 | 0.21 | 1.05 | 1.05 | 100.65 | 969.54 | 46258.40 | 46258.40 | 31690.27 | 14568.13 |
| 1+560.000 | 1.21 | 14.23 | 14.23 | 78.89 | 1795.39 | 46272.63 | 46272.63 | 33485.67 | 12786.97 |
| 1+570.000 | 2.65 | 18.88 | 18.88 | 70.77 | 781.21 | 46291.51 | 46291.51 | 34266.88 | 12024.64 |
| 1+580.000 | 4.53 | 34.91 | 34.91 | 59.42 | 691.75 | 46326.42 | 46326.42 | 34958.62 | 11367.80 |
| 1+590.000 | 7.54 | 58.96 | 58.96 | 46.35 | 563.80 | 46385.38 | 46385.38 | 35522.42 | 10862.96 |
| 1+600.000 | 11.93 | 95.81 | 95.81 | 31.15 | 415.06 | 46481.19 | 46481.19 | 35937.49 | 10543.70 |
| 1+610.000 | 17.64 | 147.05 | 147.05 | 16.62 | 257.26 | 46628.24 | 46628.24 | 36194.75 | 10433.49 |
| 1+620.000 | 17.21 | 174.23 | 174.23 | 14.30 | 154.59 | 46802.46 | 46802.46 | 36349.34 | 10453.12 |
| 1+640.000 | 10.03 | 272.41 | 272.41 | 16.69 | 309.90 | 47074.87 | 47074.87 | 36659.24 | 10415.63 |
| 1+660.000 | 7.50 | 175.27 | 175.27 | 21.77 | 384.57 | 47250.14 | 47250.14 | 37043.81 | 10206.33 |
| 1+680.000 | 9.74 | 172.38 | 172.38 | 25.32 | 470.90 | 47422.53 | 47422.53 | 37514.71 | 9907.82 |
| 1+690.000 | 12.97 | 117.93 | 117.93 | 27.79 | 213.41 | 47540.45 | 47540.45 | 37728.12 | 9812.33 |
| 1+700.000 | 21.57 | 181.81 | 181.81 | 32.55 | 238.82 | 47722.26 | 47722.26 | 37966.94 | 9755.32 |
| 1+710.000 | 25.01 | 246.48 | 246.48 | 38.02 | 281.76 | 47968.74 | 47968.74 | 38248.70 | 9720.04 |
| 1+720.000 | 19.87 | 238.29 | 238.29 | 46.42 | 342.95 | 48207.03 | 48207.03 | 38591.65 | 9615.38 |
| 1+730.000 | 18.94 | 204.84 | 204.84 | 37.33 | 340.80 | 48411.86 | 48411.86 | 38932.45 | 9479.41 |
| 1+740.000 | 27.45 | 241.88 | 241.88 | 29.93 | 269.11 | 48653.75 | 48653.75 | 39201.56 | 9452.18 |
| 1+750.000 | 28.28 | 289.57 | 289.57 | 27.32 | 226.17 | 48943.31 | 48943.31 | 39427.73 | 9515.58 |
| 1+760.000 | 21.89 | 260.45 | 260.45 | 28.89 | 221.65 | 49203.77 | 49203.77 | 39649.38 | 9554.39 |
| 1+780.000 | 3.38 | 257.85 | 257.85 | 47.87 | 694.70 | 49461.61 | 49461.61 | 40344.08 | 9117.54 |
| 1+800.000 | 2.35 | 52.86 | 52.86 | 39.97 | 1095.48 | 49514.47 | 49514.47 | 41439.55 | 8074.92 |
| 1+810.000 | 3.72 | 30.33 | 30.33 | 30.10 | 350.34 | 49544.80 | 49544.80 | 41789.89 | 7754.91 |
| 1+820.000 | 6.03 | 50.15 | 50.15 | 23.12 | 229.71 | 49594.95 | 49594.95 | 42019.60 | 7575.35 |
| 1+830.000 | 10.31 | 83.49 | 83.49 | 19.07 | 180.17 | 49678.44 | 49678.44 | 42199.77 | 7478.67 |
| 1+840.000 | 15.41 | 132.35 | 132.35 | 17.28 | 154.42 | 49810.79 | 49810.79 | 42354.19 | 7456.60 |
| 1+860.000 | 18.30 | 339.97 | 339.97 | 17.87 | 342.52 | 50150.76 | 50150.76 | 42696.71 | 7454.05 |
| 1+880.000 | 19.21 | 375.10 | 375.10 | 17.71 | 355.78 | 50525.86 | 50525.86 | 43052.49 | 7473.37 |
| 1+900.000 | 13.06 | 322.69 | 322.69 | 17.68 | 353.92 | 50848.55 | 50848.55 | 43406.42 | 7442.13 |
| 1+920.000 | 5.87 | 186.53 | 186.53 | 21.22 | 406.49 | 51035.08 | 51035.08 | 43812.91 | 7222.17 |
| 1+930.000 | 3.38 | 46.27 | 46.27 | 27.19 | 242.03 | 51081.35 | 51081.35 | 44054.94 | 7026.41 |
| 1+940.000 | 1.90 | 26.03 | 26.03 | 33.11 | 310.71 | 51107.37 | 51107.37 | 44365.64 | 6741.73 |
| 1+960.000 | 0.65 | 25.28 | 25.28 | 25.76 | 590.43 | 51132.66 | 51132.66 | 44956.07 | 6176.58 |
| 1+980.000 | 0.02 | 6.68 | 6.68 | 19.06 | 448.18 | 51139.33 | 51139.33 | 45404.25 | 5735.09 |
| 2+000.000 | 0.00 | 0.22 | 0.22 | 14.69 | 326.33 | 51139.56 | 51139.56 | 45730.58 | 5408.98 |
| 2+010.000 | 0.85 | 3.96 | 3.96 | 6.69 | 93.09 | 51143.51 | 51143.51 | 45823.67 | 5319.84 |
| 2+020.000 | 7.39 | 39.58 | 39.58 | 3.16 | 40.73 | 51183.09 | 51183.09 | 45864.40 | 5318.69 |
| 2+030.000 | 15.53 | 111.89 | 111.89 | 2.36 | 21.21 | 51294.98 | 51294.98 | 45885.61 | 5409.37 |
| 2+040.000 | 23.35 | 192.77 | 192.77 | 1.64 | 17.97 | 51487.75 | 51487.75 | 45903.58 | 5584.16 |
| 2+060.000 | 35.70 | 590.50 | 590.50 | 0.30 | 19.40 | 52078.24 | 52078.24 | 45922.99 | 6155.26 |
| 2+080.000 | 40.49 | 761.83 | 761.83 | 2.97 | 32.70 | 52840.07 | 52840.07 | 45955.69 | 6884.38 |
| 2+100.000 | 42.90 | 833.88 | 833.88 | 0.00 | 29.72 | 53673.95 | 53673.95 | 45985.41 | 7688.54 |
| 2+120.000 | 39.10 | 820.01 | 820.01 | 0.00 | 0.00 | 54493.96 | 54493.96 | 45985.41 | 8508.56 |
| 2+130.000 | 38.74 | 380.13 | 380.13 | 0.01 | 0.03 | 54874.10 | 54874.10 | 45985.44 | 8888.66 |
| 2+140.000 | 36.31 | 362.71 | 362.71 | 0.43 | 2.10 | 55236.81 | 55236.81 | 45987.54 | 9249.27 |
| 2+150.000 | 32.44 | 329.50 | 329.50 | 0.04 | 2.25 | 55566.31 | 55566.31 | 45989.79 | 9576.52 |
| 2+160.000 | 28.41 | 289.25 | 289.25 | 0.00 | 0.17 | 55855.55 | 55855.55 | 45989.96 | 9865.60 |
| 2+170.000 | 28.45 | 268.98 | 268.98 | 0.01 | 0.07 | 56124.54 | 56124.54 | 45990.03 | 10134.51 |

| | | | | | | | | | |
|-----------|-------|---------|---------|-------|--------|----------|----------|----------|----------|
| 2+180.000 | 29.01 | 274.65 | 274.65 | 0.00 | 0.07 | 56399.19 | 56399.19 | 45990.10 | 10409.09 |
| 2+200.000 | 25.88 | 548.83 | 548.83 | 0.55 | 5.50 | 56948.02 | 56948.02 | 45995.60 | 10952.42 |
| 2+220.000 | 20.13 | 454.56 | 454.56 | 1.42 | 19.44 | 57402.58 | 57402.58 | 46015.04 | 11387.55 |
| 2+230.000 | 25.55 | 210.84 | 210.84 | 0.08 | 6.84 | 57613.42 | 57613.42 | 46021.88 | 11591.54 |
| 2+240.000 | 39.70 | 303.94 | 303.94 | 0.00 | 0.39 | 57917.36 | 57917.36 | 46022.26 | 11895.09 |
| 2+250.000 | 47.54 | 411.88 | 411.88 | 0.00 | 0.00 | 58329.23 | 58329.23 | 46022.26 | 12306.97 |
| 2+260.000 | 46.64 | 470.89 | 470.89 | 0.00 | 0.00 | 58800.12 | 58800.12 | 46022.26 | 12777.86 |
| 2+280.000 | 31.21 | 778.52 | 778.52 | 6.53 | 65.31 | 59578.64 | 59578.64 | 46087.58 | 13491.07 |
| 2+300.000 | 28.34 | 595.52 | 595.52 | 17.94 | 244.70 | 60174.16 | 60174.16 | 46332.28 | 13841.89 |
| 2+320.000 | 52.28 | 806.26 | 806.26 | 5.34 | 232.78 | 60980.42 | 60980.42 | 46565.06 | 14415.36 |
| 2+340.000 | 50.72 | 1030.03 | 1030.03 | 0.00 | 53.40 | 62010.45 | 62010.45 | 46618.46 | 15391.99 |
| 2+360.000 | 38.88 | 895.99 | 895.99 | 0.00 | 0.00 | 62906.44 | 62906.44 | 46618.46 | 16287.98 |
| 2+380.000 | 34.07 | 729.52 | 729.52 | 0.00 | 0.00 | 63635.96 | 63635.96 | 46618.46 | 17017.50 |
| 2+390.000 | 33.18 | 330.97 | 330.97 | 0.00 | 0.00 | 63966.93 | 63966.93 | 46618.46 | 17348.47 |
| 2+400.000 | 28.56 | 281.60 | 281.60 | 0.07 | 0.33 | 64248.52 | 64248.52 | 46618.79 | 17629.74 |
| 2+420.000 | 21.79 | 505.65 | 505.65 | 0.00 | 0.74 | 64754.17 | 64754.17 | 46619.52 | 18134.65 |
| 2+430.000 | 18.54 | 200.90 | 200.90 | 0.00 | 0.00 | 64955.07 | 64955.07 | 46619.52 | 18335.55 |
| 2+440.000 | 15.24 | 167.58 | 167.58 | 0.00 | 0.00 | 65122.65 | 65122.65 | 46619.52 | 18503.13 |
| 2+460.000 | 11.45 | 266.37 | 266.37 | 0.00 | 0.00 | 65389.02 | 65389.02 | 46619.52 | 18769.50 |
| 2+480.000 | 8.36 | 195.69 | 195.69 | 0.00 | 0.00 | 65584.71 | 65584.71 | 46619.52 | 18965.18 |
| 2+500.000 | 6.45 | 126.20 | 126.20 | 0.00 | 0.00 | 65710.91 | 65710.91 | 46619.52 | 19091.39 |



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SECCIÓN CUNETA

SECCIÓN CUNETA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA OBRA SECCIONES DE LA RED VIAL EN EL CANTÓN CHACABAMBURA DEL AZUAY.

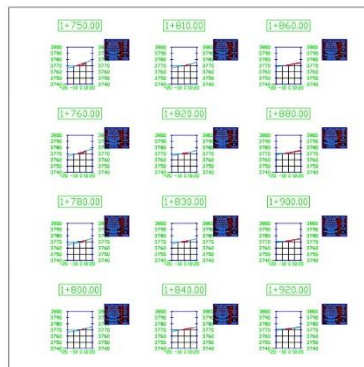
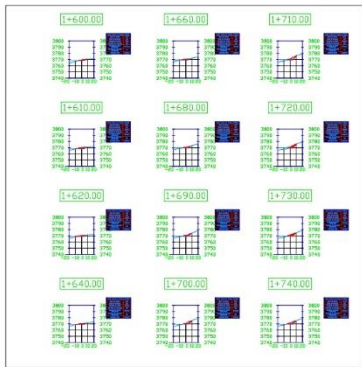
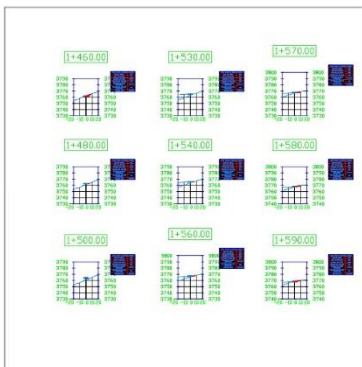
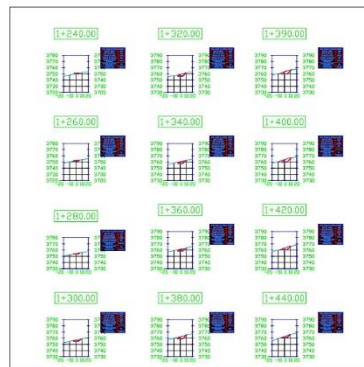
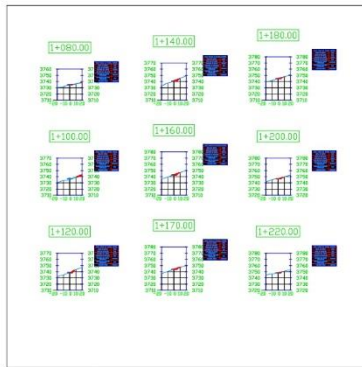
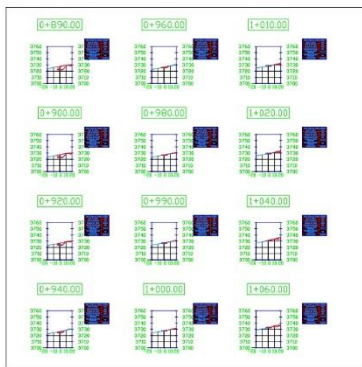
PLANO:
SECCIONES DESDE LA ANCHURA 4 HED A LA 6 HED

AUTOR:
Bryan Jarama

RESPONSABLE:
Bryan Jarama

ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACIÓN

LAMINA N°:
5



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SECCIÓN CUNETA

PROYECTO:
 BRANCO COMERCIAL Y EDUCACIONAL DE LA VIALIDAD - 018
 AVENIDA DE LA REGIÓN AREQUIBA Y AV. DE LA UNIÓN -
 CIUDAD NECOMA DE AJAY

PLANO:
 SECCIONES DESDE LA ASOSIA # 480 A LA 1-001

AUTOR:
 Bryan Arellano

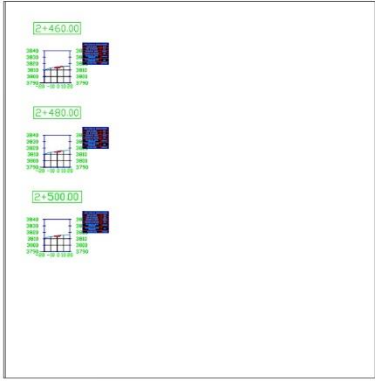
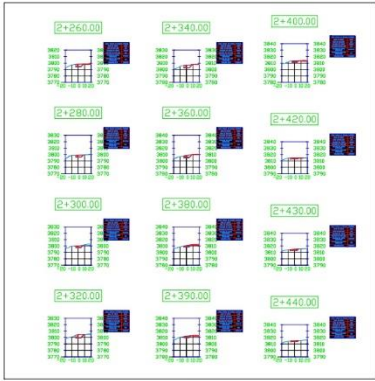
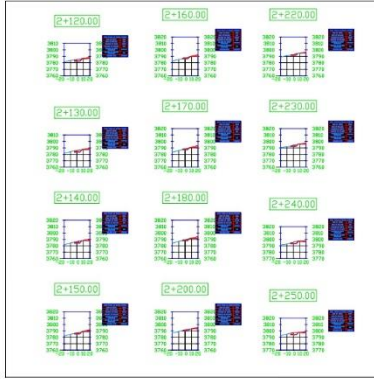
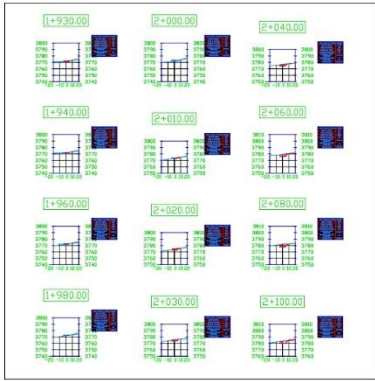
RESPONSABLE:
 Bryan Arellano

ASIGNATURA:
 TRABAJO DE TITULACIÓN

PROVINCIA: AJAY
CANTÓN: CLAYCA
PARRISHADO: SAN JOAQUÍN
COMUNIDAD: BOLANOS

FECHA: 2023
ESCALA: 1:500

LAMINA N°:
6

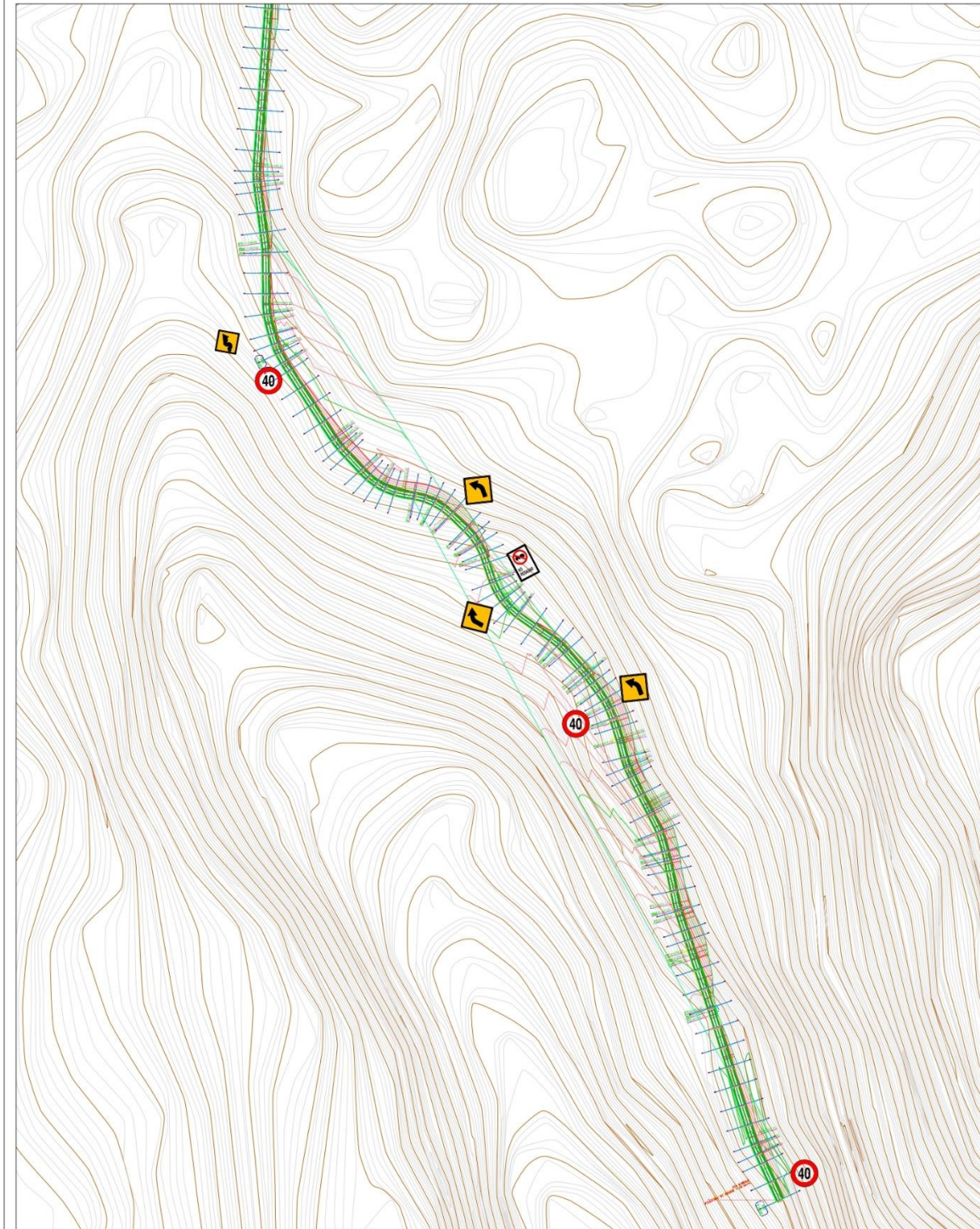


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

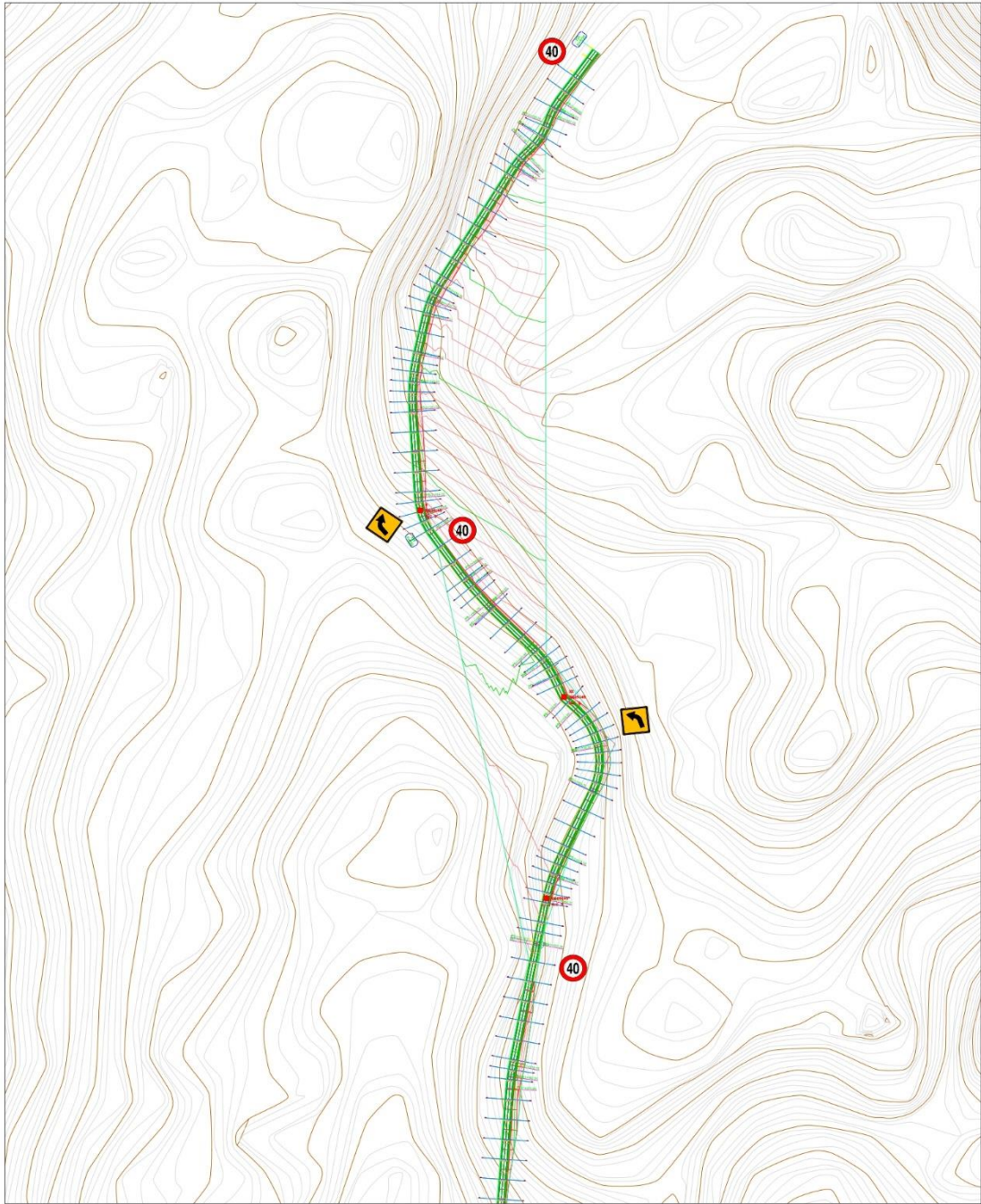
Plan View

SECCIÓN CUNETA

| | | |
|---|--|---|
| PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA SOLICIDAD - SAN ANTONIO DE LOS RIOS PARA LA OBRERA DEL CANTÓN GUAYAS. | | |
| PLANO: SECCIONES DESDE LA ALBOSCA 1-HIS A LA 2-HIS. | | |
| AUTOR: Bryan Jarama | PROFESOR: GUAYAS | LAMINA N°: 7 |
| RESPONSABLE: Bryan Jarama | PARQUEAL: SAN JUAN DE LOS RIOS | |
| ASIGNATURA: TRABAJO DE TITULACIÓN | SOLUCIONES: SOLUCIONES | |
| | ESCALA: 1:50 | |



| | | | | |
|--|--|---|--|---|
| UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | | PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN Y REFORMA DEL COMPLEJO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | |  |
|  | | PLANO: UBICACIÓN Y ACERQUE AL CUNETA DE LA AVENIDA T-4000 EN LA T-4000 | | |
| AUTOR: Bryan Barrios | | PRESENTE: ASISTENTE CUENTA: QUINCE TERCEROS: OCHO COSECHAS: CINCO SOLUCIONES: CINCO | | LAMINA N° 1 8 |
| RESPONSABLE: Bryan Barrios | | ARQUITECTURA: MODELO: B2000 TRABAJO DE TITULACIÓN | | |
| SECCIÓN CUNETA  | | | | |



| | | | |
|--|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
| UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | |  | |
|  | |  | |
| PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN Y MEJORA DEL SERVICIO DE TRANSPORTE Y ALUMBRADO PÚBLICO EN EL CANTÓN DE SAN CARLOS, PARAGUARI DE LOS ANDES, BOLÍVAR, VENEZUELA | | PLANO: SEÑALIZACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO EN LA AVENIDA CAROLINA GARCÍA | |
| AUTOR: Diego Arriaga | REVISOR: ADRI CECILIA | PROYECTISTA: DIEGO ARRIAGA | PROYECTISTA: DIEGO ARRIAGA |
| RESPONSABLE: Diego Arriaga | PROYECTISTA: DIEGO ARRIAGA | PROYECTISTA: DIEGO ARRIAGA | PROYECTISTA: DIEGO ARRIAGA |
| ASIGNATURA: DISEÑO DE VIALIDAD | PROYECTISTA: DIEGO ARRIAGA | PROYECTISTA: DIEGO ARRIAGA | PROYECTISTA: DIEGO ARRIAGA |
| | | LÁMINA N.º 9 | |