



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA LA RAMADA - RIO
CURIQUINGUE DE LA ABSCISA 11+500 HASTA 13+000 KM, PERTENECIENTE AL
CANTÓN GIRÓN, PROVINCIA DEL AZUAY**

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

AUTORA: LOURDES MARISOL ZHIÑA QUIZHPI

TUTOR: ING. DANIEL LEONIDAS CÁRDENAS JARAMILLO, MSC.

Cuenca - Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Lourdes Marisol Zhiña Quizhpi con documento de identificación N° 0106330855 manifiesto que:

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

Cuenca, 10 de julio del 2025

Atentamente,



Lourdes Marisol Zhiña Quizhpi

0106330855

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

Yo, Lourdes Marisol Zhiña Quizhpi con documento de identificación N° 0106330855, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Proyecto técnico: “Diseño geométrico y estructural de la vía La Ramada - Rio Curiquinque de la abscisa 11+500 hasta 13+000 km, perteneciente al cantón Girón, provincia del Azuay”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera 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, 10 de julio del 2025

Atentamente,



Lourdes Marisol Zhiña Quizhpi

0106330855

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 LA RAMADA - RIO CURIQUINGUE DE LA ABSCISA 11+500 HASTA 13+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN GIRÓN, PROVINCIA DEL AZUAY, realizado por Lourdes Marisol Zhiña Quizhpi con documento de identificación N° 0106330855, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 10 de julio del 2025

Atentamente,



Ing. Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo

0104031232

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada con profundo agradecimiento a mis padres y a mi hermano, quienes han sido un pilar fundamental en mi formación académica y personal. Su apoyo incondicional, manifestado a lo largo de los años, ha sido determinante para alcanzar esta meta. Agradezco el amor constante que me han brindado, así como su presencia inquebrantable en los momentos de mayor complejidad, circunstancias en las que su fortaleza y compromiso fueron esenciales para mantenerme enfocada y perseverante.

Ellos han sido, sin duda, mi mayor fuente de inspiración y motivación para continuar avanzando, incluso en los periodos de mayor incertidumbre. Su ejemplo de esfuerzo, responsabilidad y entrega ha dejado una huella indeleble en mi desarrollo, tanto en el ámbito personal como profesional.

Asimismo, reconozco los valores que me inculcaron desde temprana edad: la honestidad, el respeto, la constancia y la empatía, los cuales han guiado mis decisiones y mi comportamiento en cada etapa de esta trayectoria académica. Les agradezco por todos los sacrificios realizados, muchos de ellos silenciosos, pero sin duda llenos de amor y generosidad.

A ellos dedico este logro, con la esperanza de que represente una pequeña retribución por todo lo que han hecho por mí.

Lourdes Marisol Zhiña Quizhpi

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por ser mi guía constante y fuente de fortaleza en cada etapa de mi vida. Su presencia ha sido esencial para afrontar con esperanza y determinación los momentos difíciles, y le agradezco profundamente por permitirme disfrutar de la compañía, el amor y el respaldo de mis padres y de mi hermano, quienes han sido una parte fundamental de mi camino.

A mis padres Jorge y Manuela como también a mi hermano Mauricio, les extiendo un agradecimiento especial por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi formación universitaria. Su confianza en mis capacidades, sus palabras de aliento en los momentos de duda, y su constante motivación fueron determinantes para alcanzar esta meta. Ellos han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante, incluso cuando los desafíos parecían insuperables.

También deseo reconocer y agradecer a las amistades que surgieron durante esta etapa universitaria. En especial, extiendo mi gratitud a aquellas amigas que estuvieron a mi lado de manera cercana y solidaria, brindándome su ayuda, comprensión y colaboración en momentos decisivos del proceso académico.

De igual forma, hago extensivo mi agradecimiento al Ingeniero Daniel Cárdenas Jaramillo, quien tuvo a bien asumir la tutoría de este proyecto de titulación. Su orientación técnica, su disposición para compartir sus conocimientos, y el tiempo que dedicó con responsabilidad y compromiso han sido fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo.

Lourdes Marisol Zhiña Quizhpi

RESUMEN

El presente proyecto de titulación aborda una problemática vial asociada al deficiente estado de la vía La Ramada – Río Curiquingue, ubicada en el cantón Girón Provincia del Azuay. Esta infraestructura vial en una zona rural y revestida con material de lastre presenta múltiples deficiencias a lo largo de su trazado, tales como baches, acumulaciones de lodo y deslizamientos en tiempos de invierno. Estas condiciones afectan y restringen el acceso eficiente para los habitantes de las comunidades aledañas.

Con el objetivo de proponer una solución técnica viable, se llevó a cabo un reconocimiento preliminar del terreno, seguido por un levantamiento topográfico detallado mediante el uso de un Dron LiDAR. Los datos obtenidos se procesaron mediante software especializado, permitiendo generar una base cartográfica precisa para el diseño geométrico de la vía.

Adicionalmente, se ejecutó un estudio de tránsito vehicular a través de conteos manuales en ambos sentidos de circulación, cuyos resultados permitieron proyectar la demanda futura para un diseño de 20 años, dándonos un TPDA para el año 2044 de 974 vehículos. Esta información fue fundamental para el dimensionamiento adecuado de la infraestructura vial.

A partir del análisis del subsuelo, se determinó el valor del Índice de Soporte California un CBR de 6.56%, parámetro esencial para el diseño estructural del pavimento. Con base en este valor y conforme a las especificaciones técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), después de realizarse los cálculos respectivos se determinó una subbase de 15cm, una base de 15cm y una carpeta asfáltica de 3plg, siendo esto los resultados para el pavimento flexible.

Por otra parte, se integraron datos hidrometeorológicos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), mediante los cuales se identificaron las intensidades máximas de precipitación a través de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia). Obteniendo una intensidad de precipitación máxima de 257.38mm/h. Esta información se utilizó para calcular los caudales de diseño obteniendo un caudal de 1.546 m³/s y, en consecuencia, se dimensiono adecuadamente el diseño de la cuneta con un ancho de 1.8 metros y una altura de 30cm, de tal manera se colocará 2 alcantarillas y 2 disipadores. Estas obras

complementarias son esenciales para garantizar el funcionamiento seguro y sostenible de la vía, minimizando el riesgo de deterioro prematuro del pavimento y reduciendo el impacto de las condiciones climáticas adversas.

Como último punto luego de haber realizado todos los cálculos correspondientes, el presupuesto de este proyecto ascendió a USD 985,745.16.

Palabras claves: levantamiento topográfico, diseño geométrico y estructural, diseño de pavimento, TPDA, clasificación de suelo. señalización.

ABSTRACT

This degree project addresses a roadway issue related to the poor condition of the La Ramada – Río Curiquingue route, located in the Girón canton, Azuay Province. This rural road, surfaced with gravel material, presents multiple deficiencies along its route, such as potholes, mud accumulation, and landslides during the rainy season. These conditions affect and restrict efficient access for residents of nearby communities.

In order to propose a viable technical solution, a preliminary field assessment was conducted, followed by a detailed topographic survey using a LiDAR-equipped drone. The data collected were processed using specialized software, allowing for the generation of an accurate cartographic base for the geometric design of the road.

Additionally, a vehicular traffic study was carried out through manual counts in both directions. The results allowed for the projection of future demand over a 20-year design period, estimating an Average Daily Traffic (ADT) of 974 vehicles by the year 2044. This information was fundamental for the proper sizing of the road infrastructure.

Based on a subsoil analysis, the California Bearing Ratio (CBR) was determined to be 6.56%, an essential parameter for pavement structural design. Using this value and in accordance with the technical specifications of the Ministry of Transport and Public Works (MTOP), the respective calculations established the following pavement structure: a 15 cm subbase, a 15 cm base, and a 3plg asphalt layer, which are the results for the flexible pavement design.

Furthermore, hydrometeorological data provided by the National Institute of Meteorology and Hydrology (INAMHI) were incorporated. Maximum rainfall intensities were identified

through IDF (Intensity-Duration-Frequency) curves, resulting in a peak intensity of 257.38 mm/h. This information was used to calculate the design flow, obtaining a discharge of 1.546 m³/s. Consequently, the drainage ditch was properly sized with a width of 1.80 meter and a height of 30 cm. In addition, two culverts and two energy dissipators were proposed. These complementary works are essential to ensure the safe and sustainable operation of the road, minimizing the risk of premature pavement deterioration and reducing the impact of adverse weather conditions.

Finally, after performing all the corresponding calculations, the total project budget was estimated at USD 985,745.16.

Keywords: topographic survey, geometric and structural design, pavement design, TPDA, soil classification, road signage.

Tabla de contenido

1. TITULO	25
2. INTRODUCCIÓN	25
3. ANTECEDENTES	26
4. JUSTIFICACIÓN	28
5. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	30
6. OBJETIVOS	31
6.1. OBJETIVO GENERAL.....	31
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
7. MARCO TEÓRICO.....	31
7.1. Carreteras	31
7.2. Topografía	32
7.3. Diseño Geométrico	32
7.3.1. Velocidad de diseño	32
7.3.2. Velocidad de circulación	32
7.3.3. Diseño Geométrico vertical	33
7.3.4. Diseño Geométrico horizontal	33
7.3.5. Distancia de visibilidad.....	34
7.3.6. Curvas verticales convexas	34

7.3.7.	Curvas verticales cóncavas	35
7.3.8.	Radio mínimo de curvatura.....	36
7.3.9.	Peralte	37
7.3.10.	Sobreeancho de curva	38
7.4.	Tránsito	39
7.4.1.	Tráfico promedio Diario Actual (TPDA).....	39
7.4.2.	Factor Horario	40
7.4.3.	Factor Diario	40
7.4.4.	Factor Semanal.....	40
7.4.5.	Factor Mensual.....	40
7.4.6.	Trafico futuro	40
7.5.	Cálculo del ESALS	41
7.5.1.	Confiabilidad (R)	42
7.5.2.	Error normal combinado (So)	42
7.5.3.	Nivel de confianza R (%).....	43
7.5.4.	Niveles de serviciabilidad	44
7.5.5.	Modulo resiliente de la subrasante (Mr)	46
7.5.6.	Composición de tránsito	46
7.5.7.	Clasificación de las carreteras con relación al tráfico proyectado	48
7.6.	Drenaje.....	48

7.6.1.	Drenaje superficial	49
7.6.2.	Drenaje subterráneo	49
7.6.3.	Alcantarillado.....	50
7.7.	Pavimentos	51
7.7.1.	Pavimento flexible	51
7.7.2.	Variables de tiempo.....	52
7.8.	Diseño de cunetas	53
7.8.1.	Coeficiente de escorrentía.....	53
7.8.2.	Intensidad de lluvia	54
7.8.3.	Curvas IDF	55
7.8.4.	Sección del canal.....	55
7.9.	Alcantarillas	56
7.9.1.	Recolección de información	57
7.9.2.	Características de diseño.....	57
7.9.3.	Análisis hidrológico	58
7.9.4.	Diseño hidráulico para una alcantarilla.....	59
7.9.5.	Procedimiento de Diseño	63
7.10.	Señalización	65
7.10.1.	Señalización Vertical.....	65
7.10.2.	Señalización Horizontal.....	75

7.11.	Estudio de suelos.....	79
7.11.1.	Granulometría	79
7.11.2.	Clasificación de suelos – Limite líquido y plástico	80
7.11.3.	Clasificación del suelo	81
7.11.4.	Clasificación de Sistema Unificado de Clasificación de Suelo – SUCS ...	81
7.11.5.	Proctor estándar y Proctor modificado.....	82
7.11.6.	CBR.....	83
8.	METODOLOGÍA	84
8.1.	Reconocimiento de la vía.....	84
8.2.	Topografía	85
8.2.1.	Levantamiento topográfico	85
8.2.2.	Procesamiento de datos.....	87
8.2.3.	Software para el diseño	88
8.3.	Ensayos de Laboratorio.....	89
8.3.1.	Recolección de muestras (Calicatas)	89
8.3.2.	Granulometría	90
8.3.3.	Limite líquido y limite plástico.....	91
8.3.4.	Proctor Modificado	94
8.3.5.	CBR.....	95
8.4.	Cálculo de Trafico Promedio Diario Anual (TPDA)	96

8.4.1.	Conteo Vehicular.....	96
8.4.2.	Factor horario (Fh).....	99
8.4.3.	Factor Diario (Fd)	99
8.4.4.	Factor Semanal (Fs)	100
8.4.5.	Factor Mensual (Fm).....	101
8.4.6.	Factor de expansión (Fe).....	102
8.4.7.	Cálculo del TPDA.....	103
8.4.8.	Proyección de vehículos	103
8.5.	Número equivalentes ESALs.....	105
8.5.1.	Clasificación del trafico	105
8.5.2.	Resultado ESALs	106
8.6.	Diseño Geométrico	106
8.6.1.	Velocidad de diseño	106
8.6.2.	Velocidad de circulación	107
8.6.3.	Diseño Geométrico Horizontal	108
8.6.4.	Diseño vertical	111
8.7.	Diseño de Pavimento Flexible	112
8.8.	Drenaje vial.....	114
8.8.1.	Estudio hidrológico.....	115
8.8.2.	Estación meteorológica.....	115

8.8.3.	Diseño de obras de drenaje	117
8.8.4.	Coeficiente de escorrentía.....	121
8.8.5.	Caudal de diseño	121
8.8.6.	Diseño de cunetas	122
8.8.7.	Velocidad de flujo	122
8.9.	Alcantarillas	123
8.9.1.	Ubicación	123
8.9.2.	Pendiente.....	124
8.9.3.	Longitud.....	124
8.9.4.	Velocidad en la alcantarilla	124
8.9.5.	Diseño de drenaje transversal	125
8.9.6.	Cuencas aportación para alcantarillado	125
8.10.	Seguridad vial y señalización.....	126
8.10.1.	Seguridad vial	126
8.10.2.	Señalización vial	127
8.11.	PRESUPUESTO	128
9.	CONCLUSIÓN.....	130
10.	RECOMENDACIONES.....	132
11.	BIBLIOGRAFÍA	133
12.	ANEXOS	135

Contenido de Ilustraciones

Ilustración 1: Población del Cantón Nabón – Censo, 2022	27
Ilustración 2: Población del Cantón Girón – Censo, 2022.....	27
Ilustración 3: Población, Cabecera Cantonal de Nabón – Censo, 2022.....	29
Ilustración 4: Población, Cabecera Cantonal de Girón – Censo, 2022	29
Ilustración 5: Ubicación, Sitio de Estudio	30
Ilustración 6: Tipos, Curvas Verticales Convexas.....	35
Ilustración 7: Curvas Verticales Cóncavas.....	36
Ilustración 8: Sobreancho de Curva.....	38
Ilustración 9: Tipos de Vehículos	47
Ilustración 10: Alcantarillado.....	50
Ilustración 11: Estructura Típica de un Pavimento Flexible.....	51
Ilustración 12: Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).....	55
Ilustración 13: Elementos de una Alcantarilla	57
Ilustración 14: Señalización vertical, Pare (R1-1)	66
Ilustración 15: Señalización vertical, Ceda el paso (R1 – 2)	66
Ilustración 16: Señalización vertical, Una vía Izquierda (R2 – 11) o derecha (R2-1D) ...	67
Ilustración 17: Señalización vertical, No girar en U (R2-8)	67
Ilustración 18; Señalización vertical, Doble vía (R2-2).....	68
Ilustración 19: Señalización vertical, No entre (R2-7)	68
Ilustración 20: Señalización vertical, No rebasar (R2-13).....	69
Ilustración 21: Señalización vertical, Límite máximo de velocidad (R4-1)	69

Ilustración 22: Señalización vertical, Reduzca la velocidad (R4-4)	70
Ilustración 23: Señalización vertical, No estacionar (R5-1c)	70
Ilustración 24: Señalización vertical, Parada de bus (R5-6)	71
Ilustración 25: Señalización vertical, Curva cerrada izquierda (P1-1I) o derecha (P1-1D)	72
Ilustración 26: Señalización vertical, Curva y contra curva cerrada izquierda (P1-3I), o derecha (P1-3D)	72
Ilustración 27: Señalización vertical, Puente angosto (R4-1)	73
Ilustración 28: Señalización vertical, Peatones en la vía (P6-1)	74
Ilustración 29: Señalización vertical, Reductor de velocidad (P6-2)	74
Ilustración 30: Señalización horizontal, Doble línea continua	76
Ilustración 31: Señalización horizontal, Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta	77
Ilustración 32: Señalización horizontal, Doble línea mixta	77
Ilustración 33: Consistencia de suelo – Límites	80
Ilustración 34: Prueba Proctor Modificado, Norma ASTM 1577	83
Ilustración 35: Reconocimiento, Vía de Estudio	85
Ilustración 36: Levantamiento Topográfico, Dron LiDAR	87
Ilustración 37: Recolección de Muestras - Calicata	90
Ilustración 38: Ensayo de Granulometría	91
Ilustración 39: Ensayo de clasificación del suelo, Límite líquido – Límite plástico	93
Ilustración 40: Método, Prueba Proctor Modificado, Norma ASTM 1577	94
Ilustración 41: Resultados del ensayo de CBR	95

Ilustración 42: Ensayo del CBR.....	96
Ilustración 43: Volumen de dos Sentidos.....	98
Ilustración 44: Coeficiente de fricción lateral.....	108
Ilustración 45: Mapa de Ubicación de Estaciones Meteorológicas Anuarios, (1995-2013)	
.....	115
Ilustración 46: Datos Mensuales de la Precipitación Máxima en las 24 horas.....	118
Ilustración 47: Resumen de Regresión Potencial.....	118
Ilustración 48: Intensidad Máxima en mm/h	119
Ilustración 49: Coeficiente de Escorrentía "C"	121
Ilustración 50: Diseño de Cuneta Triangular	122
Ilustración 51: Total, Siniestros, Lesionados y Fallecidos en el Sitio en Ecuador (año 2011	
- 2020).....	127

Contenido de Tablas

Tabla 1: Coordenadas, Vía La Ramada – Rio Curiquingue.....	30
Tabla 2: Tasa de sobreelevación (%).....	34
Tabla 3: Factores de Equivalencia	41
Tabla 4: Factor de Distribución por Carril.....	42
Tabla 5: Niveles de Confiabilidad Sugeridas, R	42
Tabla 6: Error Normal Combinado, So	43
Tabla 7: Nivel de Confiabilidad, R	43
Tabla 8: Desviación Normal estándar, Z.....	44
Tabla 9: Serviabilidad inicial, Po	45
Tabla 10: Serviabilidad final, Pt.....	45
Tabla 11: Clasificación de Carreteras en Función del Tráfico Proyectado	48
Tabla 12: Calidad de Drenaje.....	48
Tabla 13: Valores de (mi) recomendados para corregir los coeficientes estructurales de base y subbase granular.....	49
Tabla 14: Periodos de Análisis	53
Tabla 15: Coeficiente de Escorrentía "C"	54
Tabla 16: Velocidades Máximas Permisibles (m/s) para Canales de Alineamiento Recto y Tirante de 0.90m	58
Tabla 17: Coeficiente de escorrentía, C	61
Tabla 18: Coeficiente de rugosidad "n"	63
Tabla 19: Protección contra la Socavación Local	64
Tabla 20: Sistema de Clasificación, AASHTO	81

Tabla 21: Sistema de Clasificación, SUCS	82
Tabla 22: Resultado, Ensayo de Granulometría.....	91
Tabla 23: Resultado de la Clasificación del Suelo, Índice de plasticidad – Limite liquido	91
Tabla 24: Resultado de Clasificación, Norma AASHTO.....	92
Tabla 25: Tabla de resultados, Norma AASHTO	93
Tabla 26: Resultado, Ensayo de Proctor Modificado.....	94
Tabla 27: Resultado, Ensayo del CBR	95
Tabla 28: Resumen del Conteo Vehicular	97
Tabla 29: Volumen Horario de la Máxima Demanda, "VHMD"	97
Tabla 30: Resumen Semanal	98
Tabla 31: Factor Horario (Fh)	99
Tabla 32: Factor Diario (Fd)	99
Tabla 33: Factor de Ajuste Semanal.....	100
Tabla 34: Consumo de Combustible, 2023	101
Tabla 35: Calculo de Factores de Mayoración para el TPDA, 2024.....	102
Tabla 36: Resultado del TPDA, 2024	103
Tabla 37: Factor de Conversión	104
Tabla 38: Intensidad de Tráfico Transformada en Vehículos Livianos	104
Tabla 39: Crecimiento Vehicular cada Cinco Años	104
Tabla 40: Tráfico Proyectado al Año 2044	105
Tabla 41: Clasificación de Tráfico	106
Tabla 42: Resultado de ESALs	106

Tabla 43: Velocidad de circulación	107
Tabla 44: Radio Mínimo de Curvatura Horizontal	109
Tabla 45: Valores de Diseño para Distancias de Visibilidad Mínimas para Paradas de un Vehículo (m).....	110
Tabla 46: Valores de Diseño para Distancias de Visibilidad Mínimas para Rebasamiento de un Vehículo	110
Tabla 47: Valores de Diseño de Coeficiente "K", para Calcular la Longitud de las Curvas Verticales Convexas Mínimas.....	111
Tabla 48: Valores Mínimos de Diseño del Coeficiente "K", para Curvas Verticales Convexas Mínimas.....	112
Tabla 49: Datos para la Evaluación del Pavimento Flexible, Método ASSHTO.....	113
Tabla 50: Resumen del Cálculo del Pavimento Flexible, Capas	113
Tabla 51: Resumen del Cálculo del Pavimento Flexible, Espesores	113
Tabla 52: Resultados de Cálculos, con Valores de Diseño Recomendado.....	114
Tabla 53: Resultado, Diseño de la Representación de Capas	114
Tabla 54: Datos de la Estación.....	116
Tabla 55: Anuarios meteorológicos	116
Tabla 56: Ecuación de Resultante	119
Tabla 57: Áreas de Aporte.....	121
Tabla 58: Velocidades de Agua que Erosiona en Diferentes.....	122
Tabla 59: Diseño de Cunetas, Velocidad de Flujo	123
Tabla 60: Velocidades Máximas de las Alcantarillas	125
Tabla 61: Diámetros de Alcantarillas	125

Tabla 62: Distancia entre Alcantarillas y Disipadores	126
Tabla 63: Resultado del Presupuesto Referencial	129

ANEXOS

ANEXO 1: Inspección de la vía.....	135
ANEXO 2: Levantamiento topográfico	135
ANEXO 3: Alineamiento de fotos obtenidos mediante el dron LiDAR.....	136
ANEXO 4: Generación de nubes de puntos	136
ANEXO 5: Vía en modelo 3D	137
ANEXO 6: Ortofotos de la vía mediante el dron LiDAR.....	137
ANEXO 7: Resultados del ensayo de CBR, resultados en MPa	138
ANEXO 8: Resultados del ensayo de CBR, resultados en Psi	138
ANEXO 9: Clasificación según la SUCS	139
ANEXO 10: Clasificación según la AASHTO	140
ANEXO 11: Clasificación según la AASHTO	141
ANEXO 12: Resultados del ensayo CBR (56 golpes).....	142
ANEXO 13: Resultados del ensayo CBR (25 golpes).....	142
ANEXO 14: Resultados del ensayo CBR (12 golpes).....	143
ANEXO 15: Señalización vial.....	144
ANEXO 16: Velocidades de diseño en km/h.....	147
ANEXO 17: Valores de diseño recomendados por la MTOP	148

1. TITULO

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA LA RAMADA – RIO CURIQUINGUE DE LA ABSCISA 11+500 HASTA 13+000 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN GIRÓN, PROVINCIA DEL AZUAY

2. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la infraestructura vial es un aspecto fundamental para el crecimiento económico, social y cultural de cualquier región. Las vías de comunicación permiten el acceso a recursos, servicios y mercados, favoreciendo la integración y conectividad entre comunidades. En el contexto de la provincia del Azuay, y particularmente del cantón Girón, la mejora de la red vial adquiere una importancia clave debido a la topografía montañosa que existe en el lugar y por las condiciones del clima que predomina en la movilidad de sus habitantes.

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal el diseño geométrico y estructural de la vía La Ramada – Río Curiquingue, en el tramo comprendido entre la abscisa 11+500 hasta la abscisa 13+000 km, en el cantón Girón, provincia del Azuay. Esta vía es estratégica para la conectividad local, ya que forma parte de la red que facilita el tránsito entre zonas rurales y urbanas, promoviendo el desarrollo productivo y el bienestar de la población.

En este estudio, se abordarán los criterios técnicos y normativos que guían el diseño vial en términos geométricos y estructurales, considerando las particularidades del terreno con el fin de proponer una solución que garantice la durabilidad y funcionalidad de la vía en el largo plazo.

Este proyecto busca no solo contribuir al desarrollo vial de la Ramada – Río Curiquingue, sino también ofrecer una referencia técnica que sirva para futuros estudios y mejoras en la infraestructura vial de la región.

3. ANTECEDENTES

La vía La Ramada – Río Curiquingue, situada en el Cantón Girón de la provincia del Azuay, es de vital importancia para la conectividad en una región caracterizada por su topografía montañosa y un clima que varía significativamente entre las zonas altas y bajas.

El Cantón Girón, tiene como fuente de sustento principal la agricultura y ganadería. La falta de pavimentación de la vía La Ramada – Río Curiquingue actualmente limita la comunicación y el acceso entre las distintas comunidades de la región. Esta carencia de infraestructura adecuada no solo afecta el transporte de productos agrícolas y ganaderos, sino que también restringe el acceso a mercados, servicios esenciales y oportunidades económicas.

El cantón Girón, ubicado al sur de la ciudad de Cuenca, a una distancia aproximada de 36 kilómetros, se destaca por lugares turísticos como la Laguna de Zhogra, y la Chorrera.

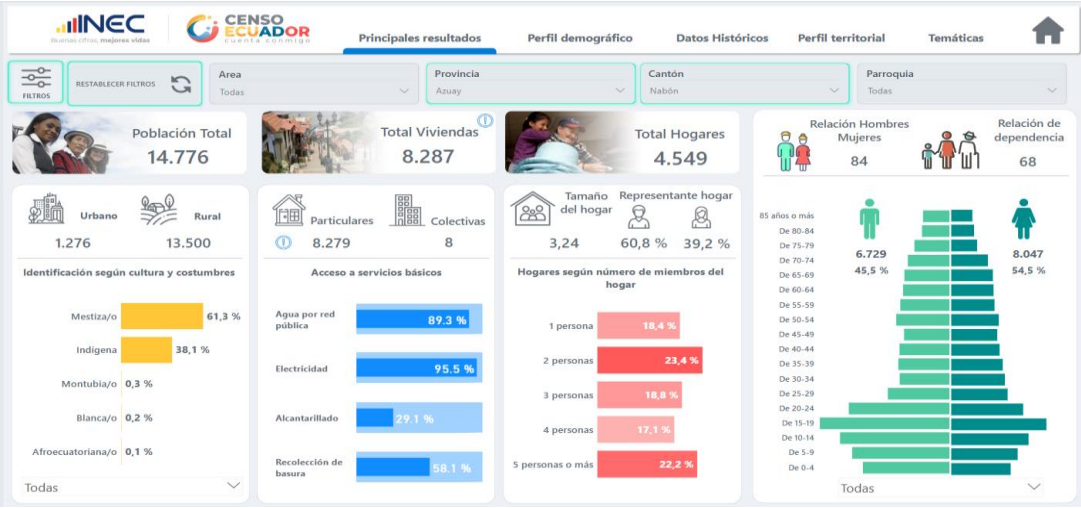
Este cantón se encuentra a 2.162 msnm, con una temperatura de 15.5 °C, condiciones que favorecen al turismo, como también a diversas actividades agrícolas y productivas. Con una superficie de 346,5 km², Girón representa aproximadamente el 4.3 % del área total de la provincia. Según Estadística de Censos (INEC, 2022), Girón cuenta con una población de 12.182 habitantes, y Nabón, cuenta con 14.776 habitantes.

La mejora de la infraestructura vial permitirá una conexión más fluida entre los cantones de Nabón y Girón. También, impulsaría el aprovechamiento de los recursos turísticos y productivos de la zona, convirtiéndose en un factor clave para el desarrollo territorial integrado.

La mejora de esta vía es fundamental para resolver estos problemas de conectividad. Un diseño geométrico y estructural adecuado, que contemple las características del terreno y las condiciones climáticas, permitirá transformar la vía en un elemento crucial para el desarrollo

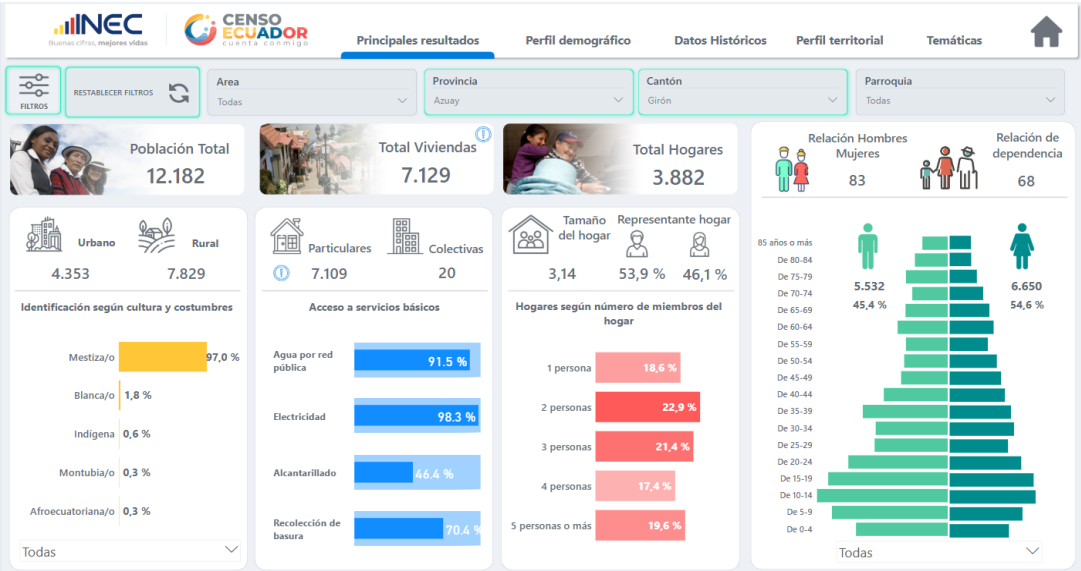
regional. Al facilitar un acceso más eficiente a mercados y servicios, la pavimentación y optimización de esta ruta contribuirá al crecimiento económico local, mejorará la calidad de vida de los habitantes.

Ilustración 1: Población del Cantón Nabón – Censo, 2022



Fuente: <https://censoecuador.ecudatanalytics.com>

Ilustración 2: Población del Cantón Girón – Censo, 2022



Fuente: <https://censoecuador.ecudatanalytics.com>

4. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se centra en mejorar la Ramada – Rio Curiquingue, actualmente en mal estado con superficies irregulares, falta de señalización y cunetas peligrosas. Estas deficiencias no solo afectan la comodidad de los usuarios, sino que también incrementan el riesgo de siniestros, lo que hace urgente una intervención para proteger a los conductores y peatones. La mejora de la vía es esencial para garantizar el acceso a servicios básicos como salud, educación y empleo, fundamentales para el bienestar de la comunidad.

Además, la población en el Cantón Girón, que ha crecido significativamente, requiere una infraestructura vial adecuada para apoyar el desarrollo económico. Con un sector agrícola y pecuario predominante, la vía mejorada permitirá un transporte más eficiente de productos hacia los mercados locales y regionales, impulsando la economía local y apoyando a los productores.

Este proyecto puede mejorar el alcance del turismo en la región de interés. La laguna Curiquingue, un atractivo natural aún es poco explotado, podría beneficiarse de una vía en óptimas condiciones, fomentando el desarrollo turístico sostenible.

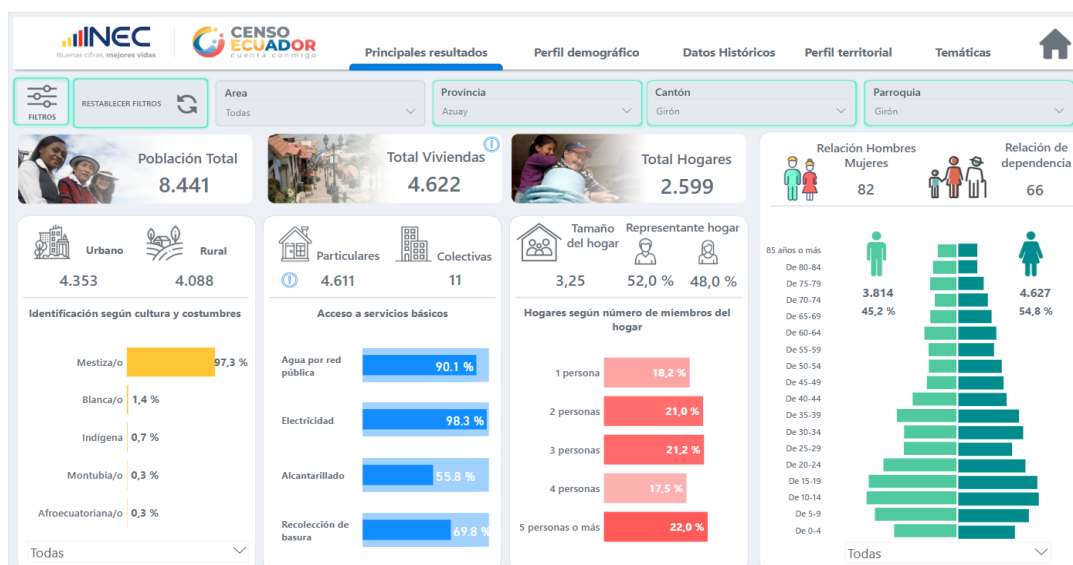
La infraestructura mejorada generara ventajas a 9.097 habitantes del cantón Nabón y a 8.441 habitantes del cantón Girón, como se puede observar en las siguientes ilustraciones 3, y la ilustración 4.

Ilustración 3: Población, Cabecera Cantonal de Nabón – Censo, 2022



Fuente: <https://censoecuator.ecudatanalytics.com>

Ilustración 4: Población, Cabecera Cantonal de Girón – Censo, 2022



Fuente: <https://censoecuator.ecudatanalytics.com>

Cabe mencionar que por cuestiones de un mejor diseño de la infraestructura vial y un estudio más completo se procedió a realizar el estudio de 300 metros adicionales, comenzando en la abscisa 11+500 y terminando en la abscisa 13+300 km.

5. UBICACIÓN DEL PROYECTO

La vía de estudio se encuentra ubicada en La Ramada – Rio Curiquingue, perteneciente al cantón Girón provincia del Azuay. Esta infraestructura vial cuenta con una longitud de 1.5km, desde la abscisa 11+500km hasta 13+000 km. La vía en estudio ya está delineada, pero su superficie está formada solo por una capa de lastre sin ningún tipo de pavimentación, lo que genera limitaciones en durabilidad y funcionalidad, especialmente bajo condiciones climáticas adversas. Como se muestra en la Ilustración 5, la ausencia de una estructura pavimentada adecuada afecta tanto la comodidad y seguridad de los usuarios como los costos de mantenimiento.

Ilustración 5: Ubicación, Sitio de Estudio



Fuente: Google Earth Pro

Tabla 1: Coordenadas, Vía La Ramada – Rio Curiquingue

	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Elevación
	(m)	(m)	(msnm)
Inicio	705892.85m E	9642250.70m S	2641m
Fin	705254.71m E	9642249.40m s	2456m

Fuente: Elaboración propia

6. OBJETIVOS

6.1.OBJETIVO GENERAL

- Realizar el diseño geométrico y estructural de la vía la ramada – rio curiquingue de la abscisa 11+500 hasta 13+000 km, perteneciente al Cantón Girón, provincia del Azuay, con el fin de fijar soluciones técnicas para restablecer la infraestructura vial

6.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento topográfico de la vía en estudio que indique las condiciones de esta.
- Verificar la calidad del suelo realizando el ensayo del CBR.
- Determinar la circulación en carretera mediante el Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) para el diseño vial.
- Elaborar el diseño de las cunetas para aguas pluviales.
- Diseñar la señalización a lo largo del tramo, con el fin de promover la seguridad vial, para peatones y conductores del sector.

7. MARCO TEÓRICO

7.1.Carreteras

Las carreteras son infraestructuras viales diseñadas para facilitar el transporte de vehículos y personas. Se caracterizan por su capacidad de conectar distintos puntos geográficos, permitiendo el tránsito de manera segura y eficiente. Las vías de transporte juegan un papel fundamental en el progreso tanto económico y social. El diseño de las vías debe considerar aspectos geométricos (el trazado y las pendientes) y estructurales (el pavimento y los drenajes), asegurando su durabilidad y el cumplimiento de normativas de seguridad y sostenibilidad.

7.2.Topografía

La topografía tiene como finalidad la representación gráfica sobre la superficie del terreno, la misma que es fundamental para el diseño vial teniendo presente las características específicas del suelo. El mismo que brinda información precisa y detallada.

7.3.Diseño Geométrico

El diseño se refiere a la planificación y organización de los elementos espaciales de la vía, como el trazado horizontal y vertical, las pendientes, el radio de las curvas y la alineación de la carretera. El objetivo de este diseño es la seguridad de un tránsito seguro y eficiente, considerando factores como las características de los vehículos, la velocidad proyectada, el volumen de tráfico y las condiciones geográficas del lugar. El diseño geométrico adecuado también optimiza el uso de los recursos y minimiza los riesgos de siniestros viales. Es crucial para proporcionar una vía funcional y segura.

7.3.1. Velocidad de diseño

Es la velocidad máxima para la que se proyecta una carretera, tomando en cuenta factores como el tipo de terreno, las condiciones del tráfico y el clima. La velocidad de diseño determina, entre otros aspectos, el radio mínimo de las curvas y las pendientes máximas permitidas.

7.3.2. Velocidad de circulación

Se refiere a la velocidad con la que los vehículos efectivamente circulan por la carretera. Esta velocidad puede variar dependiendo de la congestión del tráfico, las condiciones de la vía, la señalización, y debe ser coherente con la velocidad de diseño.

La AASHTO (American Association of Higways Officials), establece formas de calcular la velocidad de circulación:

Para volúmenes de tráfico bajos con $TPDA < 1000$, se utilizará la siguiente ecuación:

$$V_c = 0.8V_d + 6.5$$

Donde:

V_c : Velocidad de circulación, km/h

V_d : Velocidad de diseño, km/h

7.3.3. Diseño Geométrico vertical

Consiste en la disposición de la carretera en relación con el perfil del terreno, es decir, las pendientes y las curvas verticales. Un buen alineamiento vertical asegura la comodidad y la seguridad del conductor, evitando pendientes demasiado pronunciadas que puedan poner en peligro el control del vehículo.

7.3.4. Diseño Geométrico horizontal

El diseño geométrico horizontal se refiere a la forma en que se ubica la carretera sobre el terreno, incluyendo el diseño de curvas y rectas en el plano horizontal. El alineamiento horizontal debe considerar factores como el radio de las curvas y la visibilidad, para evitar los siniestros en la vía.

$$e + f = \frac{V^2}{127R}$$

Donde:

e: Tasa de sobreelevación, fracción decimal

f: Factor de fricción lateral, fuerza de fricción sobre la masa perpendicular al pavimento

V: Velocidad de diseño, km/h

R: Radio de curva, m

Tabla 2: Tasa de sobreelevación (%)

Tasa de sobreelevación (%)	Tipo de Área
10	Rural Montañosa
8	Rural Plana
6	Sub-Urbana
4	Urbana

Fuente: Basada en (NEVI-12, 2013)

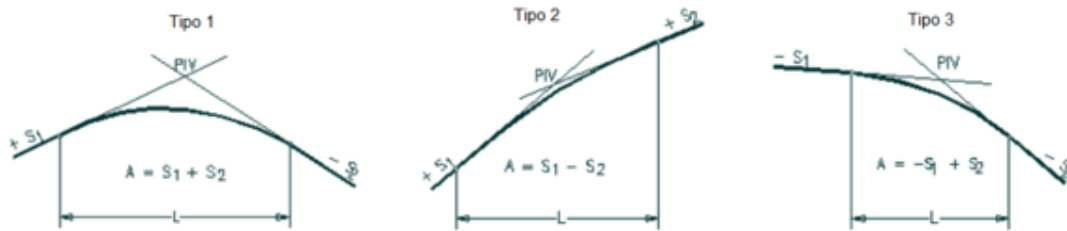
7.3.5. Distancia de visibilidad

Hace referencia a la distancia mínima necesaria para que el conductor tenga una visibilidad clara del trayecto, siendo un aspecto esencial para la seguridad vial. Este parámetro varía según la velocidad de diseño y la configuración geométrica de la vía, en especial en los tramos con curvas.

7.3.6. Curvas verticales convexas

Son aquellas que tienen una forma redondeada hacia arriba, es decir, la parte externa de la curva está más alta que la parte interna. Estas curvas se utilizan para transitar de una pendiente ascendente a una descendente. En una curva convexa, los vehículos tienden a perder velocidad debido a la fuerza centrífuga, por lo que es importante diseñarlas con un radio adecuado para evitar el deslizamiento.

Ilustración 6: Tipos, Curvas Verticales Convexas



Fuente: (Ascencio, J. 2020)

Donde:

A: Diferencia de pendientes

L: Longitud de la curva

S1: Pendiente de entrada

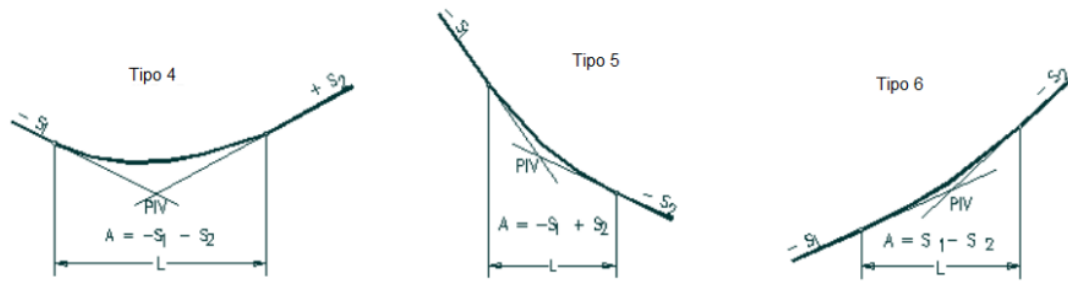
S2: Pendiente de salida

K: Variación de longitud por unidad de la pendiente: $K = \frac{L}{A}$

7.3.7. Curvas verticales cóncavas

Son aquellas que tienen una forma redondeada hacia abajo, con la parte interna de la curva más alta que la externa. Estas curvas se emplean cuando se pasa de una pendiente descendente a una ascendente. En las curvas cóncavas, los vehículos tienden a ganar velocidad debido a la gravedad, por lo que se deben considerar los límites de velocidad y las fuerzas centrífugas para evitar siniestros.

Ilustración 7: Curvas Verticales Cóncavas



Fuente: (Ascencio, 2020)

Donde:

A: Diferencia de pendientes

L: Longitud de la curva

S1: Pendiente de entrada

S2: Pendiente de salida

La fórmula para la longitud mínima absoluta es la siguiente:

$$L_{min} = 0.60 * V$$

Donde:

L: Longitud mínima, m

V: Velocidad de diseño, km/h

7.3.8. Radio mínimo de curvatura

Se refiere al radio más pequeño que puede tener una curva en el diseño geométrico de una carretera sin comprometer la seguridad del tránsito. El radio de curvatura es fundamental, debido a que influye de forma directa en la facilidad con la que los vehículos pueden tomar una curva,

impactando tanto la estabilidad del vehículo como el confort del conductor. El valor mínimo de este radio está condicionado por diversos aspectos, como la velocidad prevista para el diseño, las características del pavimento y las particularidades del terreno.

$$R = \frac{V^2}{127 * (e + f)}$$

Donde:

R: Radio mínimo de curva horizontal, m

f: Coeficiente de fricción lateral

e: Peralte de la curva, m/m

V: Velocidad de diseño, km/h

7.3.9. Peralte

El peralte se refiere a la inclinación lateral que se da a la superficie de una vía cuando esta describe una curva. Esta inclinación tiene como objetivo principal reducir los efectos de la fuerza centrífuga que actúa sobre los vehículos al tomar una curva, lo que permite mejorar su adherencia al pavimento y disminuir el riesgo de derrapes o volcaduras. Además, su diseño debe considerar factores como la velocidad de operación, el tipo de vehículo y las condiciones climáticas, garantizando así un tránsito más seguro y eficiente. El peralte se calcula de manera que, a la velocidad de diseño, la fuerza centrífuga y la fuerza de gravedad se compensen, permitiendo un tránsito seguro y cómodo. El valor del peralte también depende de la velocidad de diseño y el radio de curvatura.

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

Donde:

R: Radio de la curva, m

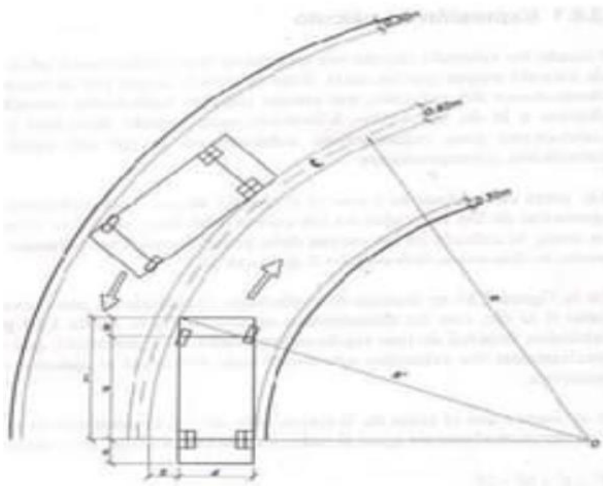
f: Máximo coeficiente de fricción lateral

V: Velocidad de diseño, km/h

7.3.10. Sobreancho de curva

Es el incremento de la anchura de una carretera, vía férrea, o cualquier otro tipo de infraestructura vial con el objetivo de mejorar la seguridad, facilitar el paso de vehículos de mayor tamaño, o incrementar la capacidad de la vía. Este término se utiliza generalmente en el contexto de la planificación de infraestructuras para hacer frente a situaciones como curvas peligrosas, tramos de tráfico intenso, o necesidades específicas de maniobra.

Ilustración 8: Sobreancho de Curva



Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carretera, 2003)

La ecuación utilizada para determinar el sobreancho de la curva es la siguiente:

$$R_1 + A = R - s$$

$$S = R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

Donde:

S: Sobre ancho, m

R: Radio de la curva, m

V: Velocidad de diseño, km/h

A: Ancho del vehículo, m

n: Número de carriles

7.4.Tránsito

7.4.1. *Tráfico promedio Diario Actual (TPDA)*

Es utilizado para obtener la cantidad promedio de los vehículos que pasan por una carretera o tramo vial durante un año completo. Es importante para evaluar el volumen del tráfico en una vía determinada y es utilizada para el diseño, planificación de la infraestructura vial y en el mantenimiento de esta. La fórmula pertenece a la norma de diseño geométrico de vías MTOP DEL 2003.

$$TPDA = T_o * Fh * Fd * Fd * Fm$$

Donde:

To: Tráfico observado

7.4.2. Factor Horario

En el factor horario es definido a las 24 horas del día y en relación con las horas de conteo (Volumen de tráfico registrado en un determinado número de horas, se transforma a volumen diario promedio).

7.4.3. Factor Diario

Para calcular el factor diario, es necesario dividir la cantidad de días registrados, (Convirtiendo así el volumen promedio diario de tráfico en un volumen promedio semanal).

7.4.4. Factor Semanal

Para determinar el factor semanal se debe realizar un ajuste el cual se dividirá el número de semanas para cuatro semanas que tiene el mes (Volumen semanal promedio de tráfico, se transforma a volumen mensual promedio).

7.4.5. Factor Mensual

Para definir el factor mensual se elaborará una tabla de datos del consumo de combustible, se realiza la proyección y elegiremos el mes en el que se realizó el conteo (Volumen mensual promedio de tráfico, es transformado a tráfico promedio diario anual).

7.4.6. Trafico futuro

El tráfico futuro hace mención del análisis de la evolución con respecto a la circulación de vehículos en un lugar específico en el futuro, mantener una vía que pueda manejar el tráfico durante su vida útil resulta costoso. Por lo tanto, se proyecta para un periodo de 15 a 25 años, pero generalmente es de 20 años.

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

Donde:

Ta: TPDA

i: Tasa de crecimiento poblacional

n: Años a proyectar

7.5. Cálculo del ESALS

Se utiliza para convertir las cargas de los vehículos, especialmente en términos de su impacto sobre la pavimentación, en un valor equivalente a la carga de un eje único de referencia (usualmente 80 kN). Este cálculo es fundamental para el diseño y la evaluación de la resistencia y durabilidad de los pavimentos, ya que las cargas de los vehículos afectan de manera diferente a las estructuras viales según su peso, distribución y tipo de eje.

$$LEF = \frac{\text{No. de ESALs de 80kN produce una pérdida de serviciabilidad}}{\text{No. de ejes de x kN que produce la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

$$FACTOR\ CAMION = \frac{\text{No. de ESALs}}{\text{No. de camiones}}$$

Tabla 3: Factores de Equivalencia

Buses	Bus	0.4
	Bus Metropolitano	1
C2P	C2P	1.14
C2G	C2G	3.44
C3 y C4 FE Ponderado 3.74	C3	3.76
	C2S1	3.37
	C4	6.73
	C3S1	2.22
	C2S2	3.42
C5	C3S2	4.4
> C5	> C5	4.72

Fuente: (AASHTO, 1993)

Tabla 4: Factor de Distribución por Carril

Número de carriles de cada dirección	% de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Fuente: (AASHTO, 1993)

7.5.1. Confiabilidad (R)

La confiabilidad en el diseño estructural de pavimentos se entiende como el nivel de certeza con el que se espera que una estructura cumpla los requisitos de desempeño durante el período de análisis establecido. Este concepto toma en cuenta la variabilidad inherente a diversos factores, como las cargas de tránsito, las condiciones climáticas, las propiedades de los materiales y la calidad constructiva. En consecuencia, la confiabilidad actúa como un parámetro estadístico que permite incorporar un margen de seguridad en el proceso de diseño.

Tabla 5: Niveles de Confiabilidad Sugeridas, 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
Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad R [%]	
	Urbana	Interurbana
Colectoras	80.0 – 95.0	75.0 – 95.0
Locales	50.0 – 80.0	50.0 – 80.0

Fuente: (AASHTO, 1993)

7.5.2. Error normal combinado (So)

El error estándar combinado representa una medida estadística que incorpora la incertidumbre global del diseño estructural de un pavimento. Este valor considera tanto la desviación inherente al propio modelo de diseño como las variaciones asociadas a múltiples factores, tales como las características de los materiales empleados, las condiciones de la subrasante, las

proyecciones de tránsito vehicular, el comportamiento climático a lo largo del tiempo y la calidad alcanzada durante la ejecución de la obra.

Dichas variaciones son tomadas en cuenta mediante el uso de un parámetro denominado desviación estándar total (S_o), el cual se determina en función de tablas específicas contenidas en las directrices de diseño, como las propuestas por AASHTO, y refleja la incertidumbre acumulada de todas las fuentes de variabilidad que influyen en el desempeño del pavimento.

Tabla 6: Error Normal Combinado, S_o

Proyecto de pavimento	Desviación estándar, S_o	
	Flexible	Rígido
	0.40 - 0.50	0.30 - 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.5	0.4

Fuente: (AASHTO, 1993)

7.5.3. Nivel de confianza R (%)

El nivel de confiabilidad (R) representa el grado de seguridad estadística que se desea incorporar en el proceso de diseño del pavimento. Este valor se utiliza para determinar el correspondiente valor de la variable Z_r , que corresponde a la desviación estándar normal asociada a ese nivel de confianza. Dicha variable forma parte de la expresión probabilística empleada en el diseño estructural, permitiendo ajustar la solución para que se mantenga funcional dentro del período de análisis, incluso frente a condiciones desfavorables o imprevistas.

Tabla 7: 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: (AASHTO, 1993)

Tabla 8: Desviación Normal estándar, Z

Confiabilidad, %	Desviación normal estándar, Z
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: (AASHTO, 1993)

7.5.4. Niveles de serviciabilidad

Según la AASHTO, la serviciabilidad se refiere al grado en que un pavimento cumple su función durante su vida útil, considerando aspectos como seguridad y capacidad para resistir el tránsito sin deterioro significativo.

Para evaluarla, se emplea el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI), una escala numérica que varía entre 0 y 5, donde un valor de 5 representa una condición óptima y 0 indica un pavimento completamente deteriorado.

Los niveles de serviciabilidad se clasifican de la siguiente manera:

PSI $\approx$ 5: Estado excelente, propio de pavimentos nuevos o recientemente intervenidos.

PSI $\approx$ 4: Buen estado, con alta funcionalidad y escasos deterioros.

PSI $\approx$ 3: Condición aceptable, con defectos visibles, pero aún operable.

PSI $\approx$ 2: Estado deficiente, con deterioros que afectan el confort y la seguridad.

PSI $\approx$ 0: Condición inaceptable, que requiere rehabilitación o reconstrucción inmediata.

$$\Delta PSI = P_o - P_f$$

Donde:

Po: Serviciabilidad inicial, 4.2

Pf: Serviciabilidad final, 2.2

$$PSI = 4.2 - 2.2 = 2.0$$

Tenemos las siguientes tablas recomendadas por la AASHTO, donde se tiene valores específicos de serviciabilidad inicial y serviciabilidad final.

Tabla 9: Serviciabilidad inicial, Po

Tipo pavimento	Serviciabilidad Inicial, Po
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Fuente: (AASHTO, 1993)

Tabla 10: Serviciabilidad final, Pt

Tipo de vía	Serviciabilidad final, Pt
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: (AASHTO, 1993)

7.5.5. *Modulo resiliente de la subrasante (Mr)*

Tenemos las siguientes ecuaciones para determinar el módulo resiliente de la subrasante:

$$M_r = 10^7 \text{ CBR} \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

$$M_r = 100 \text{ CBR} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

$$M_r = 1500 \text{ CBR} \left(\frac{lb}{plg^2} \right)$$

$$M_r = 10 \text{ CBR (Mpa)}$$

7.5.6. *Composición de tránsito*

Se refiere a la clasificación y distribución de los diferentes tipos de vehículos que circulan en una vía en un periodo de tiempo determinado. Esta clasificación permite entender mejor la naturaleza del tráfico en una zona y es fundamental para el diseño, planificación y operación de infraestructuras viales, ya que influye directamente en aspectos como la capacidad de la vía, la seguridad y el confort de los usuarios, así como en el análisis del impacto de los vehículos sobre el pavimento. Los tipos de composición de Tránsito son los siguientes:

Tránsito Ligero: Vehículos pequeños como automóviles, motocicletas y bicicletas. Este tipo de tránsito es más común en áreas urbanas y de baja carga vehicular.

Tránsito Pesado: Incluye camiones de carga, autobuses y vehículos de gran tonelaje. Es común en carreteras interurbanas y en zonas industriales.

Tránsito Mixto: Combinación de vehículos livianos y pesados. Este tipo de tránsito es común en carreteras principales, donde interactúan vehículos de diferentes tamaños.

Tránsito de Carga: Vehículos destinados al transporte de bienes, como camiones y trailers.

Este tipo de tránsito es crucial para el análisis de la durabilidad de pavimentos y el cálculo de las cargas equivalentes.

Tránsito de Pasajeros: Vehículos utilizados para el transporte de personas, como automóviles privados, autobuses y taxis. Este tipo de tránsito influye en el diseño de las vías urbanas y suburbanas.

Ilustración 9: Tipos de Vehículos

CUADRO DEMOSTRATIVO DEL TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES									
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN				PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
							Largo	Ancho	Alto
2 D			I	I	CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00
2DA			I	I	CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB			I	I	CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10
3-A			I	I	CAMIÓN DE 3 EJES	27	12,20	2,60	4,10
4-C			I	I	CAMIÓN DE 4 EJES	31	12,20	2,60	4,10
4-0			I	I	CAMIÓN CON TANDEM DIRECCIONAL Y TANDEM POSTERIOR	32	12,20	2,60	4,10
V2DB			I	I	VOLQUETA DE DOS EJES 8 m³	18	12,20	2,60	4,10
V3A			I	I	VOLQUETA DE TRES EJES 10-14 m³	27	12,20	2,60	4,10
VZS			I	I	VOLQUETA ZS DE 3 EJES 16 m³	27	12,20	2,60	4,10
T2			I	I	TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES	18	8,50	2,60	4,10
T3			I	I	TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES	27	8,50	2,60	4,10
S3			I	I	SEMIREMOLQUE DE 3 EJES	24	13,00	3,00	4,30
S2			I	I	SEMIREMOLQUE DE 2 EJES	20	13,00	3,00	4,30
S1			I	I	SEMIREMOLQUE DE 1 EJE	11	13,00	3,00	4,30
R2			I	I	REMOLQUE DE 2 EJES	22	10,00	3,00	4,30
R3			I	I	REMOLQUE DE 3 EJES	31	10,00	3,00	4,30
B1			I	I	REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJE	11	10,00	3,00	4,30
B2			I	I	REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES	20	10,00	3,00	4,30
B3			I	I	REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES	24	10,00	3,00	4,30

Fuente: (NEVI 12, Norma para Estudios y Diseños Viales (Vol. 2A), 2013)

7.5.7. Clasificación de las carreteras con relación al tráfico proyectado

Para realizar el diseño de vías se recomienda la clasificación en función del tráfico proyectado para periodos de 15 a 20 años.

Tabla 11: Clasificación de Carreteras en Función del Tráfico Proyectado

CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100
El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.	

Fuente: (MTOP, 2003)

7.6.Drenaje

El drenaje es el procedimiento mediante el cual se remueve el exceso de agua, ya sea proveniente de lluvias o aguas residuales. Su propósito principal es evitar la acumulación de agua que puedan provocar inundaciones o afectar negativamente la integridad de las estructuras.

Tabla 12: Calidad de Drenaje

Calidad del drenaje	Tiempo que tarde el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Malo	El agua no evacúa

Fuente: (AASHTO, 1993)

Tabla 13: Valores de (mi) recomendados para corregir los coeficientes estructurales de base y subbase granular

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a granos 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	1.2
Bueno	1.36 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy Malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.70 - 0.40	0.4

Fuente: (AASHTO, 1993)

7.6.1. Drenaje superficial

El drenaje superficial consiste en el proceso de eliminar el agua de lluvia que se deposita sobre la superficie de una vía. Además, un sistema de drenaje eficiente evita la acumulación de agua en los bordes de la vía o en terrenos adyacentes, reduciendo el riesgo de inundaciones, erosión del suelo o deslizamientos de tierra. Este tipo de drenaje se diseña considerando factores como la pendiente de la carretera, el tipo de suelo, la intensidad de las lluvias y la capacidad de los canales o cunetas, con el fin de garantizar una circulación segura y prolongar la vida útil de la infraestructura vial.

7.6.2. Drenaje subterráneo

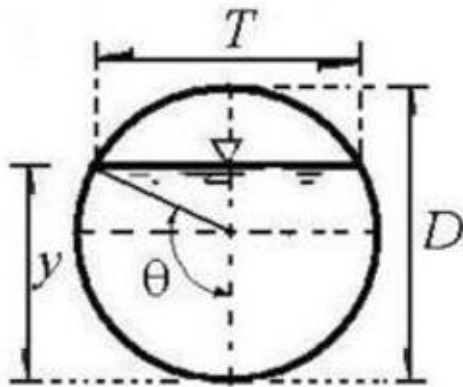
El drenaje subterráneo es la evacuación de las aguas que se infiltran en el suelo y que podrían causar problemas de la inestabilidad del terreno, el deterioro de las estructuras viales y la deformación de estas. La acumulación de estas aguas puede generar presiones que afecten los cimientos de las carreteras, por lo que es importante que estos sistemas funcionen de una manera correcta.

7.6.3. Alcantarillado

Es un sistema que está combinado entre tuberías y otras estructuras que son diseñadas para eliminar, desechar, recibir y transportar aguas residuales originadas por la lluvia.

Para un alcantarillado de una sección circular se puede realizar con la siguiente formula:

Ilustración 10: Alcantarillado



Fuente: (Soteldo, Hidráulica II, 1997)

Área (A)

$$\theta = \cos^{-1}\left(1 - \frac{2y}{D}\right)$$

Perímetro mojado

$$P = \left(\frac{\theta D}{2}\right)$$

Radio hidráulico (Rh)

$$Rh = \frac{A}{P}$$

Ancho de la superficie libre (T)

$$T = 2 * \sqrt{y * (D - y)}$$

Tirante medio (Tm)

$$T_m = \frac{A}{T}$$

7.7.Pavimentos

Monteros describe que el pavimento es la capa o estructura de materiales colocada sobre un terreno natural o base, que es diseñada para proporcionar una superficie resistente, segura y duradera en la cual se permite el tránsito vehicular. Los pavimentos deben cumplir con varias funciones como: la distribución de cargas, ofrecer adherencia y comodidad a los vehículos y conductores.

7.7.1. *Pavimento flexible*

El pavimento flexible está compuesto por varias capas de asfalto, el mismo que se coloca sobre una sub-base o base granular. Su característica principal es que distribuyen las cargas verticales a través de las capas, absorbiendo las deformaciones. Los pavimentos flexibles son aquellos que su capa superior se deforma bajo una carga, pero vuelve a recuperar su forma original cuando la carga desaparece.

Ilustración 11: Estructura Típica de un Pavimento Flexible



Fuente: (Procesos Constructivos de Una vía flexible, 2017)

- **Base**

La base es una capa compuesta por material seleccionado que se sitúa sobre el terreno original dentro de la estructura del pavimento. Su función es proporcionar soporte y distribuir las cargas hacia las capas inferiores. Tiene como función principal proporcionar una superficie estable sobre el cual se colocarán las capas superiores (subbase, carpeta asfáltica) para asegurar que el pavimento no se deforme bajo el peso de los vehículos.

- **Subbase**

La subbase es la capa ubicada debajo de la base dentro de la estructura del pavimento, y su propósito principal es brindar un soporte adicional que contribuya a la resistencia y estabilidad del sistema. Aunque cumple una función parecida a la de la base, se diferencia por su posición inferior y por estar compuesta generalmente por materiales menos rígidos. Su rol es asegurar una distribución homogénea de las cargas hacia el suelo natural, evitando deformaciones y alargando la vida útil del pavimento.

- **Carpeta Asfáltica**

La carpeta asfáltica o también conocida como capa de rodadura, es la capa superior del pavimento que está en contacto directo con el tráfico. Su objetivo principal es ofrecer una superficie sólida y duradera capaz de soportar el peso del tráfico vehicular, al mismo tiempo que garantiza un buen nivel de adherencia, seguridad en la circulación y comodidad para los usuarios.

7.7.2. Variables de tiempo

Para un diseño de pavimentos, la vida útil y el periodo de análisis son las variables claves:

La vida útil de un pavimento se define como el intervalo de tiempo que transcurre desde su construcción o rehabilitación hasta que su estado funcional o estructural desciende por debajo de un nivel aceptable de serviciabilidad. Este nivel representa el punto en el que el pavimento ya no cumple adecuadamente con las condiciones de confort, seguridad y funcionalidad requeridas para el tránsito vehicular, por lo que se hace necesario intervenirlo mediante mantenimiento.

Por otro lado, el período de análisis hace referencia al lapso total que se toma en cuenta para evaluar y comparar diferentes alternativas de diseño o estrategias de intervención. A diferencia de la vida útil, este período no siempre coincide con el tiempo en que una estructura permanece en servicio sin intervenciones mayores, ya que puede abarcar múltiples ciclos de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción planificados.

Tabla 14: Periodos de Análisis

Clasificación de la vía	Periodo de análisis (años)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 - 50 años
Rural de alto volumen de tráfico	20 - 50 años
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25 años
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 - 20 años

Fuente: (AASHTO, 1993)

7.8.Diseño de cunetas

7.8.1. Coeficiente de escorrentía

Este coeficiente sirve para cuantificar qué parte del agua de lluvia se transforma en escorrentía superficial, es decir, en el flujo de agua que corre sobre la superficie del terreno. Este coeficiente depende de varios factores, como el tipo de suelo, la cobertura vegetal, la pendiente del terreno, el uso del suelo, las características del clima y las propiedades de la infraestructura en la zona. Los valores del coeficiente de escorrentía dependen según el tipo de suelo, como podemos observar la tabla 15:

Tabla 15: Coeficiente de Escorrentía "C"

Coeficiente de Escorrentía "C"					
Pendiente del Terreno					
Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Pronunciada 50%	Alta 20%	Media 5%	Sueve 1%
Sin Vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25
Pasto vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.65	0.55	0.50
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20
Hierba, grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15
Bosque densa vegetación	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10

Fuente: (MTOP, 2003)

7.8.2. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia es la cantidad de agua que cae sobre un área durante un período de tiempo determinado. La intensidad de lluvia se expresa en milímetros por hora (mm/h). El establecimiento de los flujos de diseño para el sistema de drenaje de la plataforma se realizará mediante una metodología racional, adaptándose a un tiempo de concentración que no sea inferior a 10 minutos y con un periodo de retorno el cual sea de 25 años.

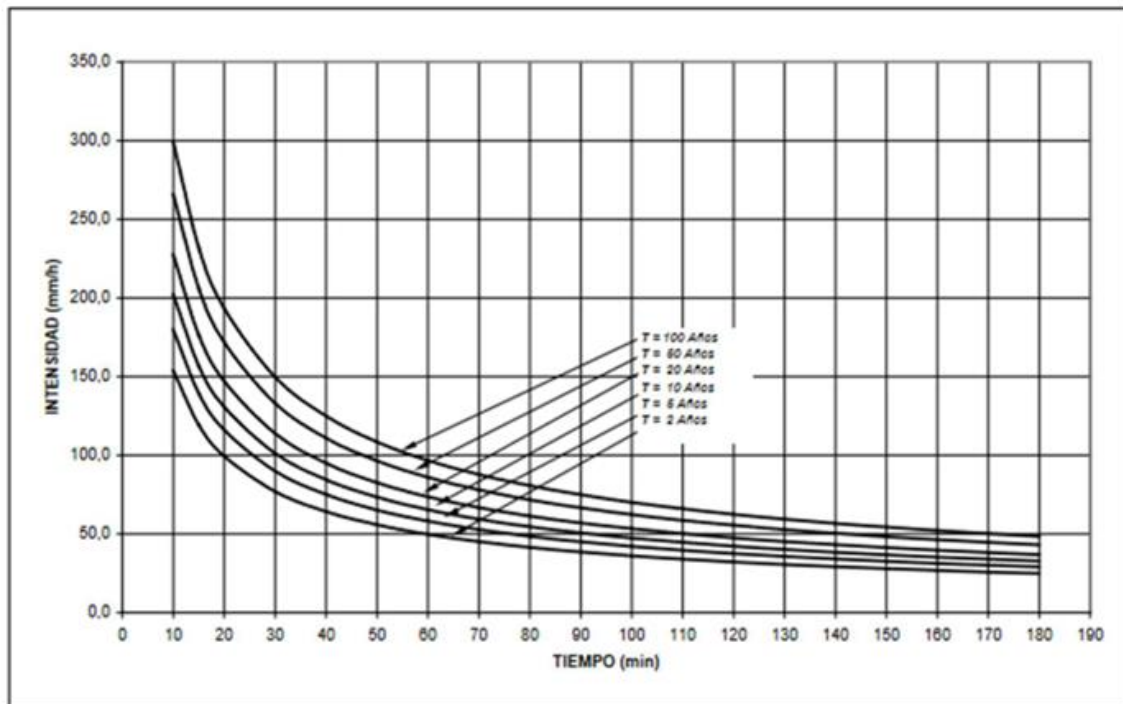
En el cauce del río Jubones se encuentran varias estaciones como: Saraguro, Nabón, Pasaje, Oña, Cartagena, Santa Isabel, Pucará, y Girón, entre otras. Entre estas, destacan las más antiguas, como las de Saraguro y Santa Isabel.

Estas curvas están vinculadas al momento de concentración y al periodo de regresión de la intensidad y las precipitaciones de lluvia, por lo que resultan esenciales para su proyección.

7.8.3. Curvas IDF

Las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) representan una herramienta utilizada para relacionar la intensidad de la lluvia con la duración del evento y la probabilidad de que este se presente en un periodo de retorno determinado.

Ilustración 12: Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)



Fuente: (INVIAS, Manual de drenaje para vías, 2009)

7.8.4. Sección del canal

El diseño de la sección de la cuneta o canal está relacionado con el caudal de escorrentía que se espera para la zona y la capacidad de drenaje necesaria. La sección debe ser lo suficientemente grande como para transportar el agua sin causar inundaciones o erosión.

Para determinar las dimensiones de la sección, se pueden utilizar las fórmulas de la teoría de flujo abierto, con la ecuación de Manning se puede calcular el caudal en canales abiertos:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

Q = caudal (m^3/s)

n = coeficiente de rugosidad de Manning

A = área transversal del flujo (m^2)

R = radio hidráulico,

P = perímetro mojado del canal (m)

S = pendiente del canal (m/m)

El valor del coeficiente de Manning (n) está determinado por el tipo de recubrimiento del canal y la textura o rugosidad de su superficie. Se pueden tomar los siguientes valores:

Pavimento ($n = 0.013$)

Tierra compactada ($n = 0.025$)

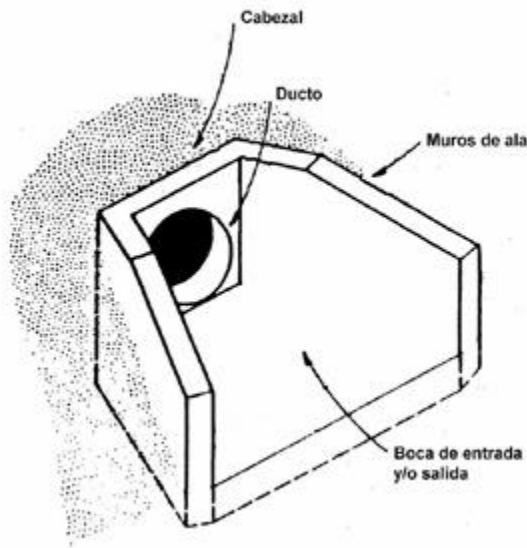
Canal con vegetación ($n = 0.030$)

7.9.Alcantarillas

Las alcantarillas son estructuras hidráulicas la cual permite el paso del agua de lluvia por debajo de la vía, la misma que evita que se almacene sobre la calzada. Tiene la función de drenar el agua para proteger la estructura de la vía y así garantizar la seguridad del tránsito.

Los componentes de la alcantarilla contienen un cabezal o entrada es la parte por donde ingresa el agua (con rejilla, muro o marco), un conducto es la estructura principal por donde circula el agua, una salida por donde sale el agua al otro extremo de la vía, también por alas que son los muros laterales que guían el agua hacia la alcantarilla, una solera siendo este el fondo del conducto, y la tapa.

Ilustración 13: Elementos de una Alcantarilla



Fuente: (MTO, 2003)

7.9.1. Recolección de información

Resulta útil recopilar toda la información posible relacionada con el área de influencia del sitio de cruce. Esta información puede obtenerse a través de inspecciones aéreas o terrestres, entrevistas, organismos vinculados a los recursos hídricos, publicaciones periódicas y estudios previos.

- a) Datos topográficos
- b) Cuencas de drenaje
- c) Características del cauce
- d) Información de los niveles de agua
- e) Estructuras existentes

7.9.2. Características de diseño

El desarrollo del sistema de drenaje transversal menor en una vía se realiza a partir de dos etapas esenciales: primero, el estudio hidrológico del área a desaguar; y segundo, el diseño hidráulico de las estructuras correspondientes. El estudio hidrológico permite estimar las intensidades máximas de lluvia o los caudales pico de escorrentía, según sea necesario, considerando períodos de retorno específicos según la relevancia del sistema.

Por su parte, el diseño hidráulico establece las dimensiones adecuadas que deben tener las estructuras para permitir la evacuación eficiente de las aguas pluviales.

- a) Localización
- b) Longitud de la alcantarilla
- c) Velocidad de la corriente
- d) Carga admisible a la entrada
- e) Selección del tipo

Tabla 16: Velocidades Máximas Permisibles (m/s) para Canales de Alineamiento Recto y Tirante de 0.90m

MATERIAL	AGUA LIMPIA	AGUA CON LINEAS COLOIDALES
Arena fina coloidal	0.46	0.76
Marga arenosa no coloidal	0.53	0.76
Marga limosa no coloidal	0.61	0.91
Limo aluvial no coloidal	0.61	0.107
Marge firme ordinaria	0.76	0.107
Ceniza volcánica	0.76	0.107
Arcilla fuerte no coloidal	0.14	0.152
Marga aluvial coloidal	0.114	0.152
Esquistos y arcilla compacta	0.183	0.183
Arena fina	0.76	0.152
Marga graduada a piedra redondeada	0.114	0.152
Limo graduado a piedra	0.122	0.168
Grava gruesa no coloidal	0.122	0.183
Piedras y lajas	0.152	0.168

Fuente: (MTOP, 2003)

7.9.3. Análisis hidrológico

En el estudio hidrológico de las zonas de drenaje, los elementos fundamentales que se consideran son la precipitación y el escurrimiento, ambos componentes clave del ciclo hidrológico. A partir de registros históricos, se puede determinar la relación entre estas variables, tomando en cuenta tanto datos medidos directamente como estimaciones de condiciones no observables, además de prever eventos que puedan ocurrir en un tiempo determinado. Esta información es esencial para orientar el diseño de las obras hidráulicas.

Métodos para la evaluación de los caudales de diseño:

- a) Empíricos: Son aplicados cuando no se dispone de información detallada sobre la precipitación en la cuenca. Entre los más conocidos se encuentran los métodos de Creager y Lowry.
- b) Semi-empíricos: Incorporan la intensidad de la lluvia dentro de una fórmula funcional para estimar el caudal. Se basan en el ciclo hidrológico, y su grado de precisión varía según los factores que se incluyan. Los métodos más utilizados en esta categoría son el método Racional y el propuesto por Ven Te Chow.
- c) Estadísticos: Se emplean cuando existe un registro confiable de caudales. Estos enfoques parten del supuesto de que los caudales máximos anuales constituyen una muestra aleatoria extraída de una población más amplia, y se distinguen entre sí según la distribución de probabilidad que emplean.
- d) Modelos matemáticos: Estos modelos requieren bases de datos amplias y detalladas, que no siempre son fáciles de obtener. A pesar de sus exigencias, su aplicación es recomendable, siempre que se garantice la calidad de los datos de entrada y una interpretación adecuada de los resultados.

7.9.4. Diseño hidráulico para una alcantarilla

El estudio hidráulico de una estructura de drenaje se fundamenta en los principios básicos de la hidráulica, como las leyes de conservación de la masa (continuidad), la energía y el impulso. Estos conceptos son aplicables tanto en flujos confinados como en aquellos a superficie libre. En este último caso, es importante tener en cuenta los cambios en el tirante en función de la geometría y las propiedades hidráulicas del conducto.

Cuando una alcantarilla transporta flujo sin presión, ya sea llena o parcialmente llena, se analiza como un canal abierto. Por el contrario, si trabaja bajo condiciones de presión, debe considerarse como un conducto cerrado.

Es esencial identificar el régimen de operación para definir correctamente sus dimensiones.

- a) Escurrimiento en alcantarillas: El flujo en las alcantarillas puede clasificarse principalmente en dos tipos:

- Control de entrada
 - Control de salida
- b) **Parámetros de diseño:** Para dimensionar una alcantarilla se debe tomar en cuenta el caudal de diseño máximo, la pendiente prevista y se debe verificar que la velocidad no exceda los límites permitidos, así como comprobar si se produce remanso en el ingreso.

Pautas para determinar los parámetros hidrológicos de diseño:

Área de drenaje: Se delimita con base en mapas topográficos del IGM a escala 1:25.000 o mediante imágenes aéreas. Se considera la proyección horizontal delimitada por el parteaguas. El cálculo del área puede hacerse por métodos gráficos o digitales, y debe expresarse en hectáreas o kilómetros cuadrados.

Intensidades de lluvia: Se deben relacionar con su duración y frecuencia. Si no se dispone de información local suficiente, se pueden emplear los estudios estadísticos que el INAMHI publica regularmente. Estos incluyen ecuaciones que relacionan la intensidad con la duración y la frecuencia de eventos, ajustadas a cada una de las zonas pluviométricas del país.

Periodo de retorno: Este parámetro depende de la categoría de la vía. Se recomienda un mínimo de 200 años para carreteras arteriales, 150 años para vías colectoras y 100 años para caminos vecinales.

Tiempo de concentración: Dado que suele haber escasez de datos precisos, se aconseja adoptar como tiempo de concentración el mismo que la duración de la lluvia, ya que durante este intervalo es cuando la cuenca aporta su mayor volumen de escurrimiento. Entre las fórmulas empíricas disponibles, una de las más utilizadas es la de Rowe.

$$tc = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, min

L: Longitud del cauce principal, m

H: Desnivel entre el extremo de la cuenca y el punto de la descarga, m

Precipitación máxima en 24 horas: Para determinar este valor, se deben utilizar los datos obtenidos de las estaciones pluviométricas más cercanas al sitio del proyecto. En caso de no contar con información local suficiente, se podrá recurrir al uso de mapas de isolíneas proporcionados por el INAMHI, los cuales deben analizarse en conjunto con la zonificación correspondiente a las ecuaciones pluviométricas.

Coefficiente de escorrentía: Este parámetro expresa la parte de la lluvia total que no se infiltra ni se evapora, sino que fluye directamente sobre la superficie del suelo. Su magnitud está influenciada por diversos factores, entre ellos: la capacidad de infiltración del suelo, la topografía de la cuenca, la inclinación del terreno y el tipo de cobertura vegetal presente.

Tabla 17: Coeficiente de escorrentía, C

Coeficiente de Escorrentía "C"						
Pendiente del Terreno						
Cobertura Vegetal	TIPO DE SUELO	PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		50%	20%	5%	1%	
Sin Vegetación	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
Pasto vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.65	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
Bosque densa vegetación	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: (MTO, 2003)

- c) Caudal de Diseño: Para un periodo de retorno específico se determina en función de la información hidrológica disponible, la relevancia de la estructura a construir y el tipo de servicio de drenaje que esta brindará.

En el caso de alcantarillas destinadas al drenaje de cuencas pequeñas: Para estimar el caudal máximo en áreas de hasta 400 hectáreas, se recomienda el uso del "Método Racional", una técnica ampliamente aceptada. Este método permite calcular el caudal considerando variables como la intensidad de la lluvia, el área de la cuenca, las características del relieve y el tipo de suelo presente en la zona.

$$Q = \frac{c * I * A}{360}$$

Donde:

Q: Caudal máximo probable, m³/seg

c: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de precipitación, mm/h, para duración igual al tiempo de concentración

A: Área de la cuenca, Ha

Alcantarillas utilizadas en carreteras que se extienden paralelamente a ríos, especialmente en zonas de planicie o sabanas inundables:

En estos casos, el Método de Manning es el más adecuado para determinar el caudal máximo, ya que permite hacer cálculos considerando tanto la forma de la sección transversal como la pendiente del terreno.

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

Q: Caudal máximo probable, m³/seg

n: Coeficiente de rugosidad

S: Pendiente de la planicie, m/m

R: Radio hidráulico, m

Tabla 18: Coeficiente de rugosidad "n"

DESCRIPCION	"n"
TUBOS DE HORMIGON	0.012
Tubos de metal corrugado o tubos en arco:	
a) Simple o revestido	0.024
b) Solera pavimentada	0.019
Tubo de arcilla vitrificada	0.012
Tubo de hierro fundido	0.013
Alcantarilla de ladrillo	0.015
Pavimento asfáltico	0.015
Pavimento de hormigón	0.014
Parterre de césped	0.05
Tierra	0.02
Grava	0.02
Roca	0.035
Áreas cultivadas	0.03 - 0.05
Matorrales espesos	0.07 - 0.14
Bosques espesos-poco-maleza	0.10 - 0.15
Cursos de agua	
a) Algo de hierba y maleza-poco o nada de matorrales	0.03 - 0.035
b) Maleza densa	0.035 - 0.05
c) Algo de maleza-matorrales espesos a los costados	0.05- 0.07

Fuente: (MTOP, 2003)

7.9.5. Procedimiento de Diseño

El diseño de alcantarillas puede llevarse a cabo mediante métodos analíticos o con el apoyo de nomogramas desarrollados por el U.S. Bureau of Public Roads, los cuales permiten simplificar los cálculos y evaluar el comportamiento hidráulico de la estructura.

Actualmente, el proceso de diseño puede optimizarse aún más mediante el uso de herramientas informáticas, que facilitan la comparación de alternativas y el análisis de diferentes condiciones operativas.

Independientemente del enfoque utilizado, es esencial tener en cuenta las siguientes variables durante el diseño:

Q: El caudal de diseño, m^3/seg

B: El ancho de sección transversal para las alcantarillas rectangulares, m

D: El diámetro o altura de la alcantarilla, m

S_0 : La pendiente de fondo

HEP: Tirante de agua permisible en la entrada, m

CE: Coeficiente de pérdida de carga en entrada

L: La longitud de la alcantarilla, m

n: El coeficiente de rugosidad de Manning

HS: El tirante de agua en la entrada, m

Tabla 19: Protección contra la Socavación Local

VELOCIDAD V1 (m/s)	PESO ESPECIFICO DEL MATERIAL (kg/m3)				
	1600	1800	2000	2200	2400
1	8	8	7	6	6
1.3	15	113	112	11	10
2	18	16	13	13	12
2.5	27	24	21	19	18
3	38	34	31	28	26
3.5	53	46	42	38	35
4	68	60	54	50	46
4.5	86	77	69	63	58
5			85	77	70

Fuente: (MTOP, 2003)

Para determinar el diámetro mínimo (en centímetros) de las piedras utilizadas en el enrocado, se deben considerar factores como la velocidad del flujo, el peso específico del material y una profundidad de flujo de 1 metro. Estos parámetros permiten definir el tamaño adecuado de las rocas para garantizar la estabilidad de la protección.

Cálculo del período de retorno para el diseño hidráulico

Para definir los caudales de diseño y los niveles correspondientes, es necesario considerar un período de retorno adecuado, el cual depende del tipo y la función de la vía en cuestión.

- a. Caminos vecinales: Se recomienda un período de retorno entre 50 y 100 años.
- b. Carreteras colectoras o secundarias con tránsito regular: El intervalo sugerido va de 100 a 250 años.
- c. Vías principales de alta circulación (red vial primaria): Se debe considerar un período de retorno de entre 200 y 1.000 años.
- d. Vados, dependiendo de su función e importancia: El período de retorno puede situarse entre 25 y 100 años.

7.10. Señalización

La señalización vial es un conjunto de señales y marcas en la vía pública que tienen como objetivo principal regular, advertir e informar a los usuarios de las carreteras y calles tanto a conductores, ciclistas y peatones, sobre las condiciones del entorno, las normas de tránsito y las acciones a seguir para garantizar la seguridad vial.

7.10.1. Señalización Vertical

De acuerdo con la INEN 022 - Parte 1 (2011a), la señalización vertical se refiere a todas las señales que se colocan en postes o estructuras verticales, y tienen como objetivo controlar, orientar o informar a los usuarios sobre cómo deben actuar en la vía.

- **Tipos de señalización vertical**

Señales Preventivas: Son señales que alertan sobre posibles riesgos o situaciones peligrosas, como curvas, intersecciones o condiciones de la vía.

Pare (R1-1): Es para una detención Obligatoria, la señal se coloca en entradas de intersecciones de una vía que tiene más preferencia que otra. Los motivos de esta señal son evitar colisiones y asegurar la protección en el área.

Ilustración 14: Señalización vertical, Pare (R1-1)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2010)

Ceda el paso (R1-2): Esta señal indica al conductor que debe reducir la velocidad al aproximarse a una intersección. Además, indica que los vehículos que circulan por vías secundarias están obligados a detenerse o reducir considerablemente la marcha para ceder el paso a los automóviles o peatones que transitan por la vía principal. Su función es asegurar un tránsito ordenado y prevenir posibles accidentes en puntos donde convergen distintas corrientes de tráfico.

Ilustración 15: Señalización vertical, Ceda el paso (R1 - 2)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2010)

Una vía Izquierda (R2-11) o derecha (R2-1D): Esta señal indica que existe una sola dirección a la que debe de ir el vehículo, dependiendo a qué lado indique la flecha.

Ilustración 16: Señalización vertical, Una vía Izquierda (R2 – 11) o derecha (R2-1D)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2010)

No girar en U (R2-8): Esta señal advierte a los conductores que está estrictamente prohibido realizar un giro en U en ese punto específico de la vía. Esta restricción se establece principalmente por razones de seguridad, con el fin de evitar accidentes o situaciones de riesgo que puedan surgir debido a maniobras bruscas o inesperadas. Cumplir con esta indicación es fundamental para mantener un tránsito ordenado y seguro tanto para los conductores como para los peatones y otros usuarios de la vía.

Ilustración 17: Señalización vertical, No girar en U (R2-8)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2010)

Doble vía (R2-2): Esta señal se coloca al inicio de una vía para alertar a los conductores que el tránsito circula en dos direcciones. Es habitual verla en intersecciones y cruces, donde advierte sobre la presencia de tráfico en ambos sentidos, lo que resulta crucial para evitar posibles incidentes. Estas señales son frecuentes en áreas urbanas, donde el tránsito suele ser más intenso

y la interacción entre vehículos que circulan en direcciones opuestas requiere mayor atención por parte de los conductores. Su presencia contribuye a mejorar la seguridad vial al mantener a los usuarios informados sobre las condiciones de la vía por la que transitan.

Ilustración 18; Señalización vertical, Doble vía (R2-2)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2010)

No entre (R2-7): Esta señal reglamentaria tiene como finalidad prohibir el ingreso de vehículos a una vía específica o a un determinado tramo donde se encuentre ubicada. Su función principal es restringir el acceso a zonas donde la circulación está limitada por razones de seguridad, flujo vehicular, dirección única o uso exclusivo. Al observar esta señal, los conductores deben detener su avance y buscar rutas alternas permitidas. Ignorarla puede generar situaciones peligrosas, como enfrentamientos con vehículos que circulan en sentido contrario, además de constituir una infracción de tránsito.

Ilustración 19: Señalización vertical, No entre (R2-7)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2011)

No rebasar (R2-13): Esta señal indica el lugar donde está prohibido realizar dicha maniobra siendo una vía con un doble sentido de circulación.

Ilustración 20: Señalización vertical, No rebasar (R2-13)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2011)

Límite máximo de velocidad (R4-1): Es la señal que indica la velocidad máxima que el conductor puede ir en una carretera.

Ilustración 21: Señalización vertical, Límite máximo de velocidad (R4-1)



Fuente: (INRN, señalización vertical, 2011)

Reduzca la velocidad (R4-4): Esta señal se utiliza en lugares donde la velocidad es alta por el mismo se busca reducirla ya sea por seguridad y para advertir al conductor de algún tope en la carretera.

Ilustración 22: Señalización vertical, Reduzca la velocidad (R4-4)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2011)

No estacionar (R5-1c): Su finalidad principal es evitar que los autos se detengan en lugares que puedan obstruir la circulación, contribuyendo así a mantener un flujo vehicular más ordenado y eficiente. Estas señales suelen ubicarse en zonas donde el estacionamiento podría generar congestiones, dificultar la visibilidad o entorpecer el paso de peatones y otros vehículos, garantizando de esta manera una mejor seguridad y comodidad para todos los usuarios de la vía.

Ilustración 23: Señalización vertical, No estacionar (R5-1c)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2011)

Parada de bus (R5-6): Esta señal reglamentaria se utiliza para identificar de forma clara y precisa el sitio designado para que los vehículos de transporte público, como los autobuses, realicen paradas con el fin de recoger o dejar pasajeros. Su presencia garantiza un orden adecuado en la circulación vehicular y promueve la seguridad tanto de los usuarios del transporte como de los peatones. Además, ayuda a evitar detenciones imprevistas en lugares no autorizados, lo cual podría generar congestión o situaciones de riesgo en la vía. La señal R5-6 debe ubicarse en puntos estratégicos que cumplan con criterios de accesibilidad, visibilidad y cercanía a zonas de alto flujo peatonal.

Ilustración 24: Señalización vertical, Parada de bus (R5-6)

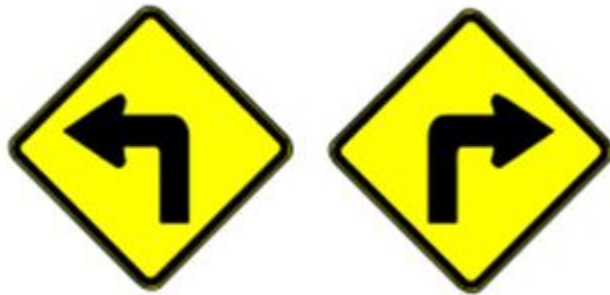


Fuente: (INEN, señalización vertical, 2011)

Curva cerrada izquierda (P1-1I) o derecha (P1-1D): Estas señales advierten a los conductores sobre la presencia próxima de una curva cerrada, cuyo giro no supera los 90 grados, ya sea en dirección izquierda o derecha. Debido a la naturaleza cerrada de estas curvas, se recomienda reducir la velocidad para mantener el control del vehículo y evitar posibles accidentes. La señalización es esencial porque advierte con anticipación a los conductores, facilitando que se

preparen correctamente para manejar el giro pronunciado de la carretera, lo cual es clave para mantener la seguridad en el tránsito.

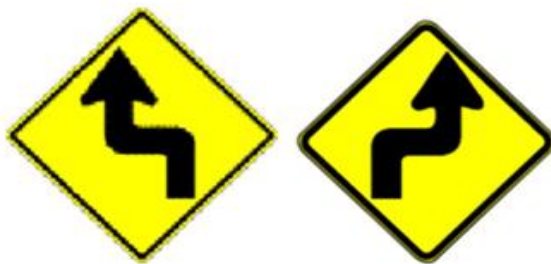
Ilustración 25: Señalización vertical, Curva cerrada izquierda (P1-1I) o derecha (P1-1D)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2011)

Curva y contra curva cerrada izquierda (P1-3I), o derecha (P1-3D): Esta señal alerta a los conductores sobre la cercanía de dos curvas consecutivas que se encuentran en direcciones opuestas, ya sea hacia la izquierda o hacia la derecha. La línea recta que conecta las dos curvas, llamada tangente, mide menos de 120 metros, lo que requiere que el conductor esté especialmente alerta y disminuya la velocidad para realizar la maniobra con seguridad. La señalización es fundamental para prevenir accidentes, ya que advierte sobre la complejidad del tramo vial, permitiendo a los conductores anticiparse y ajustar su conducción a estas condiciones exigentes del camino.

Ilustración 26: Señalización vertical, Curva y contra curva cerrada izquierda (P1-3I), o derecha (P1-3D)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2011)

Puente angosto (R4-1): Esta señal de tránsito se instala en zonas donde existe un puente cuyo ancho es inferior al de la vía por la que normalmente circulan los vehículos. Su propósito es advertir a los conductores sobre la reducción de espacio disponible al cruzar dicha estructura, lo que puede requerir una mayor precaución, especialmente en casos de tráfico en doble sentido. Esta advertencia permite que los conductores ajusten su velocidad y maniobras para evitar posibles colisiones o situaciones de riesgo al ingresar al puente. La señal R4-1 forma parte de las señales reglamentarias y debe colocarse a una distancia adecuada para garantizar una reacción segura por parte de los usuarios de la vía.

Ilustración 27: Señalización vertical, Puente angosto (R4-1)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2011)

Peatones en la vía (P6-1): Esta señal se emplea para alertar a los conductores sobre la proximidad de un área en la carretera donde es probable que haya personas cruzando o caminando sobre la calzada. Su objetivo es llamar la atención de los conductores para que reduzcan la velocidad y conduzcan con precaución, garantizando la seguridad tanto de los peatones como de los propios vehículos. Este tipo de señalización es especialmente importante en zonas urbanas, cercanas a escuelas, parques o áreas residenciales, donde el tránsito peatonal es frecuente y puede representar un riesgo si no se toma la debida precaución.

Ilustración 28: Señalización vertical, Peatones en la vía (P6-1)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2011)

Reductor de velocidad (P6-2): Esta señal advierte a los conductores que deben bajar la velocidad, debido a la cercanía de un dispositivo colocado en la vía con el propósito de controlar el ritmo del tránsito vehicular, conocido comúnmente como resalto o rompevelocidades. Su función es obligar a los vehículos a reducir la marcha para aumentar la seguridad vial, especialmente en zonas donde hay alta presencia de peatones, escuelas, cruces peatonales o áreas residenciales. Al alertar con anticipación sobre la proximidad de estos elementos, la señal permite a los conductores prepararse para una conducción más segura y evitar posibles accidentes causados por exceso de velocidad.

Ilustración 29: Señalización vertical, Reductor de velocidad (P6-2)



Fuente: (INEN, señalización vertical, 2011)

Señales Informativas: Estas señales proporcionan a los conductores datos útiles y complementarios que facilitan la orientación durante su trayecto. Entre la información que pueden ofrecer se encuentran las distancias a diferentes destinos, nombres de carreteras o rutas, así como indicaciones sobre servicios disponibles en las cercanías, como gasolineras, áreas de descanso, hospitales o restaurantes. Su propósito es ayudar a los usuarios de la vía a planificar mejor sus desplazamientos, mejorar la navegación y garantizar una experiencia de viaje más cómoda y segura.

Señales de Prioridad: Estas señales establecen las reglas que determinan cuál vehículo tiene el derecho de paso en diferentes puntos de la vía, con el fin de organizar el tráfico y evitar conflictos o accidentes. Entre las señales más comunes de este tipo se encuentran las de "Ceda el paso", que indican que un conductor debe detenerse o reducir la velocidad para permitir el paso a otros vehículos, y las señales de "Alto", que requieren una parada completa antes de continuar. Estas indicaciones son fundamentales para mantener un flujo vehicular ordenado y garantizar la seguridad de todos los usuarios en intersecciones, cruces y otras situaciones donde se cruzan diferentes corrientes de tráfico.

7.10.2. Señalización Horizontal

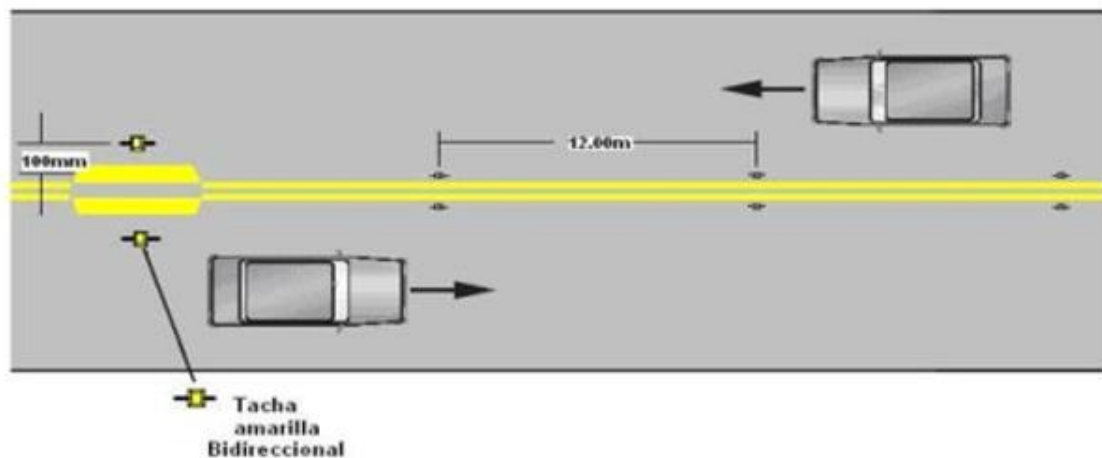
La señalización horizontal consiste en las marcas pintadas directamente sobre la superficie de las vías, y su función es orientar, advertir o controlar las acciones tanto de los conductores como de los peatones. Según la INEN 022 - Parte 2 (2011b), estas marcas se colocan directamente sobre el suelo de la vía, contribuyendo a la organización del tráfico y la seguridad.

- **Tipos de señalización horizontal**

Líneas de carril: Estas marcas viales tienen la función de señalar claramente los espacios destinados para la circulación de los vehículos dentro de la calzada. Su propósito principal es organizar el tránsito, guiando a los conductores sobre el camino correcto a seguir y reduciendo así el riesgo de accidentes. Las líneas de carril pueden ser continuas o discontinuas, dependiendo del tipo de maniobras permitidas, como adelantar o cambiar de carril, y deben cumplir con las especificaciones establecidas en las normativas de señalización vial.

Doble línea continua: Se utilizan en vías de doble sentido de circulación, donde la carretera sea reducida por curvas o pendiente.

Ilustración 30: Señalización horizontal, Doble línea continua



Fuente: (INEN, señalización horizontal, 2011)

Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta: Las líneas deben de ser de color amarillo, en este tipo de líneas se puede traspasar solo si es seguro hacerlo.

intersecciones o cruces. Estas señales guían el movimiento del tráfico, señalando si los vehículos deben seguir en línea recta, virar a la derecha, a la izquierda o dirigirse hacia una ruta determinada. Su presencia contribuye a organizar el tráfico, prevenir maniobras inesperadas y mejorar la seguridad vial, ya que permite a los conductores anticipar sus movimientos con mayor claridad y reducir el riesgo de siniestros viales.

Líneas de detención: Son señales horizontales trazadas sobre la calzada que señalan el punto preciso en el que los vehículos deben hacer una parada. Estas marcas son comunes en cruces regulados por semáforos, señales de “Alto” o en zonas de cruce peatonal, y ayudan a mantener el orden y la seguridad en la circulación vial. Estas líneas tienen un papel fundamental en la regulación del tránsito, ya que permiten mantener un orden en la circulación y asegurar que los vehículos se detengan a una distancia adecuada para no invadir zonas de cruce peatonal ni obstruir la visibilidad en las intersecciones. Además, contribuyen a la seguridad tanto de conductores como de peatones, al delimitar con precisión el punto hasta donde es permitido avanzar antes de hacer una parada obligatoria.

Marcas de paso peatonal: Son señales horizontales ubicadas sobre la calzada que indican de manera clara las áreas destinadas al cruce seguro de los peatones. Estas franjas, generalmente pintadas en color blanco, tienen como objetivo principal guiar a las personas al momento de atravesar la vía, además de alertar a los conductores sobre la posible presencia de peatones, fomentando así una mayor precaución y reduciendo el riesgo de accidentes. Su correcta visibilidad y mantenimiento son fundamentales para garantizar la seguridad vial en zonas urbanas y escolares.

Líneas de seguridad: Son marcas horizontales pintadas sobre la calzada que cumplen la función de señalar áreas donde se requiere una detención obligatoria o donde existen condiciones

de riesgo que exigen mayor precaución por parte de los conductores. Estas líneas suelen encontrarse en lugares estratégicos como cruces ferroviarios, intersecciones con poca visibilidad, entradas a zonas escolares o pasos peatonales, entre otros. Su propósito es advertir sobre la necesidad de detenerse o reducir la velocidad para evitar accidentes, protegiendo tanto a los ocupantes de los vehículos como a los peatones. La correcta interpretación y respeto de estas señales es esencial para mantener la seguridad vial y prevenir situaciones peligrosas en la vía pública.

7.11. Estudio de suelos

Se realizó varios ensayos de laboratorio para el análisis de características mecánicas, físicas y químicas del sitio de estudio donde se realizará la construcción de la vía, autopista o un camino, etc. Este estudio nos brinda la información necesaria para el diseño de una obra vial segura, funcional y duradera. Evitando posibles daños futuros de deformaciones, fisuras, agrietamientos, desprendimientos o hundimiento en la carretera.

7.11.1. Granulometría

El ensayo de granulometría permite analizar cómo se distribuyen los diferentes tamaños de partículas que componen un suelo, tales como gravas, arenas, limos y arcillas. Este proceso resulta esencial para identificar las propiedades del suelo y comprender cómo se comporta en diferentes contextos dentro de la ingeniería y la construcción. Este ensayo también nos ayuda a saber si el suelo en estudio es adecuado para capas de base, subbase o subrasante.

El sistema de clasificación SUCS define que son suelos finos (arcillas y limos) los que pasan el tamiz número 200 o 0.075mm, el material que pasa el tamiz número 4 y se retiene en el

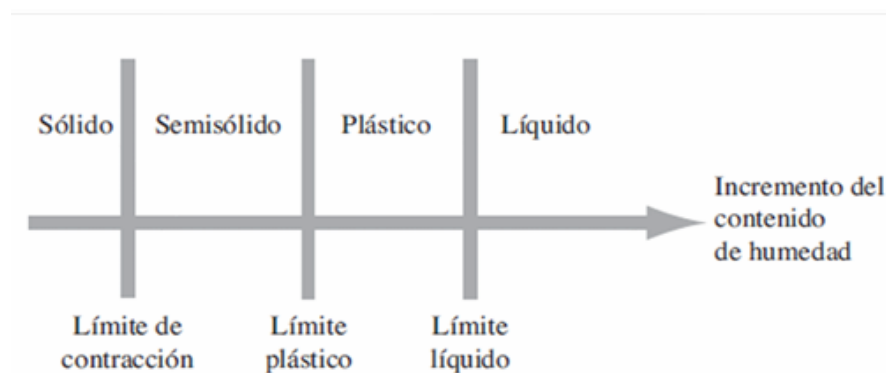
tamiz número 200 se definen como arenas, y las gravas son aquellas que se retiene en el tamiz número 4.

7.11.2. Clasificación de suelos – Limite líquido y plástico

Los ensayos de estado líquido y estado plástico son pruebas de laboratorio que son utilizados para determinar los límites de consistencia de un suelo fino (arcillas y limos). Estos límites permiten identificar cómo varía el comportamiento del suelo en función de los distintos niveles de humedad. Son esenciales para analizar su plasticidad, así como su respuesta cuando se encuentra sometido a cargas, lo cual es crucial en el diseño y evaluación de proyectos de ingeniería geotécnica.

En el año 1900, el científico sueco Albert Mauritz Atterberg ideó una forma de clasificar la consistencia de los suelos finos en función de su contenido de humedad. Observó que, cuando el suelo tiene muy poca agua, actúa como un sólido frágil. En cambio, con un alto contenido de humedad, el suelo puede comportarse como un líquido y fluir fácilmente. A partir de esto, estableció una clasificación que divide el comportamiento del suelo en cuatro estados fundamentales según la cantidad de agua presente: sólido, semisólido, plástico y líquido.

Ilustración 33: Consistencia de suelo – Límites



Fuente: (BRAJA M, 2013)

7.11.3. Clasificación del suelo

El sistema de clasificación de suelos finos se creó en 1929 bajo el nombre de Sistema de Clasificación de la Administración de Carreteras. A lo largo del tiempo, ha sido modificado en varias ocasiones, siendo la versión más vigente la que fue presentada en 1945 por la Comisión de Clasificación de Materiales para la Subrasante y los Materiales Granulares (Norma ASTM D-3282, y el método de la AASHTO M145).

El suelo se divide en siete grupos principales siguiendo este sistema de clasificación:

Tabla 20: Sistema de Clasificación, AASHTO

Sistema de Clasificación AASHTO	
A-1	Materiales granulares ≤ 35 % pasan a través del tamiz # 200
A-2	
A-3	
A-4	Limo y materiales arcillosos, ≥ 35 % pasan a través del tamiz # 200
A-5	
A-6	
A-7	

Fuente: (BRAJA M, 2013)

7.11.4. Clasificación de Sistema Unificado de Clasificación de Suelo – SUCS

La versión inicial de este sistema fue desarrollada por Casagrande en 1948, con el propósito de ser utilizada en proyectos de construcción de aeródromos llevados a cabo por Ingenieros en la Segunda Guerra Mundial. Posteriormente, en 1952, se actualizó en conjunto con el U.S. Bureau of Reclamation. Actualmente, el Sistema Unificado de Clasificación es utilizado de manera generalizada por los ingenieros, conforme a lo que establece la norma ASTM D-2487.

Se clasifica los suelos en 2 categorías:

Tabla 21: Sistema de Clasificación, SUCS

Sistema de Clasificación SUCS	
Material (Suelos)	Símbolos
Suelos de grano grueso en estado natural $\leq 50\%$ pasante por el tamiz # 200	G: Grava o suelos de grava
	S: Arena o suelos arenosos
Suelos de grano fino $50\% \geq$ pasante por el tamiz # 200	M: Limo Inorgánico
	C: Arcilla Inorgánica
	O: Limos orgánicos o arcillas
	Pt: Turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos

Fuente: (BRAJA M, 2013)

7.11.5. Proctor estándar y Proctor modificado

Ensayo del Proctor estándar

Este ensayo nos permite determinar la relación que existe entre la densidad seca y la humedad de compactación del material., los resultados son utilizados para inspeccionar la calidad de la compactación en las obras.

El ensayo de Proctor estándar se lleva a cabo utilizando un molde con un diámetro de 10.1 cm o 15.24 cm, dependiendo de las especificaciones del procedimiento. Durante la prueba, el material a evaluar se compacta en capas, que pueden ser entre tres y cinco, para asegurar una correcta distribución y densificación del suelo. Cada capa recibe un número específico de golpes, que puede ser de 25 o 56, aplicados con un pistón cuyo peso varía entre 2.5 kg y 4.54 kg. Este método permite determinar la densidad máxima que puede alcanzar el suelo bajo condiciones controladas de compactación, lo cual es esencial para evaluar su comportamiento y aptitud en proyectos de ingeniería civil.

El ensayo del Proctor modificado

Este ensayo se le realiza de acuerdo con las siguientes normas: ASTM D1557/ 1577/ AASHTO T180, método D.

La diferencia que existe entre estos dos métodos de ensayo es la carga aplicada durante la compactación. En el ensayo de Proctor modificado, se utiliza un pistón más pesado que el que se emplea en el ensayo estándar, lo que posibilita ejercer una fuerza mayor sobre el material. Además, la altura desde la cual se deja caer el pistón es mayor en el ensayo modificado, lo que incrementa la energía de compactación impartida al suelo.

Ilustración 34: Prueba Proctor Modificado, Norma ASTM 1577

Tabla 5.3 Especificaciones de la prueba Proctor modificada (Basadas en Norma ASTM Prueba 1577)

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm ³	943.3 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de la caída del martillo	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.75 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

Fuente: (BRAJA M,2013)

7.11.6. CBR

Este método se utiliza para determinar la capacidad de soporte de suelos compactados, como los utilizados en terraplenes, capas estructurales del firme o explanadas, además de servir como criterio para clasificar diferentes tipos de suelos. Las siglas CBR corresponden a

"Californian Bearing Ratio", ya que esta prueba fue desarrollada por el Departamento de Transportes del estado de California antes del inicio de la Segunda Guerra Mundial.

En este ensayo se utiliza la norma ASTM 1883 o la norma UNE 103502.

El ensayo CBR se basa en medir la fuerza necesaria para introducir un pistón circular de $19,35 \text{ cm}^2$ en una muestra de suelo a una velocidad constante de 1,27 mm por minuto, hasta alcanzar la penetración deseada de 2,54 mm. A partir de esta prueba, se calcula el Índice CBR, que representa la relación entre la carga obtenida en el suelo ensayado y la carga registrada al aplicar el mismo procedimiento a una muestra estándar de roca triturada. Este valor se muestra en términos porcentuales.

Este método de ensayo está diseñado para determinar el valor CBR en suelos compactados en laboratorio, y aunque su uso principal es en materiales con partículas de tamaño inferior a 19 mm (3/4 de pulgada), no está restringido únicamente a estos. Cuando se trata de suelos con partículas de mayor tamaño, el procedimiento permite ajustar la gradación del material para que toda la muestra pase por un tamiz de 19 mm, manteniendo constante la proporción total de grava (es decir, el material que pasa por el tamiz de 75 mm, pero queda retenido en el tamiz N° 4 de 4,75 mm). Aunque esta modificación ayuda a evitar errores asociados con la presencia de partículas grandes durante el ensayo, es importante tener en cuenta que las propiedades de resistencia del material ajustado pueden diferir significativamente de las del suelo original.

8. METODOLOGÍA

8.1.Reconocimiento de la vía

Se realizó un reconocimiento de la vía en cuestión, esto con la finalidad de revisar el estado del terreno y las condiciones que existen en la vía para su respectivo diseño.

Este proyecto tiene como objetivo la conexión entre La Ramada (situada en el Cantón Nabón) y el Cantón Girón, con el fin de reducir el tiempo de desplazamiento, mejorar el desarrollo social y económico y garantizando que exista una carretera segura.

Para el diseño de esta carretera sigue la normativa de la MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), así como el Manual de Carreteras y el Código Orgánico del Ambiente. Estas normativas definen directrices técnicas, sociales y ambientales.

Ilustración 35: Reconocimiento, Vía de Estudio



Fuente: Elaboración propia

8.2.Topografía

8.2.1. Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico mediante el dron Matrice 350 RTK, el mismo que utiliza tecnología de posicionamiento RTK (Real- Time Kinematic) con el que se puede obtener datos geospaciales y con una precisión milimétrica, lo cual permite crear modelos en 3D detallados de la topografía.

El levantamiento topográfico se realizó en una franja de terreno que se extiende 14 metros hacia los dos lados desde el eje central de la vía

Pasos para proceder con el levantamiento topográfico:

1. Preparar y verificación del equipo: Antes de iniciar el levantamiento topográfico, es fundamental asegurarse de que todos los dispositivos estén en óptimas condiciones de funcionamiento. Esto incluye revisar que el dron tenga la batería completamente cargada, que los sistemas de navegación y captura de imágenes operen correctamente, y que el receptor RTK esté calibrado y sincronizado adecuadamente. También es importante comprobar que el software de control y recolección de datos esté actualizado y sin errores. Esta etapa garantiza la precisión y eficiencia del trabajo en campo.
2. Planificación del vuelo: Para realizar el levantamiento debemos de verificar el área en el cual se va a trabajar el mismo que ya es cargado anteriormente mediante el Google Earth, para esto se debe de definir como la altitud, la cobertura y también la longitud del vuelo.
3. Vuelo del dron: Al asegurarse que el dron esté listo se procede a encender y proceder al vuelo correspondiente, definido todo el procedimiento el dron captura las nubes de puntos, mediante el RTK mejora la precisión del GPS.
4. Descarga y procesamiento de datos: De la memoria de la cámara se pasan los datos a una computadora, en el que incluirá imágenes, nubes de puntos y del mismo que se obtiene modelos en 3D.
5. Diseño de la vía: Una vez recopilada y procesada la información obtenida durante el levantamiento topográfico, se procede a desarrollar el diseño de la vía. Esta etapa implica la definición del trazado, considerando tanto el alineamiento horizontal como el vertical, y tomando en cuenta las características del terreno. El diseño debe cumplir con los

lineamientos técnicos y normativos establecidos por las autoridades competentes, garantizando así la seguridad, funcionalidad y durabilidad de la infraestructura. Además, se evalúan aspectos como el drenaje, la señalización y otros elementos estructurales necesarios para un adecuado funcionamiento de la vía.

Ilustración 36: Levantamiento Topográfico, Dron LiDAR



Fuente: Elaboración propia

8.2.2. Procesamiento de datos

Una vez finalizado el levantamiento topográfico mediante el uso de un dron equipado con tecnología LiDAR, se procedió con la transferencia de los datos recolectados al equipo de cómputo para su procesamiento. Esta etapa es fundamental, ya que permite transformar la información bruta en productos geospaciales útiles para el análisis y diseño de proyectos de ingeniería o planificación territorial.

Para el procesamiento de los datos se empleó un software especializado y compatible con sistemas LiDAR, como Agisoft Metashape Professional. Esta herramienta ofrece la capacidad de generar productos cartográficos precisos y detallados, tales como modelos tridimensionales del terreno (modelos 3D), ortofotografías de alta resolución y nubes de puntos densas, que representan con exactitud la superficie levantada.

Una vez procesados, los datos se exportaron en formatos compatibles con plataformas de diseño y análisis como Autodesk Civil 3D, siendo el formato LAZ uno de los más utilizados para manejar nubes de puntos provenientes de sensores LiDAR, por su compresión eficiente sin pérdida de precisión.

Posteriormente, se llevó a cabo una revisión minuciosa de la escala y exactitud de los datos importados. Esta verificación incluye el ajuste de coordenadas y la validación del sistema de referencia geoespacial utilizado, con el objetivo de garantizar que toda la información esté correctamente georreferenciada.

8.2.3. Software para el diseño

Para el desarrollo del proyecto de diseño geométrico vial, se hizo uso de una combinación de herramientas especializadas en procesamiento geoespacial y diseño asistido por computadora. Entre los softwares empleados destacan Agisoft Metashape Professional, Global Mapper Pro y Autodesk Civil 3D, cada uno con funciones específicas que, integradas, permitieron optimizar el flujo de trabajo y garantizar la precisión del diseño.

En primer lugar, Agisoft Metashape Professional se utilizó para procesar los datos obtenidos a partir del levantamiento topográfico con dron y sensor LiDAR. Esta aplicación

permitió generar modelos digitales del terreno y ortofotos, que sirvieron como base para la etapa de análisis y diseño.

Posteriormente, Global Mapper Pro se empleó para visualizar, analizar y refinar la información geoespacial, facilitando la conversión de datos y su preparación para su incorporación en entornos CAD.

Finalmente, Autodesk Civil 3D fue la herramienta principal utilizada para llevar a cabo el diseño geométrico de la vía. En esta plataforma se desarrollaron elementos fundamentales del proyecto, como la alineación horizontal, la alineación vertical y los cortes transversales. La integración precisa de estos componentes permitió definir el trazado óptimo de la carretera, considerando parámetros técnicos, normativos y topográficos.

8.3. Ensayos de Laboratorio

8.3.1. Recolección de muestras (Calicatas)

Para este proceso se hizo la recolección de muestras de suelo con intervalos de un kilómetro a lo largo de la carretera, debido que la vía no era tan extensa se necesitó de una sola calicata obtenida en la mitad de la extensión de está siendo esto en la abscisa 12+400km. En la excavación se hizo de una profundidad de 1.00 a 1.80 metros.

El material se utilizó para el análisis en el laboratorio donde se realizaron diversos ensayos, entre los ensayos realizados se incluye el análisis granulométrico, la clasificación de suelos (Limite liquido – Limite plástico), también se encuentra el ensayo del Proctor modificado que permite determinar la relación óptima entre la densidad y humedad, y finalmente el ensayo de CBR el que permite estimar la capacidad de soporte que tiene un suelo y permite verificar si el mismo es adecuado para utilizarse como subrasante, subbase o base.

Ilustración 37: Recolección de Muestras - Calicata



Fuente: Elaboración propia

8.3.2. Granulometría

Obtenido la calicata del terreno, comenzamos con el ensayo de granulometría para esto utilizamos tamices de 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8", N.º 4, 10, 40, 200 y el fondo. Se utilizó 10 kilogramos de material para realizar el presente ensayo.

Con el resultado obtendremos la distribución del tamaño de las partículas del suelo, el porcentaje de grava, arena, finos, y el coeficiente granulométrico (coeficiente de uniformidad C_u , y el coeficiente de curvatura C_c el que indica si el suelo está bien o mal graduado. Realizado el presente ensayo se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 22: Resultado, Ensayo de Granulometría

% ARENAS	85.11
% GRAVAS	13.42
% FINOS	1.47
Coefficiente de uniformidad Cu=	11.792
Coefficiente de gradación Cc=	2.952

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 38: Ensayo de Granulometría



Fuente: Elaboración propia

8.3.3. Límite líquido y límite plástico

Realizado los ensayos de clasificación del suelo obtenemos un índice de plasticidad de 3.35 < 6 y un límite líquido de $21.08 \leq 25$ los cuales cumplen con la normativa.

Tabla 23: Resultado de la Clasificación del Suelo, Índice de plasticidad – Límite líquido

	Resultado	Condición
INDICE DE PLASTICIDAD	3.35	< 6
LÍMITE LIQUIDO	21.08	≤ 25

Fuente: Elaboración propia

Clasificación según la SUCS.

SUCCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS, por sus siglas en inglés) es un sistema estandarizado utilizado para clasificar suelos basado en sus características físicas y comportamentales.

Se tiene un resultado de material de la siguiente manera: Tipo de grano: suelo de grano grueso. Tipo de suelo: Gravas con finos. Grupo: GM. El porcentaje de gravas es de 13.42%, las arenas tienen 85.11%. El material tiene un índice de plasticidad de 3.35. El material se clasifica en el grupo GM como GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS GRAVA - ARENA – LIMO.

Clasificación según la AASHTO.

AASHTO, que significa American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte). La clasificación AASHTO se basa en un sistema numérico que divide los suelos en categorías que van desde los grupos más gruesos hasta los más finos. Esta clasificación es esencial para determinar la idoneidad de un suelo para su uso en proyectos de construcción.

Tabla 24: Resultado de Clasificación, Norma AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el Num. 200)						
Grupo de clasificación	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Num. 10	50 máx						
Num. 40	30 máx	50 máx	51 máx				
Num. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Tabla de resultados, Norma AASHTO

A-1-a	No
A-1-b	Si
A-3	No
A-2-4	Si
A-2-5	No
A-2-6	No
A-2-7	No
A-4	No
A-5	No
A-6	No
A-7	No
A-7-5	No
A-7-6	No

Fuente: Elaboración propia

Obtenemos que nuestro material se clasifica en 2 grupos de suelos, tenemos el A-1-b y el A-2-4.

Como clasificación general: Son suelos granulares.

Tipo de suelo: Arenas con algo de gravas y una pequeña cantidad de finos.

Y se clasifica como buena o regular para utilizarse como subrasante.

Ilustración 39: Ensayo de clasificación del suelo, Limite liquido – Limite plástico



Fuente: Elaboración propia

8.3.4. Proctor Modificado

Obtenido la calicata se realizó el ensayo de Granulometría con el que determinamos la proporción de partículas de los diferentes tamaños que se encuentra en nuestra muestra del material (Arena, grava, arcilla), luego se realizó el ensayo del Proctor Modificado de acuerdo con la norma ASTM D-1557, con este ensayo se determinó la densidad seca óptima y la humedad. Para este ensayo se utilizó el método ‘A’.

Ilustración 40: Método, Prueba Proctor Modificado, Norma ASTM 1577

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm ³	943.3 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de la caída del martillo	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.75 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

Fuente: (Braja M Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica, 4ta edición, 2013)

Tras realizar los ensayos requeridos, se obtuvo los siguientes valores tanto en la densidad máxima y la humedad óptima de la muestra de suelo en cuestión.

Tabla 26: Resultado, Ensayo de Proctor Modificado

Resultados Proctor Modificado		
Calicata		Unidades
Densidad máxima kg/m ³	1.35	kg/m ³

Humedad óptima (%)	14.40	%

Fuente: Elaboración propia

8.3.5. CBR

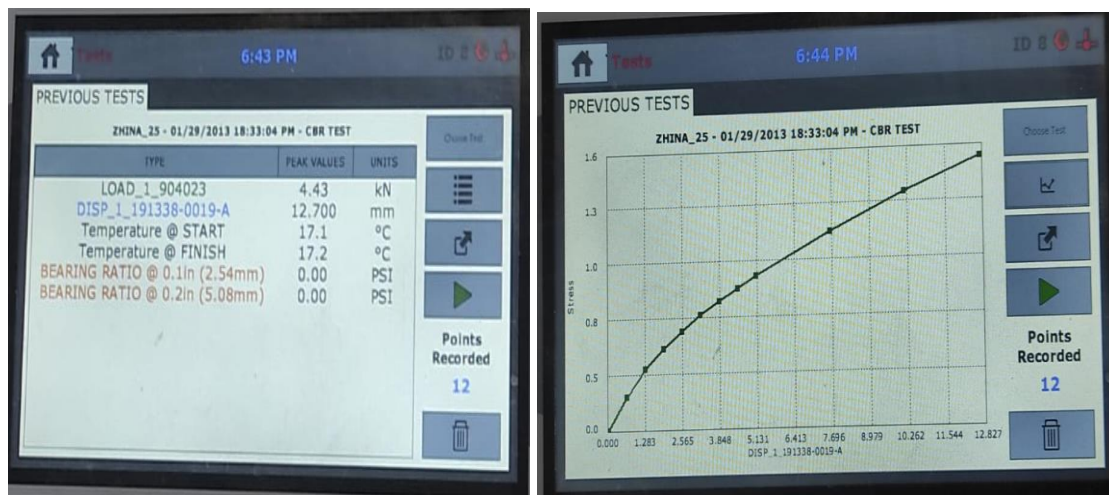
Con los valores obtenidos del ensayo del Proctor Modificado, se realizó el ensayo de CBR (California Bearing Ratio), el presente ensayo es fundamental para determinar la capacidad de resistencia que tiene el suelo, la normativa del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP, 2003) nos indica para que un suelo sea adecuado como subrasante en una vía debe tener un CBR mayor al 6 por ciento (%). Realizado el ensayo se obtuvo como resultado lo siguiente:

Tabla 27: Resultado, Ensayo del CBR

CBR	Densidad máxima seca (g/cm ³)	CBR (%)
100	1.35	11.53
95	1.283	6.56

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 41: Resultados del ensayo de CBR



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 42: Ensayo del CBR



Fuente: Elaboración propia

8.4.Cálculo de Trafico Promedio Diario Anual (TPDA)

8.4.1. Conteo Vehicular

Con el objetivo de determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) en el área de estudio, se llevó a cabo el conteo vehicular durante un período continuo de siete días. Esta actividad se realizó específicamente en el tramo comprendido entre la Ramada y el Río Curiquingue. El registro de datos se efectuó el 25 al 31 de diciembre del año 2023.

El conteo vehicular se realizó diariamente en un horario comprendido entre las 07:00 a las 19:00 horas, abarcando un total de 12 horas continuas. Durante este lapso, se realizó el registro del flujo vehicular, clasificando los vehículos según su tipo (livianos, pesados, motocicletas, entre otros), con el fin de obtener una base de datos representativa.

Este registro constituye una fuente de información clave para el análisis de demanda vehicular y la posterior planificación del diseño vial, ya que el TPDA es un parámetro fundamental en la evaluación de capacidad, dimensionamiento de la vía y proyección de la vida útil del pavimento.

Al finalizar con el conteo vehicular se tiene los siguientes resultados:

Tabla 28: Resumen del Conteo Vehicular

Resumen Conteo Vehicular									
VEHICULOS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	TOTAL	TOTAL, PROMEDIO
AUTOS	23	33	32	43	49	54	32	266	38
BUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUSETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-2D	2	4	4	0	0	0	0	10	2
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOTOS	0	0	0	2	0	0	0	2	1
TOTAL	25	37	36	45	49	54	32	278	41

Fuente: Elaboración propia

Tenemos los resultados del Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)

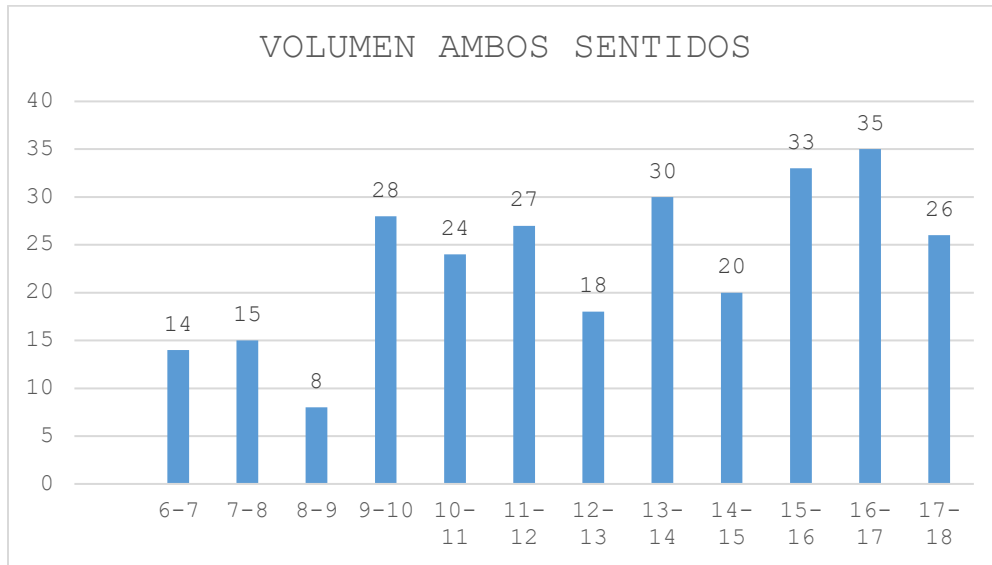
Tabla 29: Volumen Horario de la Máxima Demanda, "VHMD"

VOLUMEN HORARIO DE MAXIMA DEMANDA "VHMD"			
HORA	SENTIDO		AMBOS SENTIDOS
	NORTE-SUR	SUR-NORTE	
06-jul	7	7	14
07-ago	8	7	15
08-sep	8	0	8
09-oct	14	14	28
10-nov	24	0	24
11-dic	14	13	27
dic-13	11	7	18
13-14	13	17	30
14-15	7	13	20
15-16	7	26	33
16-17	15	20	35
17-18	12	14	26
		VHMD =	35 Veh/hora
Hora pico		HORA =	16-17

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del conteo vehicular en las dos direcciones (sentidos) el Volumen Horario de Máxima Demanda VHMD = 35veh/h y con una hora pico entre las 16:00 – 17:00 horas.

Ilustración 43: Volumen de dos Sentidos



Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Resumen Semanal

Resumen Semanal	
Tipo de vehículo	Volumen
AUTOS	266
BUS	0
BUSETA	0
C-2D	10
C-2DB	0
C-3A	0
C-4C	0
V2DE	0
MOTOS	2

Fuente: Elaboración propia

8.4.2. Factor horario (Fh)

Debido a que el conteo que se realizó no cumplió con las 24 horas del día, se debe de realizar una corrección utilizando el Factor Horario (Fh).

Para este cálculo se debe de multiplicar el tráfico Promedio Diario (To) por el factor de corrección que representaría las 24 horas de un día. Obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 31: Factor Horario (Fh)

Factor Horario			
Horas que contiene 1 día =	24	286	
Horas contadas en el mismo día =	12	278	8.34
Fh =	1.03	1.1	Factor horario

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto:

$$Fh = 1.03$$

8.4.3. Factor Diario (Fd)

La Norma de Diseño geométrico de carreteras, sugiere que se debe de realizar el conteo vehicular durante 7 días seguidos. El factor diario se determinará dividiendo los 7 días de la semana para el número de días contados.

Tabla 32: Factor Diario (Fd)

Factor diario		
Día	Número de vehículos	Fd
LUNES	25	1.00
MARTES	37	1.00
MIERCOLES	36	1.00
JUEVES	45	1.00
VIERNES	49	1.00
SABADO	54	1.00

DOMINGO	32	1.00
TOTAL =	278	1.00
TPDS =	39.71	

Fuente: Elaboración propia

$$Fd = \frac{7 \text{ días de la semana}}{\text{Número de días contados}}$$

$$Fd = \frac{7}{7} = 1$$

Por lo tanto:

$$Fd = 1$$

8.4.4. Factor Semanal (Fs)

Para determinar el factor semanal se considera el número de semanas que tiene el mes y tomando en cuenta el mes en específico en el que se hizo el conteo vehicular. En este caso el mes en el que se realizó el conteo corresponde al mes de diciembre.

Tabla 33: Factor de Ajuste Semanal

Factor de ajuste semanal			
MES	N.º DIAS	N.º SEMANAS	FACTOR SEMANAL
Enero	31	4.429	1.107
Febrero	28	4	1
Marzo	31	4.429	1.107
Abril	30	4.286	1.071
Mayo	31	4.429	1.107
Junio	30	4.286	1.071
Julio	31	4.429	1.107
Agosto	31	4.429	1.107
Septiembre	30	4.286	1.071
Octubre	31	4.429	1.107
Noviembre	30	4.286	1.071
Diciembre	31	4.429	1.107
Total	365		

Fuente: Elaboración propia

Al tener la recopilación de los datos de todos los meses y en específico del mes en el que se realizó el conteo vehicular se procede a realizar los cálculos correspondientes. Para determinar el factor semanal se debe de dividir el número de semanas que tiene el mes en estudio para 4.

$$F_s = \frac{4.429}{4}$$

Por lo tanto:

$$F_s = 1.107$$

8.4.5. Factor Mensual (Fm)

Para definir de forma precisa el factor mensual se consultó una tabla de consumo de combustible de la provincia del Azuay del año 2023, basado en los datos entregados por PETROECUADOR E.P, elegimos el mes de diciembre siendo el mes en el que se realizó el conteo de vehículos.

Tabla 34: Consumo de Combustible, 2023

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
TOTAL	51,129,699	7,120,380	37,531,146	95,781,225

COSTO PROMEDIO MENSUAL	7,981,769
Fm	0.91173034

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto:

$$Fm = 0.91173034$$

8.4.6. Factor de expansión (Fe)

Tabla 35: Calculo de Factores de Mayoración para el TPDA, 2024

Tabla: Calculo Factores de mayoración para TPDA 2024								
Factores de corrección	Símbolos	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
Factor Horario	Fh	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Factor Diario	Fd	1	1	1	1	1	1	1
Factor semanal	Fs	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
Factor mensual	Fm	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Factor de expansión	Fe	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11

Fuente: Elaboración propia

La ecuación utilizada para obtener el resultado del factor de expansión es la siguiente:

$$Fe = Fh * Fd * Fs * Fm$$

Donde:

Fh: Factor horario

Fd: Factor diario

Fs: Factor semanal

Fm: Factor mensual

Fe: Factor de expansión

Por lo tanto:

$$F_m = 1.11$$

8.4.7. Cálculo del TPDA

Luego de realizar los cálculos respectivos de los factores necesarios para el cálculo del TPDA, se efectúa los cálculos:

Tabla 36: Resultado del TPDA, 2024

TPDA 2024									
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	TOTAL	TOTAL, PROMEDIO
AUTOS	26	37	36	48	55	60	36	298	43
BUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUSETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-2D	3	5	5	0	0	0	0	13	2
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOTOS	0	0	0	3	0	0	0	3	1
TOTAL	29	42	41	51	55	60	36	314	46
							TPDA₂₀₂₄	46	

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto:

$$TPDA_{2024} = 46 \text{ carros diarios}$$

8.4.8. Proyección de vehículos

Según la MOP tenemos los siguientes factores de conversión, estos son factores que ayudan a minimizar el tipo de vehículo y clasificarlos según el peso:

Tabla 37: Factor de Conversión

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: (MTO, 2003)

También se tiene la intensidad de tráfico estas siendo transformadas a vehículos livianos, el tráfico actual se obtiene multiplicando el No Clases por el factor de transformación, los resultados se presentan en la tabla que se tiene a continuación:

Tabla 38: Intensidad de Tráfico Transformada en Vehículos Livianos

CLASES	No CLASES	FACTOR DE TRANSFORMACION	Trafico actual
Livianos	298	1	298
BUS	0	2	0
BUSETA	0	2.5	0
C-2D, C-2DB, C-3A, C-4C, V2DE	13	3.5	46

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se presenta el crecimiento vehicular obtenido cada 5 años:

Tabla 39: Crecimiento Vehicular cada Cinco Años

TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR CADA 5 años			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2024-2029	2.46%	2.25%	2.25%
2029-2034	2.37%	2.25%	2.25%
2034-2039	2.32%	2.25%	2.25%
2039-2044	2.29%	2.25%	2.25%

Fuente: Elaboración propia

Como último dato se tiene un resumen del tráfico proyectado para el año 2044, los resultados son presentados en la siguiente tabla.

Se utiliza la siguiente ecuación para calcular el TPDA de los siguientes años (2024-2029-2034-2039-2044).

$$Tf = Ta(1 + i)^n$$

Tabla 40: Tráfico Proyectado al Año 2044

CLASE	TPDA (2024)	2024- 2029	n	TPDA 2029	2029- 2034	n	TPDA 2034	2034- 2039	n	TPDA 2039	2039- 2044	n	TPDA 2044
LIVIANOS	300	2.46%	5	339	2.37%	10	380	2.32%	15	537	2.29%	20	845
BUSES	0	2.25%	5	0	2.25%	10	0	2.25%	15	0	2.25%	20	0
CAMIONES	46	2.25%	5	52	2.25%	10	58	2.25%	15	82	2.25%	20	129
TOTAL	346			391			438			619			974

Fuente: Elaboración propia

Existe un TPDA para el año 2044 de 974 vehículos, por lo que nos indica que la vía en estudio que es La Ramada – Rio Curiquingue tiene una vía con clase de carretera tipo III debido a que está en el rango de tráfico proyectado TPDA de 300-1000, según nos indica el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP, 2003). Ilustración 6. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado.

8.5. Número equivalentes ESALs

8.5.1. Clasificación del tráfico

Es el procedimiento de clasificar los vehículos que circulan por una carretera, de acuerdo con sus propiedades físicas (dimensiones, pesos, ejes) y su efecto en el pavimento. Este proceso se emplea para comprender el tipo y la cantidad de carga que una carretera es capaz de soportar. Las categorías más comunes son tres:

Vehículos livianos: Automóviles y motocicletas

Vehículos medianos: Camionetas

Vehículos pesados: Autobuses, vehículos articulados y camiones.

Tabla 41: Clasificación de Tráfico

Clasificación del tráfico								
	TPDA	MOTOS	Livianos	Buses, busetas, buses medianos y grandes	Camiones 2 ejes	Camiones 3 ejes	Camiones grandes, trailers 4,5 y 6 ejes	TOTAL
No.	AÑO	A1	A2	B	C1	C2	C3	
1	2023	0	300	0	46	0	0	346

Fuente: Elaboración propia

8.5.2. Resultado ESALs

Tabla 42: Resultado de ESALs

TIPO	FRECUENCIA	FACTOR CAMION	TASA DE CRECIMIENTO	FACTOR DE CRECIMIENTO	N. ESALs p/diseño	N. ESALs CORREGIDO p/diseño
AUTOS	300	0.001	0.0319	27.827	1,296	1,461
2D	46	0.097	0.0111	22.377	18,233	20,544
TOTAL					19,529	22,004

Fuente: Elaboración propia

Se tiene un resultado para los ejes equivalentes calculado para dos carriles $W_{18} = 22.004$, proyectado para 20 años.

8.6.Diseño Geométrico

8.6.1. Velocidad de diseño

De acuerdo con la normativa vigente emitida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), la vía que conecta La Ramada - Río Curiquingue se ha clasificado como una carretera de categoría III.

Según los estudios de tráfico realizados y con base en las proyecciones de crecimiento vehicular, se ha estimado que el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) alcanzará un valor de 974

vehículos al año 2044. Esta proyección considera tasas de crecimiento demográfico y vehicular esperadas en el área de influencia, así como el potencial de desarrollo económico y social de la región. Debido a que la carretera se encuentra en una zona montañosa se utilizó una velocidad de 40 km/h. Revisar el ANEXOS 16.

8.6.2. Velocidad de circulación

Conforme a lo establecido en el Manual de la MTOP, la velocidad de circulación se define como la velocidad promedio a la que los vehículos se desplazan en condiciones normales de operación. Esta velocidad está determinada por diversos factores, entre los cuales se destacan la clasificación funcional de la vía, el tipo de terreno o relieve, el diseño geométrico de la vía y las condiciones climáticas.

En el caso específico del proyecto vial correspondiente al tramo La Ramada – Río Curiquingue, clasificado como carretera de categoría III, se ha definido una velocidad de diseño de 40 km/h, conforme a los parámetros técnicos recomendados por el MTOP para vías de este tipo, ubicadas en zonas de relieve montañoso y con tránsito vehicular intermedio.

Y la tabla presentada por la MTOP, se tiene una velocidad de circulación de 35 km/h. Este valor refleja la velocidad real a la que los conductores probablemente se desplacen a lo largo del tramo en estudio.

Tabla 43: Velocidad de circulación

VELOCIDAD DE DISEÑO EN	VELOCIDAD DE CIRCULACION EN KM/h		
km/h	VOLUMEN DE TRANSITO BAJO	VOLUMEN DE TRANSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRANSITO ALTO

25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

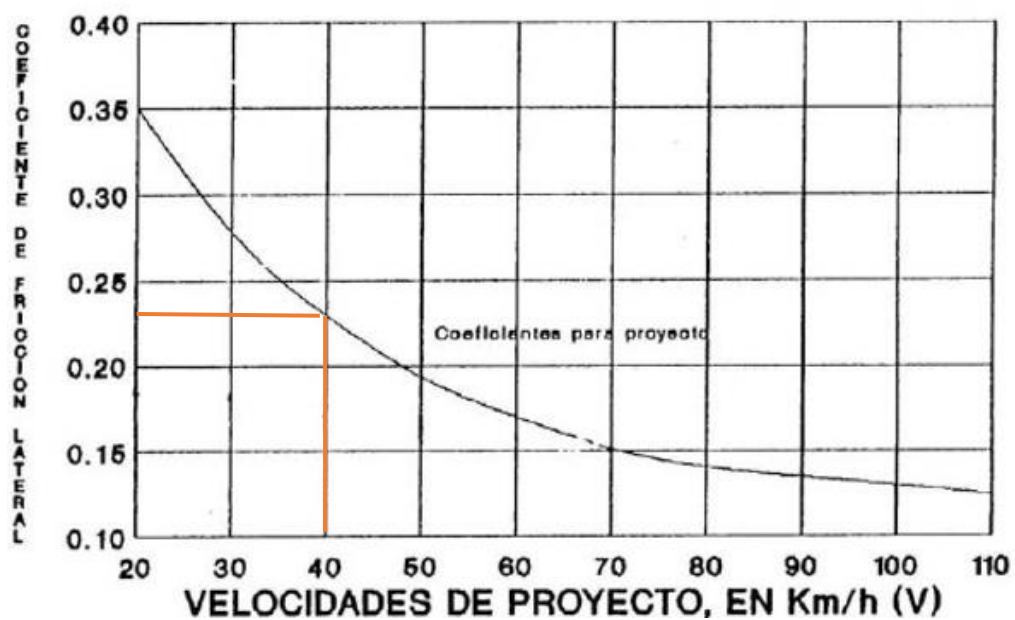
Fuente: (MTOP, 2003)

8.6.3. Diseño Geométrico Horizontal

- **Coeficiente de fricción lateral**

Para determinar este coeficiente de fricción se lo realiza utilizando la siguiente ilustración. Teniendo en cuenta que la velocidad de diseño que se va a utilizar es de 40 km/h, el valor del coeficiente será de 0.237m/m.

Ilustración 44: Coeficiente de fricción lateral



Fuente: (MTOP, 2013)

- **Peralte de la curva**

La infraestructura vial en estudio se clasifica como de categoría III, conforme a los lineamientos establecidos en la Normativa de Diseño Geométrico de Carreteras del MTOP (2003). De acuerdo con esta normativa, el peralte máximo permitido para este tipo de vías es del 10%. No obstante, tras un análisis técnico que consideró variables como la velocidad de diseño, los radios mínimos de curva y las condiciones operativas del tránsito vehicular, se determinó un peralte de 8% que resulta adecuado para las curvas del trazado propuesto.

- **Radio mínimo de la curva**

El radio mínimo calculado fue de 39.74 m; sin embargo, al tratarse de un terreno montañoso y una vía existente, se adopta el valor normativo de 42 m, conforme a lo establecido por el (MTOP, 2003), garantizando así la viabilidad del trazado y la seguridad operativa.

Tabla 44: Radio Mínimo de Curvatura Horizontal

RADIO MINIMO DE CURVATURA HORIZONTAL			
DETALLE	VALORES	UNIDAD	FORMULA
Velocidad de diseño	40,00	Km/h	
Peralte de curva (e)	0,08	m/m	
Coeficiente fricción lateral (f)	0,237		
Radio Mínimo horizontal	39,74	m	$R = \frac{V^2}{127 * (e + f)}$
Radio Asumido	42,00	m	

Fuente: Elaboración propia

- **Sobreancho**

Según la normativa del MTOP (2003), se establece un sobreancho mínimo de 30 cm para velocidades ≤ 50 km/h y de 50 cm para velocidades > 50 km/h. Dado que la vía se desarrolla en una zona montañosa con pendientes pronunciadas y limitaciones presupuestarias, se adopta un

sobreancho de 50 cm. Así, cada carril de 3,00 metros alcanza un ancho operativo de 3,50 metros, resultando en una sección de calzada de 7,00 metros.

- **Distancia de visibilidad de parada y del rebasamiento**

De acuerdo con la vía en estudio se clasificaba de tipo III y los valores establecidos por el MTOP, se requiere una distancia mínima de visibilidad para parada de 40m y una distancia de visibilidad para rebase de 270 m, conforme a los parámetros recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales.

Tabla 45: Valores de Diseño para Distancias de Visibilidad Mínimas para Paradas de un Vehículo (m)

VALORES DE DISEÑO DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MINIMAS PARA PARADA DE UN VEHICULO (m)							
Clasificación de carretera en función del tráfico proyectado		Valor recomendable			Valor Absoluto		
Clase de carretera	TPDA	L	O	M	L	O	M
R-1 o R-II	Mas de 8000	220	180	135	180	135	110
I	De 3000 a 8000	180	160	110	160	110	70
II	De 1000 a 3000	160	135	90	135	110	55
III	De 300 a 1000	135	110	70	110	70	40
IV	De 100 a 300	110	70	55	70	35	25
V	Menos de 100	70	55	40	55	35	25

Fuente: (MTOP, 2003)

Tabla 46: Valores de Diseño para Distancias de Visibilidad Mínimas para Rebasamiento de un Vehículo

VALORES DE DISEÑO DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MINIMAS PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO (m)		
Clasificación de carretera en función del tráfico proyectado	Valor recomendable	Valor Absoluto

Clase de carretera	TPDA	L	O	M	L	O	M
R-1 o R-II	Mas de 8000	830	830	640	830	640	565
I	De 3000 a 8000	830	690	565	690	565	415
II	De 1000 a 3000	690	640	490	640	565	345
III	De 300 a 1000	640	565	415	565	415	270
IV	De 100 a 300	480	290	210	290	150	110
V	Menos de 100	290	210	150	210	150	110

Fuente: (MTOP, 2003)

8.6.4. Diseño vertical

- **Curvas verticales convexas, longitud**

Tabla 47: Valores de Diseño de Coeficiente "K", para Calcular la Longitud de las Curvas Verticales Convexas Mínimas

CURVAS VERTICALES CONVEXAS MINIMAS			
Velocidad de diseño	Distancia de Visibilidad para parada "S"	Coeficiente $K=S^2/426$	
Kph	m	Calculado	Redondeado
20	20	0,939	1
25	25	1,467	2
30	30	2,113	2
35	35	2,876	3
40	40	3,756	4
45	50	5,869	6
50	55	7,101	7
60	70	11,502	12
70	90	19,014	19
80	110	28,404	28
90	135	42,782	43
100	160	60,094	60
110	180	76,056	80
120	220	113,615	115

Fuente: (MTOP, 2003)

Utilizando los datos de la tabla y la velocidad de diseño, tenemos un coeficiente K de 4, con lo que se procede a realizar el cálculo para obtener la longitud mínima.

$$L_{min} = 0.60 * V$$

$$L_{min} = 0.60 * 40$$

$$L_{min} = 24 \text{ m}$$

- **Curvas verticales cóncavas**

Tabla 48: Valores Mínimos de Diseño del Coeficiente "K", para Curvas Verticales Convexas Mínimas

CURVAS VERTICALES CONCAVAS MINIMAS			
Velocidad de diseño	Distancia de Visibilidad para parada "S"	Coeficiente $K=S^2/122+3.5$ S	
Kph	m	Calculado	Redondeado
20	20	2,08	2
25	25	2,98	3
30	30	3,96	4
35	35	5,01	5
40	40	6,11	6
45	50	8,42	8
50	55	9,62	10
60	70	13,35	13
70	90	18,54	19
80	110	23,87	24
90	135	30,66	31
100	160	37,54	38
110	180	43,09	43
120	220	54,26	54

Fuente: (MTO, 2003)

8.7.Diseño de Pavimento Flexible

El diseño del pavimento flexible se realizó conforme al método AASHTO, determinando los espesores óptimos de las capas que lo componen: capa de rodadura, base y subbase. Este procedimiento considera variables como el tráfico proyectado, cargas aplicadas, condiciones climáticas, capacidad portante del suelo y características de los materiales, con el fin de garantizar una solución duradera.

Tabla 49: Datos para la Evaluación del Pavimento Flexible, Método ASSHTO

Datos para la evaluación de un Pavimento Flexible según el método de la ASSHTO	
Periodo de diseño (años)	20
N. ESALs	22004.00
CBR (%)	6.56
Mr (Mpa)	65.60
Valor Subrasante impuesta (Psi)	9840.00
Calidad de drenaje	Buena
términos para remoción del agua	1 día
% de tiempo de exposición de estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación (mi)	1.225
Datos ingresados al programa del ASSHTO 93	
Modulo E (Psi)	475000
Pavimento Flexible (ai - coeficiente estructural)	0.45
CBR Base (80%)	0.134
CBR Base (30%)	0.107
Confiabilidad Zr (90%)	-1.282
Desviación estándar	0.45
Perdida de serviciabilidad inicial	4.20
Perdida de serviciabilidad final	2.50
Serviciabilidad	1.70
Módulo de Subrasante	9840.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50: Resumen del Cálculo del Pavimento Flexible, Capas

CAPAS	mi	ai		MODULOS (psi)	SN		SN POR CAPA	
SUPERFICIE	1.100	1	0.45	475000	1	1.02	1	1.021
BASE	1.100	2	0.134	28550	2	1.39	2	0.367
SUB-BASE	1.100	3	0.107	14690	3	1.42	3	0.031
SUBRASANTE				9840.00				1.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Resumen del Cálculo del Pavimento Flexible, Espesores

ESPESOR (PULG)		ESPESOR * (PULG)		SN*		ESPESOR FINAL (PULG)		CM
1	2.26	1	3.00	1	1.36	1	3.000	8
2	0.19	2	0.39	2	0.06	2	3.937	10
3	-0.02	3	-0.39	3	-0.05	3	-0.394	-1
					1.37		6.54	17

Fuente: Elaboración propia

Debido a que los resultados de los espesores no cumplen con la normativa de diseño, en la siguiente tabla se justifica y se ajusta los espesores mínimos.

Tabla 52: Resultados de Cálculos, con Valores de Diseño Recomendado

CAPAS	DATOS HOJA DE CALCULO			DATOS FINALES RECOMENDADO NORMA	
	ESPESOR FINAL (PULG)		CM	ESPESOR FINAL (PULG)	CM
SUPERFICIE	1	3.000	8	3.00	7.62
BASE	2	3.937	10	5.91	15
SUB-BASE	3	-0.394	-1	5.91	15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53: Resultado, Diseño de la Representación de Capas

Carpeta Asfáltica	3	plg
Base	15	cm
Subbase	15	cm

Fuente: Elaboración propia

8.8.Drenaje vial

El diseño del sistema de drenaje vial tiene como finalidad la recolección, conducción y evacuación eficiente de las aguas superficiales y subsuperficiales, con el propósito de preservar la estabilidad estructural y la operatividad segura de la infraestructura vial. Para su dimensionamiento, se consideraron los elementos de drenaje longitudinal y transversal, en cumplimiento con el diseño geométrico del proyecto y la normativa técnica aplicable en el Ecuador.

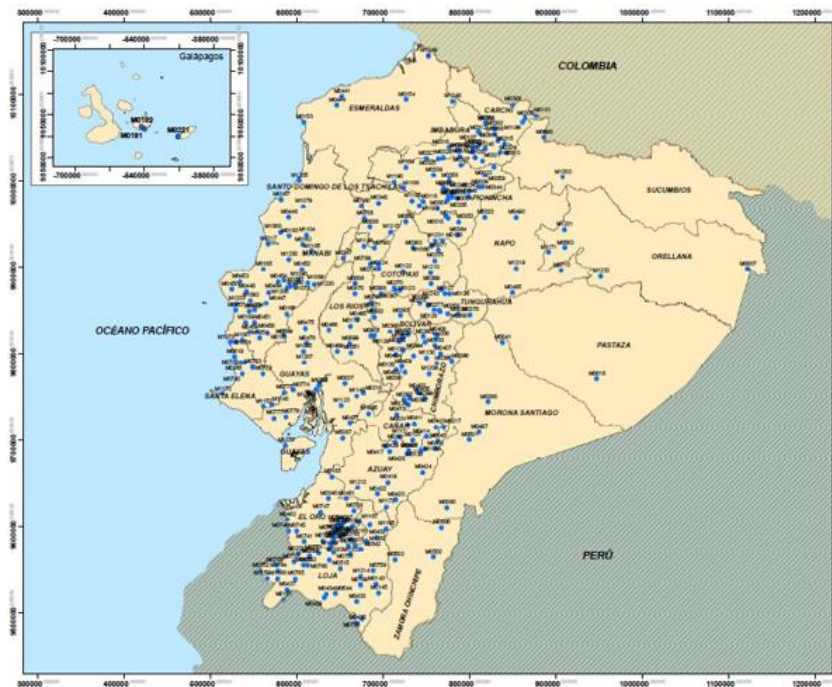
8.8.1. Estudio hidrológico

Se realizó el análisis hidrológico utilizando información proveniente de los anuarios meteorológicos del INAMHI, lo cual permitió estimar los valores de precipitación y escorrentía generada en la zona. Estos parámetros son esenciales para el cálculo de caudales de diseño y el dimensionamiento de las obras de drenaje. Como parte del proceso, se definió el área de aporte hidráulico, delimitando las cuencas hidrográficas que contribuyen al flujo superficial hacia la vía.

8.8.2. Estación meteorológica

La estación meteorológica del INAMHI constituye una unidad operativa encargada del registro sistemático y análisis de variables meteorológicas y climáticas. Su funcionamiento permite recopilar información precisa sobre las condiciones del clima en distintas zonas geográficas del país.

Ilustración 45: Mapa de Ubicación de Estaciones Meteorológicas Anuarios, (1995-2013)



Fuente: (INAMHI, 2015)

Para el diseño de este proyecto se utilizó los datos históricos de la precipitación de la siguiente estación por ser la más cercana al sitio de estudio y por contar con la información necesaria para realizar el cálculo de intensidad de precipitación:

Tabla 54: Datos de la Estación

Datos	
Nombre de Estación:	Girón
Estación:	MO419
Ubicación	
Latitud:	3°9'14''S
Longitud:	79°8'58''W
Altitud:	2130 msnm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55: Anuarios meteorológicos

Años	Nº	INSTIT. PROPIET
1995	35-1995	INAMHI
1996	36-1996	INAMHI
1997	37-1997	INAMHI
1998	38-1998	INAMHI
1999	39-1999	INAMHI
2000	40-2000	INAMHI
2001	41-2001	INAMHI
2002	42-2002	INAMHI
2003	43-2003	INAMHI
2004	44-2004	INAMHI
2005	45-2005	INAMHI
2006	46-2006	INAMHI
2007	47-2007	INAMHI
2008	48-2008	INAMHI
2009	49-2009	INAMHI
2010	50-2010	INAMHI
2011	51-2011	INAMHI
2012	52-2012	INAMHI
2013	53-2013	INAMHI

Fuente: Elaboración propia, Basado en (INAMHI, 2003)

8.8.3. *Diseño de obras de drenaje*

- **Periodo de retorno (Tr)**

El período de retorno, conforme a la normativa del MTOP, se define como el intervalo de tiempo estadístico, expresado en años, que representa la probabilidad de ocurrencia de un evento hidrológico, como una lluvia intensa, con una determinada magnitud o mayor. Este parámetro se utiliza como base para el dimensionamiento de obras hidráulicas y de drenaje, garantizando que estas estructuras puedan responder de manera segura y eficiente ante precipitaciones de alta intensidad, según el nivel de riesgo aceptable y la categoría funcional de la vía. Cuanto mayor es el período de retorno considerado, mayor es el grado de protección frente a eventos extremos, aunque también implica mayores costos de construcción.

Conforme a lo establecido en la normativa del MTOP (2003), la estimación del caudal pico de escorrentía sobre la corona vial y el talud del corte, por metro lineal, y se determinara considerando un período de retorno de 100 años y una duración de lluvia entre 20 y 30 minutos de duración.

- **Tiempo de concentración**

El tiempo de concentración o tiempo de recorrido de la escorrentía superficial, correspondiente al trayecto de una gota de agua desde el punto más alejado de la cuenca de aporte hasta el punto de salida, se ha estimado 30 minutos como valor mínimo de referencia para este proyecto.

- **Intensidad máxima de precipitación**

Para el diseño del sistema de drenaje, se determinó la intensidad máxima de precipitación utilizando los datos de estaciones meteorológicas del INAMHI cercanas al proyecto. Con base en el tiempo de concentración y el período de retorno, se aplicó la ecuación de intensidad de precipitación en mm/h.

Ilustración 46: Datos Mensuales de la Precipitación Máxima en las 24 horas

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 47: Resumen de Regresión Potencial

Resumen de aplicación de regresión potencial			Regresión potencial						
Periodo de	Término ctte. de	Coef. de	Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
Retorno (años)	regresión (d)	regresión [n]	1	2	874.2330	0.6931	6.7733	4.6949	0.4805
2	874.233	-0.6164	2	5	1174.6738	1.6094	7.0687	11.3767	2.5903
5	1174.674	-0.6164	3	10	1373.5917	2.3026	7.2252	16.6366	5.3019
10	1373.592	-0.6164	4	25	1624.9250	3.2189	7.3932	23.7978	10.3612
25	1624.925	-0.6164	5	50	1811.3785	3.9120	7.5018	29.3474	15.3039
50	1811.378	-0.6164	6	100	1996.4551	4.6052	7.5991	34.9953	21.2076
100	1996.455	-0.6164	6	192	8855.2571	16.3412	43.5615	120.8487	55.2453
Promedio	1475.876	-0.6164	Ln (K) =	6.7004	K =	812.7695	m =	0.2055	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Ecuación de Resultante

COEFICIENTE DE LA CURVA IDF		$I = \frac{k * T^m}{t^n}$
k	812.7695	
m	0.20554	
n	0.61639	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 48: Intensidad Máxima en mm/h

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

Con el tiempo de concentración y el período de retorno definidos, se obtuvo una intensidad de precipitación máxima de 257,38 mm/h, valor que se empleará en el cálculo de caudales para el diseño del drenaje.

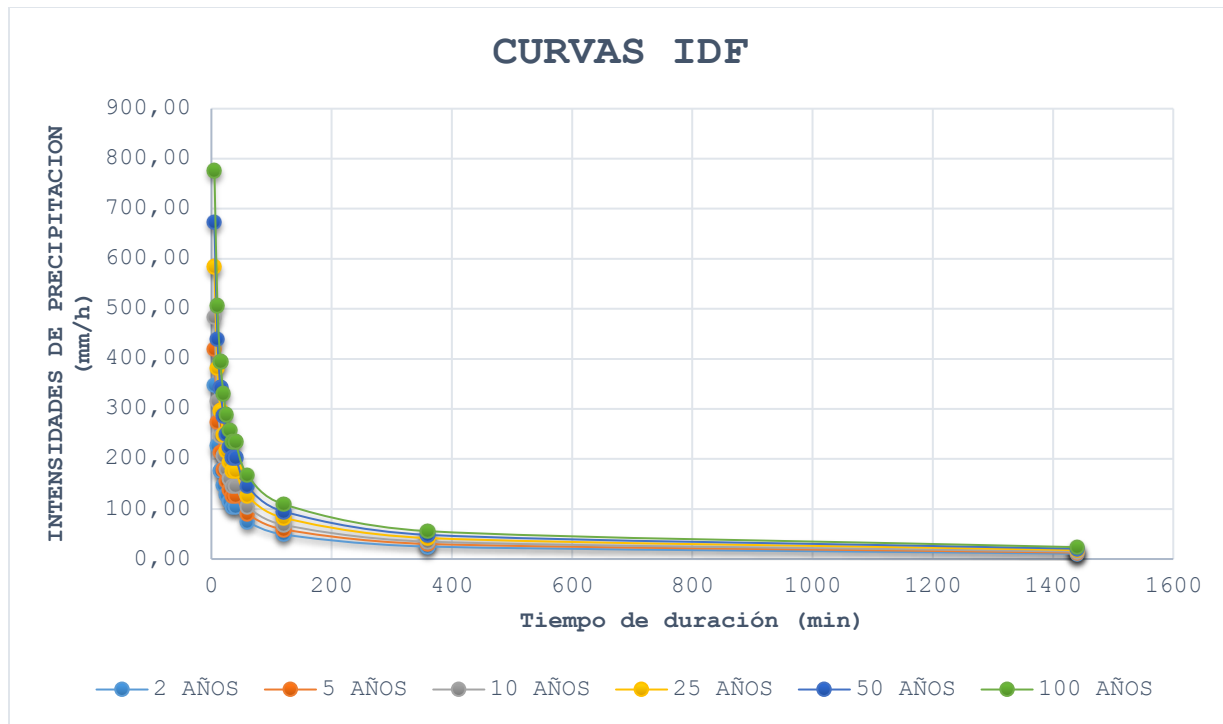


Gráfico 1: Curva IDF, Fuente: Elaboración propia

- **Área de aporte**

Para el cálculo de áreas de aporte en el tramo comprendido entre las abscisas 11+500 km y 13+000 km (longitud total de 1.500 m), se utilizó Google Earth Pro.

El factor que se consideró al realizar el diseño de las cunetas fue verificar que no exista erosión, debido a ello se consideró que la distancia de una alcantarilla a otra fuera de 200 metros, también se aplicó un rango de velocidad de flujo de agua de 4.5 – 7.5 m/s, según datos obtenidos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP, 2003).

Tabla 57: Áreas de Aporte

Inicio de tramo	11+500	km	Fin de tramo	13+300	km
Áreas de Aporte					
Ítem	Abcisas	A. aporte	U	A. aporte	U
1	12+000	43,037.00	m2	0.043037	km 2
2	12+300	15,723.00	m2	0.015723	km 2
3	12+800	14,618.00	m2	0.014618	km 2
4	13+250	41,819.00	m2	0.041819	km 2
Área Total		115,197.00	m2	0.115197	km 2

Fuente: Elaboración propia

8.8.4. Coeficiente de escorrentía

Ilustración 49: Coeficiente de Escorrentía "C"

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	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: (MTOP, 2003)

Se asume un coeficiente de escorrentía de 0.50, debido a que la zona de estudio tiene una pendiente de 20% y tiene pastos de vegetación ligera.

8.8.5. Caudal de diseño

El caudal de diseño para las cunetas se calcula considerando la intensidad de precipitación, el área de aporte, la pendiente y el coeficiente de escorrentía, asegurando un manejo seguro del flujo pluvial. Para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q: Caudal máximo, m³/s

C: Coeficiente de escorrentía

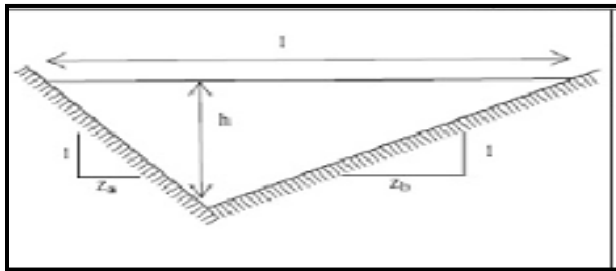
I: intensidad de lluvia de diseño

A: Área de la cuenca, km²

8.8.6. Diseño de cunetas

Se seleccionó una cuneta triangular para el diseño vial, debido a su eficiencia hidráulica y simplicidad constructiva. Este tipo de sección es ideal para pequeños caudales y considera parámetros como caudal, pendiente, taludes y capacidad de conducción.

Ilustración 50: Diseño de Cuneta Triangular



Fuente: Google, imagen recortada

8.8.7. Velocidad de flujo

El revestimiento de la cuneta influye en la velocidad del flujo. Para este diseño se utilizó un material de hormigón, material que permite velocidades de hasta 7.5 m/s.

Tabla 58: Velocidades de Agua que Erosiona en Diferentes

Material	Velocidad	Material	Velocidad m/s
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2.00
Arcilla arenosa	0.50	Grava gruesa	3.50

Arcilla ordinaria	0.85	Zampeado	3.4 - 4.5
Arcilla firme	1.25	Roca sana	4.5 - 7.5
Grava fina	2.00	Hormigón	4.5 - 7.5

Fuente: (MTOP, 2003)

Tabla 59: Diseño de Cunetas, Velocidad de Flujo

Diseño de cunetas													
									Caudal de diseño			V	Vmax
Tramo	Abscisa	Ubicación	S	Za	Zb	n	h (m)	l (m)	Qc (m3/s)	Qd (m3/s)	Qc>Qd	(m/s)	7.5 (m/s)
1	11+500	IZQUIERDA	0.1	4	2	0.015	0.30	1.80	1.546	1.538	OK	5.725	OK
	12+000	DERECHA	0.1	4	2	0.015	0.30	1.80	1.546	1.538	OK	5.725	OK
2	12+000	IZQUIERDA	0.1	3	2	0.015	0.30	1.50	1.272	0.562	OK	5.655	OK
	12+300	DERECHA	0.1	3	2	0.015	0.30	1.50	1.272	0.562	OK	5.655	OK
3	12+300	IZQUIERDA	0.1	3	2	0.015	0.30	1.50	1.272	0.523	OK	5.655	OK
	12+800	DERECHA	0.1	3	2	0.015	0.30	1.50	1.272	0.523	OK	5.655	OK
4	12+800	IZQUIERDA	0.1	4	2	0.015	0.30	1.80	1.546	1.495	OK	5.725	OK
	13+250	DERECHA	0.1	4	2	0.015	0.30	1.80	1.546	1.495	OK	5.725	OK

Fuente: Elaboración propia

8.9. Alcantarillas

El diseño de alcantarillado bajo la norma EMAAP-Q (2009) tiene como objetivo definir los parámetros necesarios para construir un sistema eficiente de recolección y drenaje de aguas residuales, garantizando su capacidad futura, durabilidad y correcto funcionamiento operativo.

8.9.1. Ubicación

a. Cruces de agua natural

Se deben ubicar en puntos bajos donde ríos, quebradas o canales naturales crucen la vía, aprovechando el flujo natural.

b. Pendientes de terreno

Instalar en depresiones o zonas donde se concentra la escorrentía.

c. Drenaje longitudinal

Permiten el paso del agua acumulada en cunetas para evitar estancamientos y desbordes.

d. Control de erosión

Garantizar una salida del flujo que no genere daños en taludes ni en la infraestructura.

e. Espaciamiento

La separación entre alcantarillas debe ajustarse al caudal, pendiente y normativa vigente (como la del MTOP).

f. Mantenimiento

Deben colocarse en lugares accesibles para facilitar su limpieza e inspección.

g. Condiciones del entorno

Evitar interferencias con redes subterráneas, estructuras existentes o suelos inestables.

8.9.2. Pendiente

La pendiente debe mantenerse dentro límites adecuados para evitar tanto la erosión por alta velocidad como la sedimentación por baja inclinación. Según el MTOP, se recomienda una pendiente máxima del 5%.

8.9.3. Longitud

La longitud de la alcantarilla debe diseñarse según el ancho de la vía, la pendiente y las protecciones, para evitar la acumulación de sedimentos que bloqueen sus entradas y salidas.

8.9.4. Velocidad en la alcantarilla

El diseño considera la velocidad máxima permitida para evitar erosión, la cual depende del material de la tubería y la cantidad de partículas sólidas en el agua. Para su evaluación se utiliza el caudal máximo, considerando si el tubo está lleno total o parcialmente.

Tabla 60: Velocidades Máximas de las Alcantarillas

TABLA N. 5-3-15-1	
Material de la tubería	Velocidad máxima (m/seg)
Tubería de hormigón simple hasta 60cm, de diámetro	4.5
Tubería de hormigón armado de 60cm, de diámetro o mayores	6
Hormigón armado en obra para grandes conducciones 210/240 kg/cm ²	6.0 - 6.5
hormigón armado en obra 280/350 kg/cm ² , Grandes conducciones	7.0 - 7.5
PEAD, PVC, PRFV	7.5
Acero*	9.0 o mayor
Hierro dúctil o fundido*	9.0 o mayor
* A ser utilizado en rápidas y/o tramos cortos	

Fuente: (EMAAP-Q, 2009)

8.9.5. Diseño de drenaje transversal

El diseño hidráulico de la alcantarilla se basa en controlar pendiente, diámetro y rugosidad para asegurar su funcionamiento y durabilidad. En este proyecto se optó por alcantarillas circulares de PVC, por su fácil instalación y mantenimiento, adecuadas para vías de bajo tránsito, siempre cumpliendo con las normas de calidad.

8.9.6. Cuencas aportación para alcantarillado

Para el diseño hidráulico de la alcantarilla se consideraron las áreas de aporte de las cuencas del tramo, basadas en el diseño geométrico y las características de escorrentía. Se propone instalar 8 alcantarillas, cuyos detalles se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 61: Diámetros de Alcantarillas

Diseño de cunetas para drenaje longitudinal, Diámetro de alcantarilla															
									Caudal de diseño			V	Vmax	Diámetro de tubería	
Tramo	Abscisa	Ubicación	S	Za	Zb	n	h (m)	l (m)	Qc (m ³ /s)	Qd (m ³ /s)	Qc>Qd	(m/s)	7.5 (m/s)	D. Diseño (mm)	D. Comercial (mm)
1	11+500	IZQUIERDA	0.1	4	2	0.015	0.30	1.80	1.546	1.538	OK	5.725	OK		
	12+000	DERECHA	0.1	4	2	0.015	0.30	1.80	1.546	1.538	OK	5.725	OK	586	750.00
2	12+000	IZQUIERDA	0.1	3	2	0.015	0.30	1.50	1.272	0.562	OK	5.655	OK		

3	12+300	DERECHA	0.1	3	2	0.015	0.30	1.50	1.272	0.562	OK	5.655	OK	535	750.00
	12+300	IZQUIERDA	0.1	3	2	0.015	0.30	1.50	1.272	0.523	OK	5.655	OK		
4	12+800	DERECHA	0.1	3	2	0.015	0.30	1.50	1.272	0.523	OK	5.655	OK	535	750.00
	12+800	IZQUIERDA	0.1	4	2	0.015	0.30	1.80	1.546	1.495	OK	5.725	OK		
	13+250	DERECHA	0.1	4	2	0.015	0.30	1.80	1.546	1.495	OK	5.725	OK	586	750.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62: Distancia entre Alcantarillas y Disipadores

Inicio de tramo		11+500	km	Fin de tramo		13+300	km
Distancia entre alcantarillado o Disipador							
Ítem	Abscisas	Distancia	U	Dirección de Salida	Área de aporte	U	Forma
1	12+000	500	m	Derecha	0.043037	km 2	Disipador
2	12+300	300	m	Derecha	0.015723	km 2	Alcantarillado
3	12+800	500	m	Derecha	0.014618	km 2	Alcantarillado
4	13+250	450	m	Izquierda	0.041819	km 2	Disipador
Área Total					0.115197	km 2	

Fuente: Elaboración propia

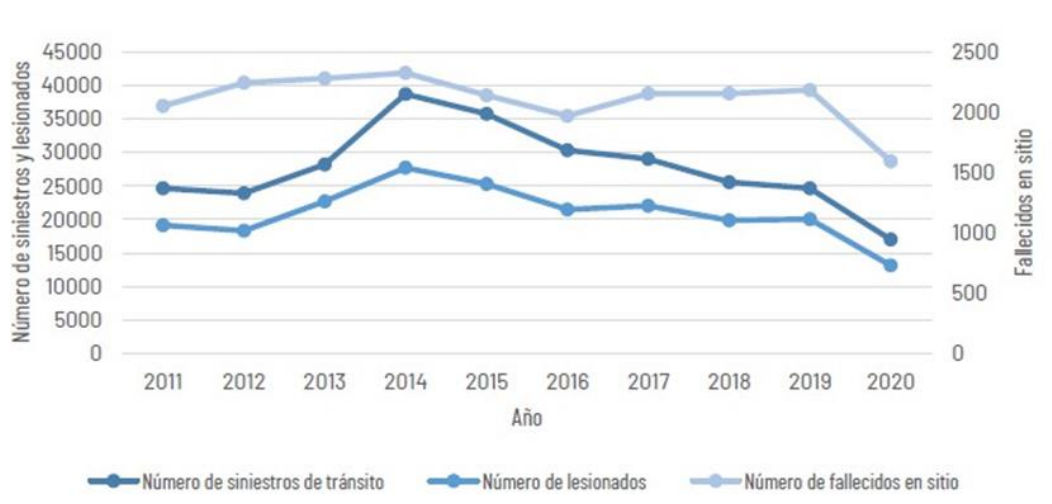
8.10. Seguridad vial y señalización

8.10.1. Seguridad vial

La seguridad vial está respaldada por leyes y normativas que buscan reducir accidentes y proteger a los usuarios. La Ley de Tránsito regula los deberes de conductores, peatones y pasajeros, mientras que la ANT y la CTE supervisan su cumplimiento. Entre los aspectos fundamentales para garantizar vías seguras se incluyen:

1. Respetar los límites de velocidad
2. Usar cinturón de seguridad
3. Evitar el consumo de alcohol o drogas al conducir
4. Garantizar la correcta circulación de peatones y ciclistas
5. Aplicar sanciones por incumplimientos
6. Promover la educación vial
7. Planificar infraestructuras seguras.

Ilustración 51: Total, Siniestros, Lesionados y Fallecidos en el Sitio en Ecuador (año 2011 - 2020)



Fuente: (ANT, 2020)

8.10.2. Señalización vial

El objetivo principal es garantizar condiciones adecuadas de seguridad vial y una correcta orientación para los usuarios de la vía, se ha adoptado como referencia la normativa ecuatoriana INEN, la cual establece los lineamientos técnicos que deben cumplir los dispositivos de control de tránsito. Esta norma define tanto los requisitos mínimos que deben observarse en la implementación de la señalización como los principios que rigen su uso, con el fin de fomentar la seguridad y promover una circulación eficiente en la red vial del país.

Distancias indicadas en la señalización informativa:

- Para distancias ≤ 500 metros, se utilizan intervalos de 50 metros, lo cual mejora la legibilidad y precisión de la información proporcionada, especialmente en zonas donde se requiere una rápida toma de decisiones.

- Para distancias de 500 metros y 1 kilómetro, se emplean incrementos de 100 metros, lo que permite anticipar eventos relevantes con suficiente antelación en tramos intermedios.
- En el caso de distancias $\geq$ a 1 kilómetro, se deben de redondean al kilómetro más cercano, con el propósito de simplificar la información mostrada en las señales y facilitar su rápida comprensión por parte del conductor.

Este enfoque permite una señalización coherente, estandarizada y eficaz, que cumple con los objetivos de seguridad vial y funcionalidad establecidos para el diseño del proyecto. Revisar el ANEXO 15. Señalización vial.

8.11. PRESUPUESTO

Para la elaboración del presupuesto correspondiente al diseño geométrico y estructural de la vía ubicada entre las Abscisa 11+500 al 13+000 km, en el cantón Girón, provincia del Azuay, se utilizó como base la información generada a partir del modelado y análisis en Autodesk Civil 3D.

Para la estimación del presupuesto total, se aplicó la metodología de análisis de precios unitarios, considerando tanto los costos directos como los indirectos, en función de la realidad económica y logística del sector. Se tomó en cuenta la ubicación geográfica del proyecto, el acceso a materiales, la disponibilidad de mano de obra y los costos asociados al transporte y maquinaria.

En este sentido, se recurrió al análisis comparativo de obras similares ejecutadas en la región, especialmente aquellas desarrolladas por entidades públicas como la Prefectura del Azuay, Asfaltar E.P.

Tabla 63: Resultado del Presupuesto Referencial

Vía La Ramada – Río Curiquingue, desde la Abcisa 11+500 a Abcisa 13+300 km						
PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1		OBRAS PRELIMINARES				461,604.39
1.1	500004	Replanteo y nivelación de vías	ml	1,800.00	3.50	6,300.00
1.2	500010	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	39,699.93	1.96	77,811.86
1.3	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	198.50	12.53	2,487.20
1.4	500001	Cargado de material con cargadora	m3	51,867.96	1.37	71,059.10
1.5	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	51,867.96	2.22	115,146.87
1.6	500003	Sobre acarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-km	726,151.40	0.26	188,799.36
2		ESTRUTURA VIAL				335,130.95
2.1	500005	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	12,600.00	1.31	16,506.00
2.2	500006	Pedraplén, conformación y compactación con equipo pesado	m3	126.00	25.01	3,151.26
2.3	500040	Subbase conformación y compactación con equipo pesado	m3	1,890.00	29.69	56,114.10
2.4	500041	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	1,890.00	35.93	67,907.70
2.5	500011	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	12,600.00	1.22	15,372.00
2.6	500039	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	12,600.00	13.96	175,896.00
2.7	500013	Brocal de hormigón para pozos (h=20cm) y tapa (h=10cm) cónicos, D=700mm, Tipo A	u	1.00	105.35	105.35
2.8	500017	Recuperación de pozo, d = 600 mm	u	1.00	78.54	78.54
3		DRENAJES VIAL				43,756.02
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	55.00	3.64	200.20
3.3	500001	Cargado de material con cargadora	m3	92.00	3.50	322.00
3.4	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	200.00	2.22	444.00
3.5	500003	Sobre acarreo 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	60.34	1.55	93.53
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		Hormigón simple f'c: 210kg/cm2 para cunetas triangulares h= 20cm e:10cm. (inc. Encofrado y desenco0frado)	m3	281.08	29.09	8,176.62
3.10	512001	Encofrado metálico para cunetas	ml	1,800.00	4.62	8,316.00
3.11	512005	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	156.00	10.21	1,592.76

3.12	DN1035	Tubería circular PVC D=1035mm para alcantarillas (inc. material fino para encamado e: 10cm, material para apostillado y relleno inicial)	ml	22.00	431.76	9,498.72
3.13	DN840	Tubería circular PVC D=840mm para alcantarillas (inc. material fino para encamado e: 10cm, material para apostillado y relleno inicial)	ml	14.00	389.17	5,448.38
4		SEÑALIZACION				14,197.24
4.1	500018	Señalización vertical	u	4.00	148.76	595.04
4.2	500019	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	ml	5,400.00	1.60	8,640.00
5		MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES				2,481.10
	550A3O	Alquiler de baterías sanitarias móvil, incluye instalación, desinstalación y accesorios	u	2.00	310.46	620.92
5.1	500028	Letrero metálico de información del Proyecto	u	2.00	484.84	969.68
5.2	500020	Señalización con cinta	ml	200.00	0.23	46.00
5.3	500021	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	20.00	6.46	129.20
5.4	500022	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	50.00	0.29	14.50
5.5	500023	Difusión Social	global	1.00	700.80	700.80
SUBTOTAL						857,169.70
IVA					15%	128,575.46
TOTAL						985,745.16

Fuente: Elaboración propia

9. CONCLUSIÓN

El presente documento explica el diseño geométrico y estructural que se llevó a cabo en la abscisa 11+500 hasta 13+000 km, que corresponde a la vía la Ramada – Rio Curiquingue, perteneciente a Girón, provincia del Azuay. Para el diseño geométrico se empleó la norma del Ministerio de Transporte y obras públicas (MTOP, 2003), y para el diseño de pavimento flexible se utilizó la norma American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993).

Para el diseño se consideró una velocidad de circulación de 40km/h y el volumen de tránsito intermedio fue de 35km/h, debido a que se clasificó como una vía de clase III (300 – 1000 TPDA) y al ser una zona montañosa.

Se obtuvo un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) proyectado a 20 años, dándonos 974 vehículos, debido a esto la vía se establece como clase III como se mencionó anteriormente. Se

tiene un ancho de pavimento de 6 metros y un sobreancho de 0.50 metros a cada lado, dando como resultado un ancho de pavimento total de 7 metros.

En el diseño de curvas horizontales se estableció un radio mínimo de 42 metros, debido a que la zona es montañosa ese radio no cumple con lo establecido en la norma, y al ser una infraestructura vial recientemente arreglada y ensanchada es difícil de modificar completamente el eje vial.

Se obtuvo la calicata en la abscisa 12+400 km, y realizado los ensayos en el laboratorio de la universidad con el que nos garantiza que los resultados serán los correctos, de tal manera se obtuvo que el material se clasifica en el grupo GM como GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS GRAVA - ARENA – LIMO, tiene una densidad óptima de 1.35 kg/m³, una humedad de 14.4 % y el CBR es de 11.53 %.

Se utilizó el CBR más desfavorable siendo este de 6.56% para realizar el diseño de pavimento flexible, teniendo como resultado los espesores de las siguientes capas: carpeta asfáltica de 3 pulgadas o 8 centímetros, la base de 15 centímetros, y subbase de 15 centímetros.

Se realizó el diseño del sistema de drenaje, tomando en cuenta las características hidrológicas y priorizando que no exista daños en la infraestructura vial y evitando erosiones que pueda ocasionar las aguas lluvias, por lo cual se colocara dos alcantarillas y dos disipadores.

El presupuesto de este tramo se realizó teniendo en cuenta que existe una mina y una escombrera cerca del sitio de estudio, además tomamos en cuenta los 300 metros adicionales que se diseñaron en este proyecto. Luego de haber realizado las cantidades de obra, obtenemos que el presupuesto total es de USD 985,745.16.

10. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar tecnologías para un levantamiento topográfico con el fin de obtener datos precisos, se puede utilizar: Estación total que tiene una precisión milimétrica de ± 2 mm en distancias y ángulos (Ideal para tramos cortos y zonas con obstáculos), Y el dron LIDAR que es altamente precisa de $\pm 2-5$ cm en elevación (Ideal para zonas boscosas).

Para una vía que tenga bajo tráfico es aceptable realizar las calicatas a una distancia de 1000 metros, y obtener un cálculo exacto en el ensayo del CBR.

Se recomienda que exista un mantenimiento periódico de la vía para evitar problemas en las cunetas, alcantarillas y el daño estructural de la misma.

En lo que respecta al análisis del presupuesto se debe de tomar en cuenta la ubicación del proyecto y la distancia que existe al realizar la compra del material, y el desalojo con el fin de garantizar un mejor presupuesto tanto económico y funcional.

11. BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). *American Association of State Highway and Transportation Officials*.
- AASHTO. (1993). Diseño de estructuras de pavimentos.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2018). A policy on geometric design of highways and streets (7th ed.). AASHTO.
- Aristizábal, L., Hoyos, J., Gil, L., Gómez, M., & Gómez Dayana. (2014). *DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE POR LOS MÉTODOS AASTHO Y RACIONAL* [Proyecto técnico]. Universidad Libre.
- Girón, G. A. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 - 2023. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 - 2023*. Girón, Azuay, Ecuador.
- Gutiérrez, A. (2008). *El Tráfico Vehicular y el Diseño de Vías*. Editorial de Ingeniería Vial.
- Hernández, J. (2003). *Diseño Geométrico de Vías: Manual de Diseño para Carreteras Urbanas y Rurales*. Editorial McGraw-Hill.
- INAMHI. (2015). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación.
- INEN. (2010). *Señalización Vertical*. Quito.
- INEN. (2011a). *Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical* (Primera). Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2011b). *Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal* (Primera). Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Instituto Nacional de Vías. (diciembre, 2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*.
- Linsley, R.K., & Franzini, J.B. (2006). *Hydrology for Engineers*. McGraw-Hill.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MTOPE). (2007). *Normas para el diseño geométrico de carreteras*. MTOPE Ecuador.

Montejo, A. (1998). *Ingeniería de Pavimentos* (Segunda). Stella Valbuena de Fierro.

Pablos, E. & Navas, M. (2012). *Manual de Diseño de Pavimentos*. Editorial Síntesis.

Pérez, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras* (Primera). Ecoe Ediciones.

Sáez, A. & López, R. (2007). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Editorial Ediciones de Ingeniería.

12. ANEXOS

ANEXO 1: Inspección de la vía



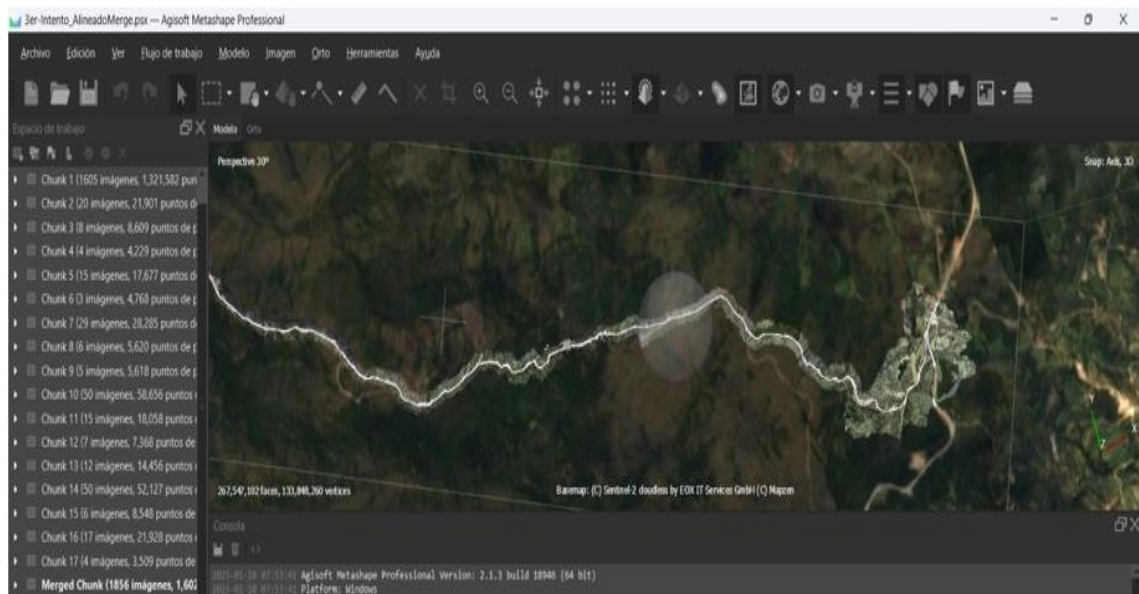
Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: Levantamiento topográfico



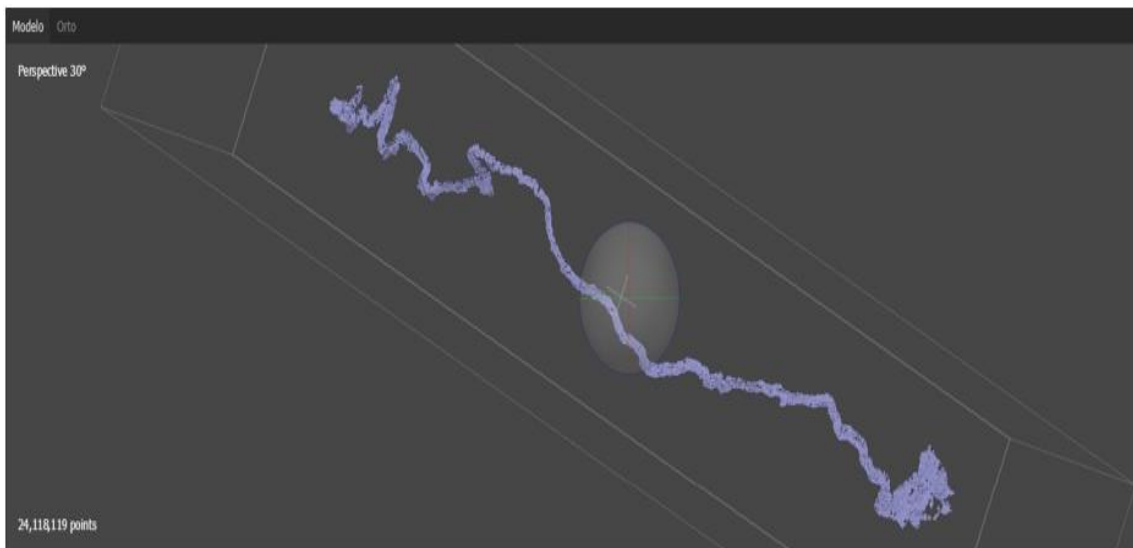
Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: Alineamiento de fotos obtenidos mediante el dron LiDAR



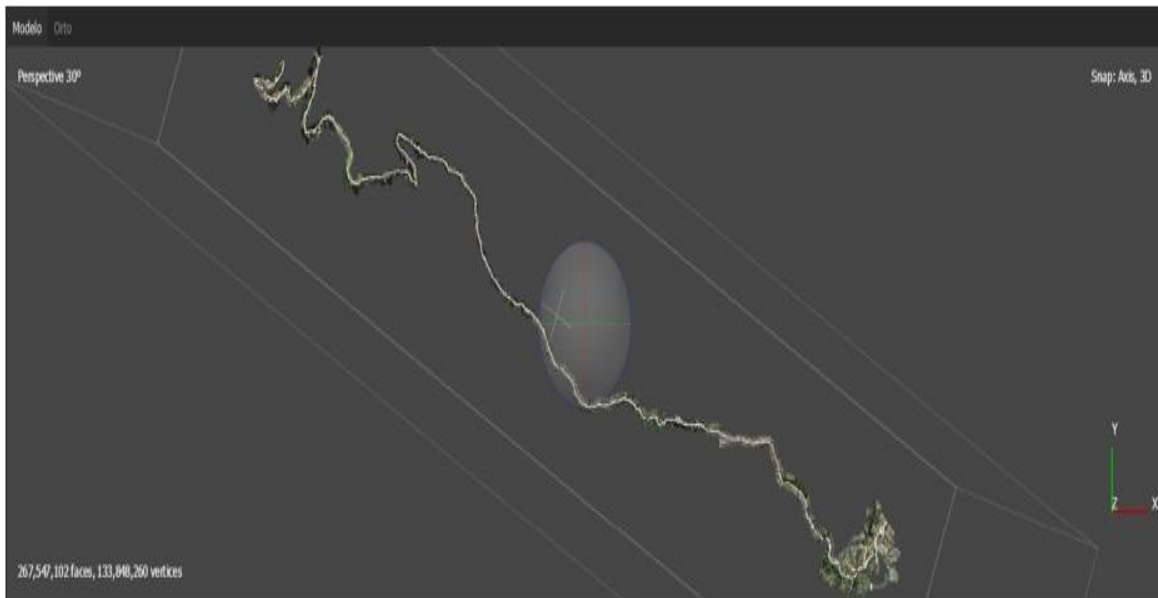
Fuente: (Agisoft Metashape, n.d.)

ANEXO 4: Generación de nubes de puntos



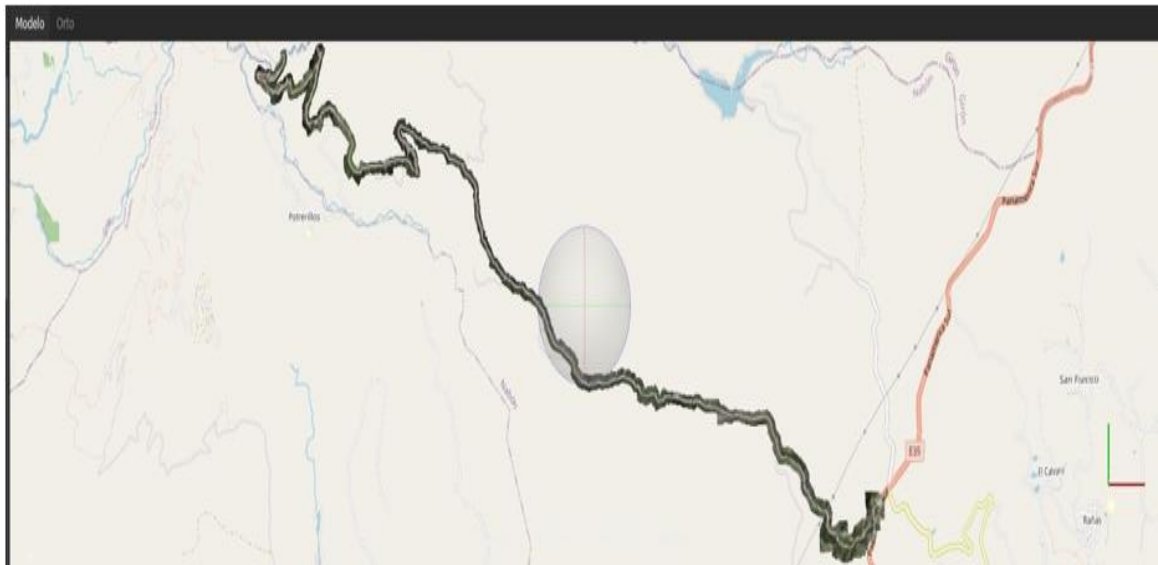
Fuente: (Agisoft Metashape, n.d.)

ANEXO 5: Vía en modelo 3D



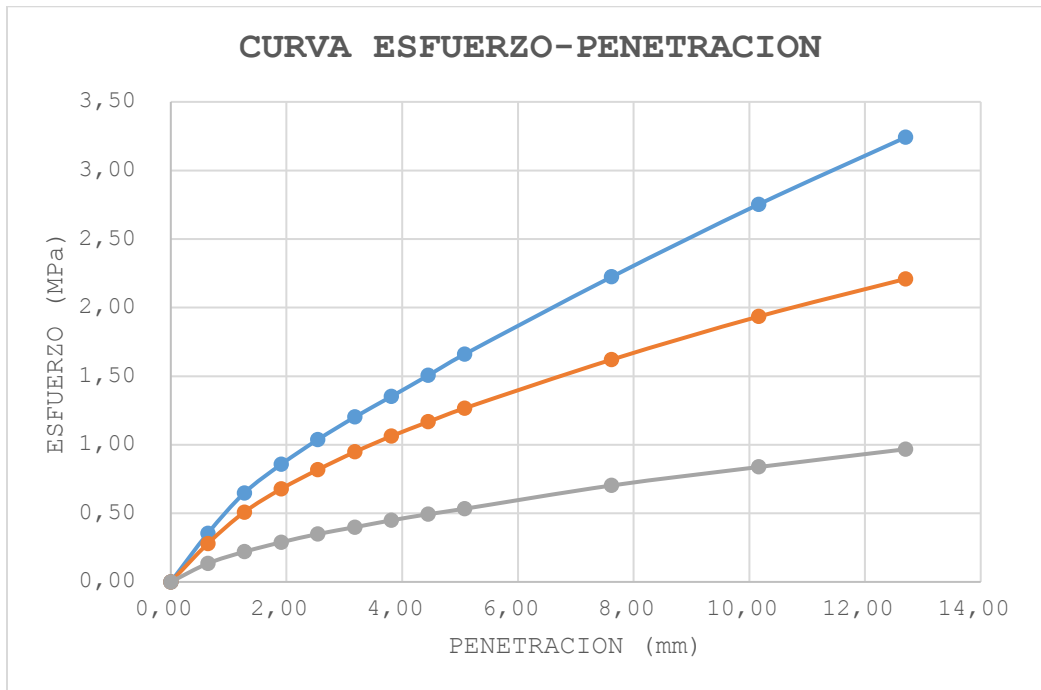
Fuente: (Agisoft Metashape, n.d.)

ANEXO 6: Ortofotos de la vía mediante el dron LiDAR



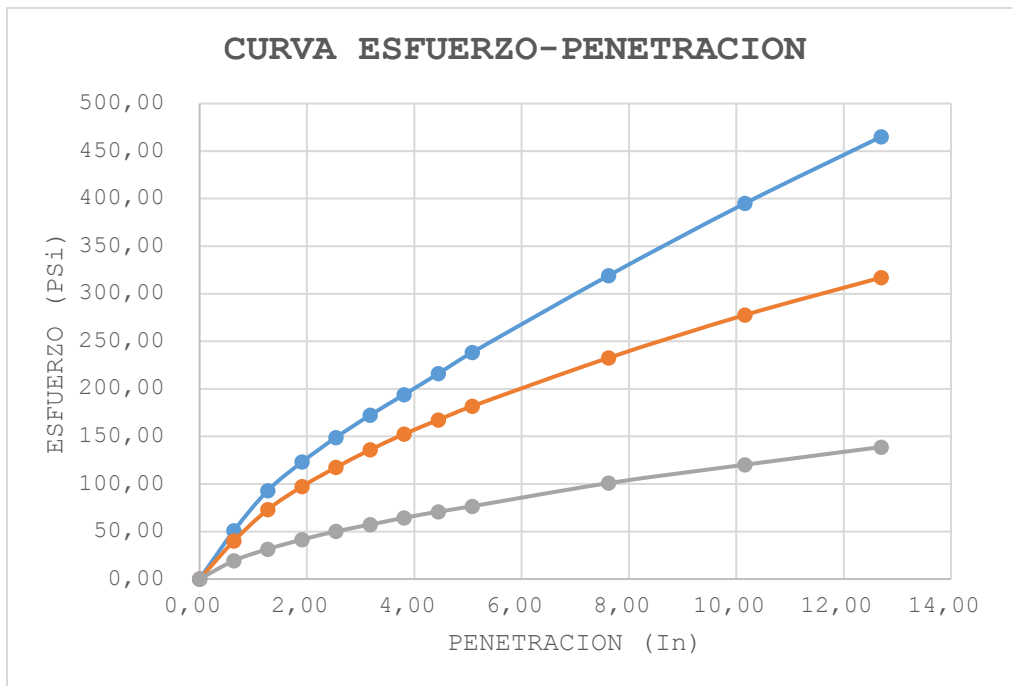
Fuente: (Agisoft Metashape, n.d.)

ANEXO 7: Resultados del ensayo de CBR, resultados en MPa



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8: Resultados del ensayo de CBR, resultados en Psi



Fuente: Elaboración propia

DIVISIONES PRINCIPALES			SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
		(apreciable cantidad de finos)	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 10: Clasificación según la AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el Num. 200)						
Grupo de clasificación	A-1		A-3	A-2			
	A -1-a	A -1-b		A -2-4	A -2-5	A -2-6	A -2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Num. 10	5 0 máx						
Num. 40	3 0 máx	5 0 máx	51 máx				
Num. 200	1 5 máx	2 5 máx	10 máx	3 5 máx	3 5 máx	3 5 máx	3 5 máx
Características de la fracción de paso Num. 40							
Límite líquido				4 0 máx	4 1 mín	4 0 máx	4 1 mín
Índice de plasticidad	6 máx		NP	1 0 máx	1 0 máx	1 1 mín	1 1 mín
Tipo 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						

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 11: Clasificación según la AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el Num. 200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				A-7-5*
				A-7-6*
Num. 10				
Num. 40				
Num. 200	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características de la fracción de paso Num. 40				
Límite líquido				
Índice de plasticidad	6 máx			
Tipo comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno			
* Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$				
** Para A-7-6, $PI > LL - 30$				

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 12: Resultados del ensayo CBR (56 golpes)

Tests 6:56 PM ID 3

PREVIOUS TESTS

ZHINA_56 - 01/29/2013 18:46:01 PM - CBR TEST

TYPE	PEAK VALUES	UNITS
LOAD_1_904023	6.50	kN
DISP_1_191338-0019-A	12.700	mm
Temperature @ START	17.3	°C
Temperature @ FINISH	17.5	°C
BEARING RATIO @ 0.1in (2.54mm)	0.00	PSI
BEARING RATIO @ 0.2in (5.08mm)	0.00	PSI

Choose Test

Points Recorded
12

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 13: Resultados del ensayo CBR (25 golpes)

Tests 6:43 PM ID 2

PREVIOUS TESTS

ZHINA_25 - 01/29/2013 18:33:04 PM - CBR TEST

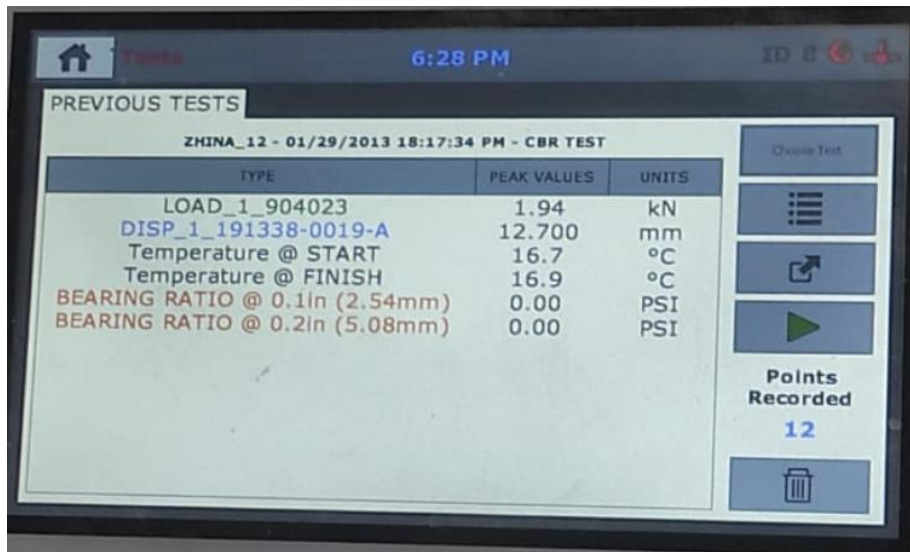
TYPE	PEAK VALUES	UNITS
LOAD_1_904023	4.43	kN
DISP_1_191338-0019-A	12.700	mm
Temperature @ START	17.1	°C
Temperature @ FINISH	17.2	°C
BEARING RATIO @ 0.1in (2.54mm)	0.00	PSI
BEARING RATIO @ 0.2in (5.08mm)	0.00	PSI

Choose Test

Points Recorded
12

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 14: Resultados del ensayo CBR (12 golpes)



The screenshot shows a handheld device screen with a dark blue header. The header contains a home icon, the word "Tests", the time "6:28 PM", and "ID 8" with a red signal icon. Below the header, there is a section titled "PREVIOUS TESTS" with a sub-header "ZHINA_12 - 01/29/2013 18:17:34 PM - CBR TEST". The main content is a table with three columns: "TYPE", "PEAK VALUES", and "UNITS". The table contains the following data:

TYPE	PEAK VALUES	UNITS
LOAD_1_904023	1.94	kN
DISP_1_191338-0019-A	12.700	mm
Temperature @ START	16.7	°C
Temperature @ FINISH	16.9	°C
BEARING RATIO @ 0.1in (2.54mm)	0.00	PSI
BEARING RATIO @ 0.2in (5.08mm)	0.00	PSI

To the right of the table is a sidebar with several buttons: "Choose Test", a menu icon (three horizontal lines), a share icon (an arrow pointing up and right), a play button (a green triangle), "Points Recorded" with the number "12" in blue, and a trash can icon.

Fuente: Elaboración propia

Señalización			
Detalle	Grafico	Detalle	Grafico
Detenerse antes de la línea de pare y ceder el paso a todo tránsito		Comienza Doble vía	
Límite máximo de velocidad		Aproximación a una curva cerrada a la izquierda	

Aproximación a una curva cerrada a la derecha		Mas adelante curva abierta hacia la izquierda	
Mas adelante curva abierta hacia la derecha		Mas adelante curva en "U" a la izquierda	
Mas adelante curva en "U" a la derecha		Mas adelante reductor de velocidad	
Mas adelante curva y contra curva abierta a la izquierda		Mas adelante curva y contra curva abierta a la derecha	
Mas adelante vía sinuosa a la izquierda		Mas adelante vía sinuosa a la derecha	
Mas adelante cruce de ganado		Mas adelante calzada resbaladiza	

No estacionar		Cambio de rasante a la izquierda	 D6-2I
Cambio de rasante a la derecha	 D6-2D	Prohibido adelantar o rebasar	

Fuente: (INEN, 2011)

ANEXO 16: Velocidades de diseño en km/h

CATEGORÍA DE LA VIA		TPDA ESPERADO	VELOCIDADES DE DISEÑO (Km/h)											
			BÁSICA				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES							
			(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 longitudinal		Utilizado 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		Utilizada para el 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	95	110	90	96	86	90	80	90	80
I	Todos	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	Todos	1000-3000	100	90	90	85	90	80	86	80	70	50	70	50
III	Todos	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	po 5, 5E 6 y	100-300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	4 y 4E	<100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25
NOTAS: * Los valores recomendados se emplearán cuando el TPDA es cercano al límite superior de la respectiva categoría de vía. * Los valores absolutos se emplean cuando el TPDA es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de la vía y/o el relieve sea difícil o escarpado * La categoría IV incluye además los caminos vecinales tipo 5, 5E, 6 y 7 contenidos en el manual de caminos vecinales "Berger-Protecvia" 1984 y categoría V son los caminos vecinales 4 y 4E. * En zonas de meteorización profunda (estribaciones) requerirán de un diseño especial considerando los aspectos geológicos. * Para la categoría IV y V en caso de relieve escarpado se podrá reducir la Vd mínima a 20 km/h.														

Fuente: (MTO, 2003)

ANEXO 17: Valores de diseño recomendados por la MTOP



República del Ecuador
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

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

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

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

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

2-R

Fuente: (MTOP, 2003)