



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA RAMADA-RÍO
CURIQUINGUE ENTRE LAS ABSCISAS 9+200 Y 11+500, EN LOS CANTONES
GIRÓN-NABÓN DE LA PROVINCIA DEL AZUAY**

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

AUTOR: EDISSON ARMANDO CONDO SARMIENTO

TUTOR: ING. DANIEL LEONIDAS CÁRDENAS JARAMILLO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2025

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

Yo, Edison Armando Condo Sarmiento con documento de identificación N° 0150714921 manifiesto que:

Soy el autor 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, 11 de febrero del 2025

Atentamente,



Edison Armando Condo Sarmiento

0150714921

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

Yo, Edison Armando Condo Sarmiento con documento de identificación N.º 0150714921, 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 autor del proyecto técnico: “Diseño geométrico y estructural de la vía Ramada-Río Curiquingue entre las abscisas 9+200 y 11+500, en los cantones Girón-Nabón de la provincia del Azuay”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 11 de febrero del 2025

Atentamente,



Edison Armando Condo Sarmiento
0150714921

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 RAMADA-RÍO CURIQUINGUE ENTRE LAS ABSCISAS 9+200 Y 11+500, EN LOS CANTONES GIRÓN-NABÓN DE LA PROVINCIA DEL AZUAY, realizado por Edison Armando Condo Sarmiento con documento de identificación N° 0105827492, 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.

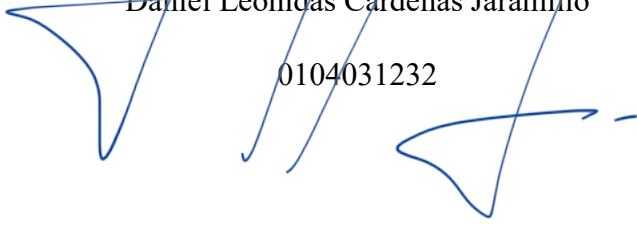
Cuenca, 11 de febrero del 2025

Atentamente,



Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo

0104031232



DEDICATORIA

A lo largo de este camino de formación, he tenido la fortuna de contar con personas excepcionales que han sido mi mayor apoyo, mi inspiración y mi fortaleza. Este logro no es solo mío, sino también de todos aquellos que han creído en mí y me han acompañado en cada paso.

A mi mamá, una mujer ejemplar que con su amor, esfuerzo y sacrificio me ha enseñado que los sueños se alcanzan con perseverancia y dedicación. Gracias por ser mi guía incondicional, por cada palabra de aliento y por darme la fuerza para seguir adelante en los momentos más difíciles.

A mi papá, quien con su ejemplo me enseñó el valor de la disciplina, el esfuerzo y la responsabilidad. Gracias por impulsarme a dar siempre lo mejor de mí y por demostrarme que el verdadero éxito se construye con trabajo y determinación.

A mi abuelita paterna, quien, aunque ya no está físicamente entre nosotros, sigue siendo mi inspiración. Esta tesis es la materialización de la promesa que te hice: culminar mis estudios y convertirme en ingeniero. Siempre vivirás en mi corazón, y este logro es también para ti.

A mis abuelitos maternos, cuyo amor y sabios consejos han sido un refugio en los momentos difíciles. Gracias por ser una fuente inagotable de apoyo y por brindarme su cariño incondicional a lo largo de mi vida.

A mis tíos, quienes han estado presentes en este camino con su apoyo, su guía y sus palabras de aliento. Gracias por cada gesto de confianza y por recordarme que nunca estoy solo.

A mi mejor amiga, Erika. Porque tu amistad ha sido un pilar fundamental en este proceso. Gracias por ser la persona que siempre estuvo ahí, en los momentos buenos y en los difíciles, con palabras de aliento, con risas que aliviaban el cansancio y con el apoyo incondicional que solo una verdadera amiga puede brindar. Tu confianza en mí ha sido una luz en los momentos de duda, y por eso, este logro también es tuyo.

A una persona especial que conocí en el transcurso de la carrera, alguien que llegó a mi vida para dejar una huella imborrable. Gracias por cada conversación, por cada momento compartido y por tu apoyo sincero en este camino. Tu compañía hizo que este proceso fuera más llevadero, y de alguna manera, fuiste parte de mi motivación para seguir adelante.

A todos ustedes, les dedico con el corazón este logro, que es reflejo del amor, el esfuerzo y la confianza que me han brindado. Sin su apoyo, este sueño no habría sido posible.

Edisson Condo

AGRADECIMIENTO

Al finalizar esta etapa, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, han contribuido a mi formación académica y personal.

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza y la perseverancia necesarias para superar cada obstáculo y alcanzar esta meta.

A mis padres, quienes con su amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido mi mayor inspiración. Gracias por confiar en mí, por impulsarme a seguir adelante y por enseñarme que el esfuerzo siempre tiene su recompensa.

A mi familia, especialmente a mis abuelitos y tíos, por estar siempre presentes con su cariño, sus consejos y su apoyo constante en cada paso de este proceso.

A mis amigos, Erika, Belén, Miguel, Pablo, David, Andrés, Lisseth y Eugenia. Gracias por su compañía incondicional, por compartir conmigo los momentos de alegría y por darme ánimos cuando más los necesitaba. Cada uno de ustedes ha sido parte fundamental de este proceso, y su amistad ha sido un regalo invaluable en mi vida.

A todas las personas que, de una u otra manera, estuvieron presentes a lo largo de mi formación. A quienes brindaron palabras de aliento, a quienes compartieron su experiencia y a quienes, con un pequeño gesto, hicieron que este camino fuera más llevadero.

Al ingeniero Daniel Cárdenas, mi tutor de titulación, por ser un docente excepcional y una guía en este proceso. Su paciencia, conocimiento y dedicación han sido fundamentales para mi formación. Gracias por compartir su sabiduría, por apoyarme en este camino y por enseñarme con pasión aquello que sabe. Haber contado con usted como tutor ha sido un honor, y le estaré siempre agradecido.

A mis profesores, por compartir su conocimiento y guiarnos con dedicación a lo largo de esta etapa de aprendizaje.

Y, finalmente, a todas aquellas personas que, de una manera u otra, han dejado una huella en este proceso. Gracias por su apoyo, sus consejos y por formar parte de este logro.

Este título no es solo mío, sino de todos los que han estado a mi lado en este camino. ¡Gracias!

Contenido

Contenido	VI
1. Contenido	XIV
1.1. Resumen	XIV
1.2. Abstract	XVI
1.3. Introducción	1
1.4. Problemas	1
1.4.1. Antecedentes	2
1.4.2. Importancia y Alcances.....	4
1.4.3. Delimitación	5
2. Objetivos	6
2.1. Objetivo general	6
2.2. Objetivo Especifico	6
3. Marco teórico.....	7
3.1. Carreteras.....	7
3.1.1. Clasificación de carreteras	8
3.2. Diseño Geométrico	10
3.2.1. Velocidad de diseño	10
3.2.2. Alineamiento Horizontal.....	11
3.2.3. Alineamiento Vertical	12
3.2.4. Peralte	13
3.2.5. Radio Mínimo de Curvatura	13
3.2.6. Coeficiente de fricción lateral	14
3.2.7. Distancia de frenado	14
3.2.8. Distancia de visibilidad en curvas horizontales.....	15
3.2.9. Distancia de visibilidad de rebasamiento	15
3.2.10. Sobre anchos de curva	15
3.3. Transito	16
3.3.1. TPDA.....	16
3.3.2. Trafico Futuro	17
3.3.3. Factor Horario	17
3.3.4. Factor Diario	17
3.3.5. Factor Semanal.....	18
3.3.6. Factor Mensual.....	18
3.3.7. ESALs	18

3.3.8.	Factores de carga equivalente (LEF)	19
3.3.9.	Factor camión	19
3.3.10.	Clasificación de carreteras por Volumen de Transito	20
3.3.11.	Clasificación de vías por su Función	20
3.3.12.	Tipos de terreno	21
3.4.	Suelo	22
3.5.	Topografía	22
3.5.1.	Estudio topográfico (Lidar)	22
3.6.	Normativa técnica	22
3.7.	AASHTO 93	23
3.8.	Geotecnia	24
3.9.	Estudios Geotécnicos	24
3.9.1.	Ensayos de granulometría	24
3.9.2.	Ensayos de Proctor Estándar y Proctor Modificado	25
3.9.3.	Ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio)	25
3.10.	Pavimentos	25
3.10.1.	Pavimentos flexibles	26
3.10.2.	Pavimento Rígido	27
3.11.	Diseño de Pavimentos Flexibles	27
3.11.1.	Confiabilidad R	27
3.11.2.	Desviación Estándar	28
3.11.3.	Error normal combinado	29
3.11.4.	Módulo resiliente de la subrasante Mr.	29
3.11.5.	Numero Estructural	30
3.11.6.	Perdida de serviciabilidad	33
3.11.7.	Características del drenaje	33
3.11.8.	Diseño Estructural	34
3.11.9.	Análisis de espesores	35
3.12.	Señalización Vertical	36
3.13.	Señalización Horizontal	36
3.13.1.	Colores	37
3.13.2.	Distancia de Legibilidad	37
3.13.3.	Señales de Información	37
3.13.4.	Señales Regulatorias	41
3.13.5.	Señales Preventivas	44
3.14.	Señalización Horizontal	45

3.14.1.	Ubicación.....	46
3.14.2.	Color.....	46
3.14.3.	Retro reflexión.....	46
3.14.4.	Líneas Longitudinales	47
3.14.5.	Zonas de no rebasar	50
3.14.6.	Líneas de borde de calzada.....	52
3.14.7.	Líneas transversales.....	53
3.14.8.	Reductores de velocidad	54
3.14.9.	Resalto.....	55
3.15.	Drenaje.....	56
3.15.1.	Drenaje Longitudinal	57
3.15.2.	Drenaje Transversal	57
3.15.3.	Estudio hidrológico.....	57
3.15.4.	Estaciones Meteorológicas	57
3.15.5.	Drenaje Subterráneo	58
3.15.6.	Precipitaciones	58
3.15.7.	Datos de Lluvia	58
3.15.8.	Curva IDF	58
3.16.	Cunetas	60
3.16.1.	Tipos de cuneta	61
3.16.2.	Cálculo de la capacidad de la Cuneta.	61
3.16.3.	Pendiente y velocidad	62
3.16.4.	Forma de Sección	63
3.16.5.	Sección típica de la cuneta	64
3.16.6.	Cálculo del Coeficiente de escorrentía C	65
3.16.7.	Cálculo del caudal en la estructura.....	66
4.	Metodología.....	67
4.1.	Ubicación	67
4.2.	Levantamiento Topografía.....	68
4.3.	Procesamiento de datos.....	69
4.4.	Ensayos de laboratorio	69
4.4.1.	Recolección de muestras	70
4.4.2.	Limite líquido, limite plástico y índice de plasticidad.....	70
4.4.3.	Granulometría	71
4.4.4.	Proctor Modificado	72
4.4.5.	CBR.....	73

4.5.	TPDA.....	73
4.5.1.	Volumen Horario de máxima demanda VHMD.	74
4.5.2.	Proceso de cálculo del TPDA.	75
4.6.	ESALs	80
4.6.1.	Numero de ejes equivalentes	81
4.7.	Diseño de Pavimento flexible	83
4.7.1.	Confiabilidad R	84
4.7.2.	Desviación Estándar	85
4.7.3.	Error normal (So).....	85
4.7.4.	Parámetros de serviciabilidad	86
4.7.5.	Coeficientes de drenaje	90
4.7.6.	Cálculo del número estructural requerido.....	91
4.7.7.	Espesores de capa	91
4.7.8.	Espesores definidos.....	93
4.7.9.	Cunetas	93
4.7.10.	Estudio hidrológico.....	93
4.7.11.	Estación Meteorológica	93
4.7.12.	Alcantarillado	100
4.8.	Diseño geométrico	102
4.8.1.	Alineamiento horizontal	102
4.8.2.	Alineación vertical	106
4.8.3.	Sobreancho	107
4.8.4.	Peralte	107
4.9.	Señalización.....	108
5.	Presupuesto referencial	109
6.	Conclusiones	111
7.	Recomendaciones	112
8.	Bibliografía	113
9.	Anexos.....	114
9.1.	Topografía con Dron	114
		114
		114
		115
		115
		116
9.2.	TPDA.....	116

9.3.	Ensayos de Laboratorio	126
9.3.1.	Limite liquido Tramo 1	126
9.3.2.	Limite Plástico y Índice Plástico Tramo 1	126
9.3.3.	Limite liquido Tramo 2	127
9.3.4.	Limite Plástico y Índice Plástico Tramo 2	128
9.3.5.	Proctor Tramo 1.....	128
9.3.6.	CBR Tramo 1	130
9.3.7.	Proctor Tramo 2.....	135
9.3.8.	CBR Tramo 2	137
9.4.	Cunetas	143
9.5.	Diseño geométrico	154
9.5.1.	Alignment: alineamiento 1	155
9.5.2.	Description:	155
	Profile Vertical Curve Report	162

Tabla 1.....	6
Tabla 2.....	9
Tabla 3.....	10
Tabla 4.....	11
Tabla 5.....	11
Tabla 6.....	13
Tabla 7.....	14
Tabla 8.....	20
Tabla 9.....	28
Tabla 10.....	29
Tabla 11.....	29
Tabla 12.....	31
Tabla 13.....	36
Tabla 14.....	48
Tabla 15.....	49
Tabla 16.....	51
Tabla 17.....	52
Tabla 18.....	53
Tabla 19.....	56
Tabla 20.....	65
Tabla 21.....	66
Tabla 22.....	71
Tabla 23.....	72
Tabla 24.....	73
Tabla 25.....	73
Tabla 26.....	74
Tabla 27.....	75
Tabla 28.....	76
Tabla 29.....	77
Tabla 30.....	78
Tabla 31.....	79
Tabla 32.....	80
Tabla 33.....	80
Tabla 34.....	81
Tabla 35.....	82
Tabla 36.....	83
Tabla 37.....	84
Tabla 38.....	84
Tabla 39.....	85
Tabla 40.....	85
Tabla 41.....	86
Tabla 42.....	87
Tabla 43.....	91
Tabla 44.....	91
Tabla 45.....	92
Tabla 46.....	94
Tabla 47.....	95
Tabla 48.....	98

Ecuación 1. Ecuación del radio mínimo.....	12
Ecuación 2. Longitud mínima de una curva vertical.....	12
Ecuación 3. Formula del peralte	13
Ecuación 4. Formula de db	14
Ecuación 5. Formula de Visibilidad.	15
Ecuación 6. Formula de Sobreancho.....	15
Ecuación 7. Fórmula para el cálculo del TPDA.	16
Ecuación 8. Fórmula para el cálculo de tráfico futuro.....	17
Ecuación 9. Fórmula para calcular el Factor Horario.....	17
Ecuación 10. Fórmula para calcular el Factor Diario	18
Ecuación 11. Fórmula para calcular el Factor Semanal:	18
Ecuación 12. Fórmula para calcular el Factor Mensual:	18
Ecuación 13. Fórmula para el cálculo de ESALs:.....	18
Ecuación 14. Fórmula general para calcular el LEF:	19
Ecuación 15. Fórmula para calcular el Factor Camión:.....	20
Ecuación 16. Fórmula SN	30
Ecuación 17. Fórmula de la Pérdida de Serviciabilidad.	33
Ecuación 18. Fórmula de Diseño.....	34
Ecuación 19. Espesor de la carpeta asfáltica.....	36
Ecuación 20. Espesor de la base.	36
Ecuación 21. Espesor de la subbase.....	36
Ecuación 22. Fórmula de IDF.....	59
Ecuación 23. Ecuación de Manning.	61
Ecuación 24. Fórmula de la pendiente.....	62
Ecuación 25. Fórmula de la velocidad.....	63
Ecuación 26. Fórmula del Coeficiente de Escorrentía.	65
Ecuación 27. Fórmula Racional.	66
Ecuación 28. Ecuación. de Intensidad.....	96
Ecuación 29. Método racional.	99
Ecuación 30. Distancia de frenado.....	105

Ilustración 1.	5
Ilustración 2.	31
Ilustración 3.	32
Ilustración 4.	32
Ilustración 5.	34
Ilustración 6.	39
Ilustración 7.	39
Ilustración 8.	40
Ilustración 9.	41
Ilustración 10.	41
Ilustración 11.	42
Ilustración 12.	42
Ilustración 13.	42
Ilustración 14.	43
Ilustración 15.	44
Ilustración 16.	44
Ilustración 17.	45
Ilustración 18.	48
Ilustración 19.	49
Ilustración 20.	49
Ilustración 21.	51
Ilustración 22.	52
Ilustración 23.	53
Ilustración 24.	54
Ilustración 25.	55
Ilustración 26.	56
Ilustración 27.	60
Ilustración 28.	64
Ilustración 29.	67
Ilustración 30.	68
Ilustración 31.	68
Ilustración 32.	69
Ilustración 33.	70
Ilustración 34.	88
Ilustración 35.	89
Ilustración 36.	90
Ilustración 37.	93
Ilustración 38.	96
Ilustración 39.	97
Ilustración 40.	100
Ilustración 41.	101
Ilustración 42.	102
Ilustración 43.	104
Ilustración 44.	105
Ilustración 45.	106

1. Contenido

1.1. Resumen

La infraestructura vial desempeña un papel crucial en el desarrollo social y económico, particularmente en comunidades que dependen de una conectividad eficiente para acceder a servicios básicos y actividades productivas. Este proyecto tiene como objetivo principal diseñar geométrica y estructuralmente una vía que conecte los cantones Girón y Nabón, en la provincia del Azuay. Este diseño busca solucionar las deficiencias actuales de la vía, mejorando su funcionalidad y seguridad para el tránsito vehicular y peatonal.

El diseño geométrico se llevará siguiendo los lineamientos establecidos por la normativa MTOP, mientras que el diseño estructural del pavimento se basará en la metodología AASTHO 93, ampliamente utilizada en Ecuador. Estas normativas garantizan que la vía cumpla con estándares técnicos que optimicen su durabilidad, resistencia y seguridad, respondiendo a las necesidades de las comunidades beneficiadas.

Para fundamentar técnicamente este proyecto, se realizaron visitas al sitio para evaluar las condiciones actuales de la vía. Estas actividades incluyeron levantamientos topográficos, conteos vehiculares para calcular el Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) y muestreos in situ para análisis de laboratorio con el fin de determinar el CBR. Los resultados obtenidos proporcionan una base sólida para el diseño propuesto, asegurando que las soluciones planteadas sean efectivas y sostenibles.

La implementación de esta vía mejorará significativamente la conectividad entre los cantones Girón y Nabón, facilitando el acceso a servicios como salud, educación y comercio. Además, reducirá los tiempos de desplazamiento y los costos asociados al transporte, promoviendo el desarrollo económico y social de la región.

En conclusión, este proyecto representa una contribución importante al desarrollo regional, proporcionando una infraestructura vial segura, funcional y alineada con las necesidades actuales de movilidad y conectividad.

Palabras Clave: Vía, Diseño geométrico, Diseño estructural, Pavimentos, TPDA, ESALS, CBR, Cunetas.

1.2.Abstract

The Connectivity between rural and urban areas plays a crucial role in regional development, especially in regions where road infrastructure is the main means of transportation. This study focuses on the geometric and structural design of a road connecting the cantons of Girón and Nabón in Azuay province, Ecuador. The project aims to address the current deficiencies of the road, which hinder mobility and limit access to essential services.

The methodology involved site visit to assess the existing conditions of the road, topographic surveys, traffic counts to calculate the Average Annual Daily Traffic (AADT), and in situ sampling for laboratory testing. The geometric design followed the guidelines of the MTOP standards, while the pavement structure design adhered to the ASSHTO 93 methodology.

The results are expected to significantly improve the road's functionality and safety, reducing travel times and transportation costs while fostering economic and social development in the region. Furthermore, the implementation of development and connectivity.

In conclusion, this project represents an essential step toward enhancing the quality of life for the local population by providing a reliable and durable road infrastructure that meets current and future demands.

Keywords: Road, Geometric design, Structural design, Pavements, TPDA, ESALS, CBR, Ditches

1.3.Introducción

La infraestructura vial es un elemento esencial para el desarrollo socioeconómico de las comunidades, especialmente en regiones rurales donde las vías de comunicación constituyen el principal medio para acceder a servicios básicos y oportunidades económicas. En Ecuador, las carreteras rurales enfrentan numerosos desafíos relacionados con el mantenimiento y la planificación, lo que afecta negativamente la movilidad y el bienestar de sus habitantes (MTOP, 2003). Estas deficiencias son particularmente evidentes en la vía Ramada- Río Curiquingue, que conecta los cantones Girón y Nabón en la provincia del Azuay. Esta carretera es crucial para la región, ya que facilita la interconexión entre zonas rurales y urbanas, promoviendo el comercio, la educación y el acceso a servicios de salud.

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo realizar el diseño geométrico y estructural de un tramo específico de la vía Ramada-Río Curiquingue, comprendido entre las abscisas 9+200 y 11+500. Este diseño se fundamenta en las normativas nacionales e internacionales, como las guías del Ministerio de transporte y obras Públicas (MTOP) y la metodología AASHTO 93, garantizando una infraestructura vial segura, duradera y funcional.

Estudios previos han evidenciado la importancia de mejorar esta vía para superar limitaciones actuales como el deterioro del pavimento, la falta de un sistema de drenaje eficiente y la inadecuación de los elementos geométricos. Asimismo, investigaciones relacionadas en la región han demostrado que un diseño vial adecuado puede reducir los costos de transporte hasta en un 20% y los tiempos de desplazamiento en un 30%, impulsando el desarrollo económico y social (Martínez, 2015).

1.4.Problemas

La conectividad vial en las zonas rurales de Ecuador enfrenta serios desafíos debido al deterioro y falta de planificación adecuada en la infraestructura existente. La vía Ramada-Río

Curiquingue, que conecta los cantones Girón y Nabón en la provincia del Azuay, ejemplifica esta problemática. Este tramo presenta condiciones deficientes, tales como la ausencia de un diseño geométrico estructural adecuado, sistema de drenaje insuficiente y una superficie de rodadura deteriorada.

Estas deficiencias han provocado múltiples inconvenientes para los habitantes de la región. Entre las principales consecuencias se encuentran el incremento en los tiempos de desplazamiento, mayores costos de transporte y riesgos para la seguridad de los usuarios debido al polvo generado y a las características geométricas inadecuadas. Asimismo, estas limitaciones afectan directamente al comercio, el turismo y el acceso a servicios básicos como la educación y la salud, restringiendo el desarrollo económico y social de la región.

A pesar de los esfuerzos por mantener y rehabilitar la red vial en el Azuay, el tramo Ramada-Río Curiquingue carece de soluciones técnicas que cumplan con las normativas actuales. Esto se traduce en una transitabilidad limitada, ineficiencia en la movilización de productos agrícolas y dificultades para las actividades turísticas que son cruciales para el desarrollo local.

Por lo tanto, se plantea como problema central la falta de un diseño geométrico y estructural óptimo en la vía Ramada-Río Curiquingue, lo que afecta significativamente la movilidad, la seguridad vial y el crecimiento socioeconómico de los cantones Girón y Nabón. Este problema requiere una intervención técnica integral que permita resolver las condiciones actuales y garantizar una infraestructura vial funcional y duradera.

1.4.1. Antecedentes

La infraestructura vial en Ecuador ha sido objeto de diversas intervenciones debido al crecimiento poblacional y el aumento de la demanda de conectividad entre las comunidades rurales y urbanas. Este crecimiento ha generado la necesidad de estudios técnicos que permitan

diseñar y construir vías de alta calidad, especialmente en zonas montañosas donde las condiciones geográficas presentan retos significativos. Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO, 2003) en el último año se han invertido 150 millones de dólares en infraestructura vial, destinados principalmente al mantenimiento de carreteras y a la construcción de nuevos tramos estratégicos.

En la provincia del Azuay, las condiciones de las vías rurales son preocupantes. Un ejemplo es el cierre de la carretera Cuenca-Girón-Pasaje debido a deslizamientos recurrentes y socavones. Estas fallas no solo afectan la movilidad, si no también incrementan los costos de transporte y los tiempos de viaje, limitando el desarrollo económico y social de la región (Cardenas Grisales, 2013). La necesidad de un diseño vial que contemple la estabilidad de taludes, sistemas de drenaje eficientes y materiales adecuados es evidente para garantizar la durabilidad de vías.

Estudios previos han abordado problemáticas similares en otras regiones del país. Por ejemplo, (Gómez P. , 2019)desarrollaron un diseño geométrico y estructural para un tramo de la vía Girón-Curiquingue, evidenciando la importancia de realizar levantamientos topográficos, aforos vehiculares y estudios geotécnicos como base para un diseño eficiente. Por su parte, destaco que el mejoramiento de vías en la parroquia Salasaca incremento la seguridad y el confort del tránsito vehicular, beneficiando directamente a los habitantes y al comercio local.

En el caso la vía Ramada-Río Curiquingue, esta representa una arteria vial fundamental para conectar comunidades rurales y urbanas en los cantones Girón y Nabón. Actualmente, esta carretera presenta problemas significativos, como la falta de un diseño geométrico estructural adecuado, ausencia de sistemas de drenaje y una superficie de rodadura deteriorada. Estas

condiciones afectan la transpirabilidad y generan impactos negativos en el comercio, el turismo y el acceso a servicios básicos como la salud y la educación (Pérez A. , 2018).

Por lo tanto, el desarrollo de un diseño geométrico y estructural para la vía Ramada-Río Curiquingue es fundamental para superar estas limitaciones. Este proyecto no solo busca mejorar la calidad de la infraestructura vial, sino también contribuir al desarrollo socioeconómico de los cantones Girón y Nabón, promoviendo una conectividad eficiente y segura.

1.4.2. Importancia y Alcances

El desarrollo de un diseño geométrico y estructural para la vía Ramada-Río Curiquingue tiene un impacto significativo en la mejora de la calidad de vida de los habitantes de los cantones Girón y Nabón. Esta vía no solo facilita la conexión entre comunidades rurales y urbanas, sino que también promueve el acceso a servicios esenciales como la educación, la salud y el comercio. Su rehabilitación contribuirá a reducir los tiempos de desplazamiento y los costos de transporte, fortaleciendo así el desarrollo socioeconómico de la región. Además, una infraestructura vial adecuada incrementará la seguridad vial y fomentará la infraestructura vial adecuada incrementará la seguridad vial y fomentará el turismo, aprovechando los recursos naturales y culturales de la zona.

Este proyecto abarca el diseño geométrico y estructural de un tramo específico de vía Ramada-Río Curiquingue, comprendido entre las abscisas 9+200 y 11+500.

Dentro de los alcances se incluye la realización de levantamientos topográficos, estudios de suelo, análisis de tráfico (TPDA), diseño de sistema de drenaje y cálculo de pavimentos. Estos componentes garantizarán que el diseño cumpla con los estándares técnico y normativos vigente, asegurando una infraestructura duradera y funcional. Asimismo, el proyecto generará un presupuesto detallado y un cronograma para ejecución de las obras,

sentando las bases para futuras intervenciones y asegurando la sostenibilidad de la vía en el largo plazo.

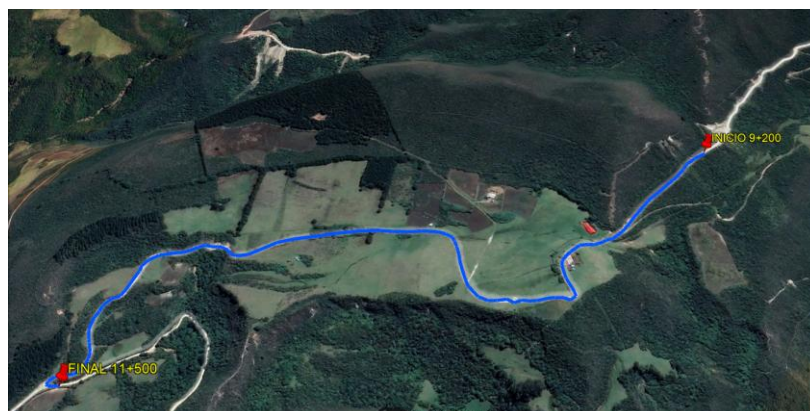
1.4.3. Delimitación

El área de estudio corresponde al tramo de la Vía Ramada-Río Curiquingue, ubicado en la provincia de Azuay, específicamente en el sector que va desde las abscisas 9+200 hasta 11+500, al inicio del cantón Nabón. Esta vía forma parte de la conexión entre los cantones de Girón y Nabón, y se encuentran en una zona estratégica para la movilidad de vehículos en la región.

Ubicación Geográfica: La zona de estudio se encuentra al sur de la provincia de Azuay, en el cantón Girón, específicamente en el sector de Río Curiquingue. Las coordenadas geográficas para el tramo de la vía son las siguientes

Ilustración 1.

Ubicación del tramo de diseño abscisa 9+200 km a abscisa 11+500km



Fuente: *Google* Earth Pro

Tabla 1
Coordenadas del Proyecto

	Coordenadas Norte (m)	Coordenadas Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
Inicio	9641269.84	706839.55	2590
Final	9641664.11	705847.2	2595

Fuente: Google Earth Pro

Este tramo, con una longitud aproximada de 2.3 km, es crucial para la conectividad regional y tiene un alto volumen de tráfico vehicular. El estudio se enfoca exclusivamente en los aspectos geométricos y estructurales de diseño, en aspectos del pavimento o la seguridad vial.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

- Elaborar el diseño geométrico y estructural de la Vía Ramada-Río Curiquingue en el tramo comprendido entre las abscisas 9+200 y 11+500, perteneciente a la provincia de Azuay, al inicio del cantón Nabón.

2.2. Objetivo Especifico

- Realizar el levantamiento topográfico detallado del tramo de la vía para obtener datos precisos sobre el terreno y su configuración.
- Determinar las propiedades de la subrasante en la zona de estudio, a través de pruebas de laboratorio y análisis in situ, para evaluar su capacidad portante y comportamiento frente a las cargas del tráfico.

- Calcular el Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) en el tramo de la vía, con el fin de establecer las condiciones de tráfico necesario para el diseño vial adecuado.
- Desarrollar el diseño geométrico de la vía, considerando parámetros como radios de curvatura, pendientes, alineamiento y trazado, para garantizar la seguridad y eficiencia del tránsito.
- Elaborar el diseño estructural de pavimentos, tomando en cuenta el tráfico proyectado y las características de la subrasante, con el objetivo de garantizar la durabilidad y resistencia del pavimento.
- Diseñar los sistemas de drenaje de aguas pluviales (cunetas), asegurando la correcta evacuación de aguas y evitando problemas de inundación o desbordamientos e la vía.
- Elaborar el presupuesto total de la vía, estimando los costos de los materiales, la mano de obra, el equipo necesario y otros gastos asociados al diseño y construcción del proyecto

3. Marco teórico

3.1. Carreteras

Las carreteras son infraestructuras diseñadas para permitir el tránsito seguro y eficiente de vehículos entre localidades. Estas vías son fundamentales para el desarrollo económico, facilitando la comunicación y el transporte de bienes y personas.

Según (Gómez P. , 2019), las carreteras se clasifican en primarias, secundarias y terciarias, dependiendo de su función y el volumen de tráfico que soportan. Además, su diseño

geométrico y estructural debe garantizar seguridad, comodidad y durabilidad, integrando elementos como alineaciones horizontales, verticales y secciones transversales.

En el contexto del diseño vial, las carreteras deben cumplir con estándares técnicos que aseguren su funcionalidad y resistencia a las cargas vehiculares. Esto incluye el estudio de suelos, tráfico y drenaje, así como la implementación de tecnologías que optimicen su construcción y mantenimiento.

3.1.1. Clasificación de carreteras

La clasificación de las carreteras es un aspecto esencial en el diseño y planificación de la infraestructura vial. Esta clasificación se realiza con base en factores como la función que cumplen, el tipo de terreno en el que se desarrollan y el tráfico proyectado. A continuación, se presenta una descripción detallada de los criterios más comunes.

3.1.1.1. Según su Función:

Carreteras primeras o de primer orden: Son aquellas vías troncales, transversales y de accesos a las capitales de los Departamentos, que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y de consumo del país y de éste con los demás pises. Este tipo de carreteras puede ser de calzadas divididas según las exigencias del proyecto y deben ser siempre pavimentadas. (Cardenas Grisales, 2013)

Carreteras secundarias o de segundo orden: Son aquellas vías que unen cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera primaria. Las carreteras consideradas como secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado. (Cardenas Grisales, 2013)

Carreteras terciarias o de tercer orden: Son aquellas vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus veredas, o que unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas

como terciarias deben funcionar e afirmado. En caso de pavimentarse, deben cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras secundarias. (Cardenas Grisales, 2013)

3.1.1.2.Según el tipo de Terreno

La clasificación por terreno se determina con base en la topografía predominante en el tramo de estudio. Es común que en una misma carretera existan tramos que atraviesen diferentes tipos de terreno. Este criterio se fundamenta en las pendientes longitudinales y transversales del terreno, que corresponden a las inclinaciones naturales medidas a lo largo y a lo ancho del eje de la vía.

Tipos de terreno:

Tabla 2.

Clasificación de un terreno de acuerdo con una pendiente transversal

Tipo de terreno	Pendiente Transversal (%)
Llano	Menor al 3%
Ondulado	3% al 6%
Montañoso	6% al 8%
Escarpado	Mayor al 8%

Fuente: Elaboración propia basado en Cárdenas Grisales (2013)

3.1.1.3.Según el Trafico Proyectado

El tráfico proyectado se basa en una estimación para un periodo de diseño de 15 a 20 años. La norma del Ministerio de Transporte y Obras Publicas (MTOP, 2003) establece una clasificación según el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). Tabla 3

Tabla 3.*Clasificación de Carreteras Según MTOP (2003)*

Función	Categoría de la Vía	TPDA
Corredor Arterial	R.I o R. II. (Tipo)	>8000
Corredor Arterial	I Todos	3000-8000
Colectora	II Todos	1000-3000
Colectora	III Todos	300-1000
Colectora	IV 5.5 E.6 y 7	100-300
Vecinal	v	<100

Fuente: Elaboración Propia basado en Norma de Diseño Geométrico (MTOP, 2003).

3.2.Diseño Geométrico

El diseño geométrico vial es el conjunto de parámetros técnicos que aseguran que las carreteras sean funcionales, seguras y eficientes para el tránsito vehicular. Incluye aspectos como velocidad de diseño, alineamientos, peraltes, radios mínimos de curvatura, entre otros elementos esenciales para la circulación vial (Gaber, 2015).

3.2.1. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño (V_d) es la base para determinar los parámetros geométricos de una carretera, ya que está relacionada con la seguridad, la comodidad del usuario y el tipo de terreno. Este valor representa la velocidad máxima que un vehículo puede mantener de forma segura bajo condiciones óptimas (Gaber, 2015).

3.2.1.1.Factores que influyen en la selección de V_d :

Tipo de vía: Carreteras primarias, secundarias o terciarias.

Topografía: En terrenos montañosos, la velocidad de diseño es menor debido a las limitaciones de las pendientes y curvas.

Densidad del tráfico: Mayor tráfico requiere velocidades más moderadas para garantizar la seguridad.

Tabla 4.

Tabla de velocidad de diseño recomendadas (MTOP, 2003)

Clasificación de la vía	Velocidad de diseño
Autopistas	120 km/h
Carreteras primarias	100 km/h
Carreteras secundarias	80 km/h
Carreteras terciarias	60 km/h

3.2.2. Alineamiento Horizontal

El alineamiento horizontal incluye rectas y curvas diseñadas para garantizar un tránsito seguro. El radio mínimo de curvatura depende de la velocidad de diseño, el peralte y el coeficiente de fricción (MTOP, 2003).

Tabla 5.

Radios mínimos de curvatura según velocidad de diseño

Velocidad de diseño (km/h)	Radio mínimo (m)	Peralte Máximo ($e_{máx}$)
40	40	0.08
60	120	0.08
80	250	0.10
100	450	0.12

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras (MTOP, 2003).

Tangentes rectas: Secciones lineales entre dos curvas consecutivas.

Curvas circulares: Elementos que conectan tangentes, utilizadas para cambiar la dirección de la vía.

Curvas de transición: Suavizan el cambio entre rectas y curvas circulares, mejorando la comodidad del conductor.

Cálculo del radio mínimo de una curva horizontal:

Ecuación 1. Ecuación del radio mínimo.

$$R = \frac{V_d^2}{g * (f + e)}$$

R: Radio mínimo (m).

V_d : Velocidad de diseño (m/s).

g: Aceleración gravitacional (9,81 m/s²).

f: Coeficiente de fricción lateral.

e: Peralte (en fracción decimal).

3.2.3. Alineamiento Vertical

El alineamiento vertical se refiere al perfil longitudinal de la carretera e incluye pendientes y curvas verticales. Este diseño es crítico para garantizar una conducción segura, especialmente en pendientes largas o cambios abruptos de gradiente.

Pendientes máximas permitidas: Según el tipo de vía y el terreno.

Curvas Verticales:

- **Convexas:** Diseñadas para garantizar visibilidad en crestas.
- **Cóncavas:** Facilitan la transición en valles y garantizan el drenaje.

Longitud mínima de una curva vertical

Ecuación 2. Longitud mínima de una curva vertical.

$$L = \frac{A}{K}$$

L: Longitud mínima (m).

A: Diferencia entre pendiente (%).

K: Constante basada en V_d .

Tabla 6.

Valores de K para curvas verticales convexas.

Velocidad de diseño (km/h)	K (m)
60	12
80	20
100	30
120	45

Fuente: ((INVIAS), 2013)

3.2.4. Peralte

El peralte (e) es la inclinación transversal de la calzada que permite contrarrestar las fuerzas centrífugas en curvas. Esto mejora la estabilidad de los vehículos y reduce el riesgo de deslizamientos (Gaber, 2015).

Ecuación 3. Formula del peralte

$$e = \frac{V_d^2}{g * R}$$

e: Peralte (Fracción decimal).

V_d : Velocidad de diseño (m/s).

R: Radio de curva (m).

El peralte máximo permitido varía entre el 8% y el 10% según las normas nacionales.

3.2.5. Radio Mínimo de Curvatura

El radio mínimo de curvatura depende de la velocidad de diseño, el coeficiente de fricción lateral y el peralte. Es un parámetro crucial en el diseño de curvas horizontales para garantizar.

3.2.6. Coeficiente de fricción lateral

El coeficiente de fricción lateral (f) es un valor adimensional que representa la resistencia entre el neumático del vehículo y la superficie del pavimento. Este valor varía según (Pérez A. , 2018):

Condiciones climáticas: Pavimentos mojados

Velocidad del vehículo: A mayor velocidad, menor fricción efectiva.

Tabla 7.

Valores de coeficiente de fricción lateral (f)

Velocidad (km/h)	Coeficiente (f)
40	0.16
60	0.15
80	0.14
100	0.13

Fuente: (Pérez A. , 2018)

3.2.7. Distancia de frenado

La distancia de frenado (d_b) considera el tiempo de reacción del conductor y la distancia requerida para detener completamente un vehículo.

Ecuación 4. Formula de d_b

$$D_f = \frac{V_d^2}{3.6} + t_r * \frac{V_d^2}{254 * f}$$

V_d : Velocidad de diseño en km/h.

tr: Tiempo de reacción (2.5 s).

f: Coeficiente de fricción lateral (Según la normativa de la (MTOP, 2003), se recomienda un valor entre 0.3 y 0.4).

3.2.8. Distancia de visibilidad en curvas horizontales

Esta distancia asegura que el conductor tenga tiempo suficiente para detenerse ante un obstáculo en una curva.

Ecuación 5. Formula de Visibilidad.

$$S = \frac{R}{\cos\theta}$$

3.2.9. Distancia de visibilidad de rebasamiento

Permite que un conductor evalúe si tiene suficiente espacio y tiempo para adelantar a otro vehículo sin colisiones.

3.2.10. Sobre anchos de curva

El diseño de sobreanchos en curvas horizontales está regulado por la Norma Ecuatoriana de Diseño Geométrico de Carreteras (MTOP, 2003), la cual establece los parámetros técnicos necesarios para garantizar la seguridad y confort de los usuarios en las curvas de carreteras.

Ecuación 6. Formula de Sobreancho

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 * \sqrt{R}}$$

S = Valor de sobreancho, metros.

n = Número de carriles de la calzada.

R = Radio de la curva circular, metros.

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

V = Velocidad de diseño, Km/hora.

3.3. Transito

El transito es fundamental para el diseño y la planificación de las carreteras, ya que su análisis permite dimensionar la infraestructura vial adecuada para soportar el volumen de vehículos que la utilizarán a lo largo del tiempo. Los factores de tránsito y sus correspondientes cálculos son esenciales para asegurar la seguridad y funcionalidad de las carreteras (Cardenas Grisales, 2013).

3.3.1. TPDA

El TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) es un término utilizado para describir la cantidad promedio de vehículos que pasan por una carretera o una sección de esta a lo largo de un año completo. Es una medida clave para evaluar el volumen de tráfico en una vía específica y se emplea en el diseño, mantenimiento y planificación de infraestructuras viales. Este factor determina utilizando la formula establecida por la norma de diseño geométrico de vías (MTOP, 2003).

Ecuación 7. Fórmula para el cálculo del TPDA.

$$TPDA = T_o * F_H * F_D * F_S * F_M$$

To: El total de vehículos en el periodo es el número de vehículos que circulan por el tramo de carretera en un año.

FH: Factor Horario.

FD: Factor Diario.

FS: Factor Semanal.

FM: Factor Mensual.

3.3.2. Trafico Futuro

El tráfico futuro proyecta el volumen de vehículos que se espera que circulen por una carretera en el futuro, considerando factores como el crecimiento poblacional y la urbanización. Se estima usando una tasa de crecimiento anual (Cardenas Grisales, 2013).

Ecuación 8. Fórmula para el cálculo de tráfico futuro.

$$\textit{Trafico futuro} = \textit{TPDA actual} * (1 + \textit{Tasa de crecimiento anual})^n$$

TPDA actual es el valor de tráfico actual.

Tasa de crecimiento anual es la tasa anual de crecimiento del tráfico (en porcentaje).

n es el número de años proyectados (MTOP, 2003).

3.3.3. Factor Horario

El factor horario permite ajustar el volumen de tránsito en función de las horas del día, identificando los picos de tráfico y la variabilidad entre las horas punta y las horas valle. Este factor es clave para el diseño de las infraestructuras viales, ya que permite estimar el tráfico máximo esperado en las horas críticas (MTOP, 2003).

Ecuación 9. Fórmula para calcular el Factor Horario.

$$\textit{Factor Horario} = \frac{\textit{Volumen maximo en una hora}}{\textit{Promedio horario de trafico}}$$

3.3.4. Factor Diario

Este factor estima las variaciones diarias en el tránsito. A menudo, los días laborales tienen más tráfico que los fines de semana. Este ajuste es crucial para prever los momentos de mayor congestión (MTOP, 2003).

Ecuación 10. Fórmula para calcular el Factor Diario

$$Factor\ Diario = \frac{Volumen\ maximo\ diario}{Volumen\ promedio\ diario}$$

3.3.5. Factor Semanal

El factor semanal refleja la variación del volumen de tránsito durante los días de la semana. Esta fórmula es útil para comprender los picos de tráfico durante los días laborales frente a los fines de semana.

Ecuación 11. Fórmula para calcular el Factor Semanal:

$$Factor\ Semanal = \frac{Volumen\ maximo\ semanal}{Volumen\ promedio\ semanal}$$

3.3.6. Factor Mensual

Este factor ajusta el volumen tráfico en función de las variaciones mensuales. Los meses de vacaciones o las temporadas festivas suelen tener un volumen de tránsito más alto.

Ecuación 12. Fórmula para calcular el Factor Mensual:

$$Factor\ Mensual = \frac{Volumen\ maximo\ mensual}{Volumen\ promedio\ mensual}$$

3.3.7. ESALs

Los ESALs (Equivalent Single Axle Loads) se utiliza para medir el daño potencial de los vehículos pesados sobre la carretera. Este parámetro es crítico para determinar la resistencia y durabilidad de las pavimentaciones (AASHTO, 1993).

Ecuación 13. Fórmula para el cálculo de ESALs:

$$ESAL = \frac{N}{80} * \left(\frac{W}{E}\right)^4$$

N: Número de ejes de un vehículo.

W: Peso del eje del vehículo (en kN).

E: Peso del eje estándar (80 kN).

Esta fórmula se utiliza para ajustar el volumen de tráfico, considerando que cada tipo de carga afecta el pavimento de manera distinta. El factor de equivalencia de carga (LEF) se utiliza para convertir las cargas de diferentes tipos de ejes en un valor estándar de 80 kN, permitiendo una comparación uniforme de los daños causados por las cargas (AASHTO, 1993).

3.3.8. Factores de carga equivalente (LEF)

EL LEF (Load Equivalency Factor) es un factor que expresa la relación entre el daño causado por un eje de un vehículo con un peso específico y el daño causado por un eje estándar de 80 kN. Este factor es utilizado para convertir el tráfico real, que incluye vehículos con ejes de diferentes pesos, en un número equivalente de ejes de 80 kN. Es esencial para evaluar el impacto real del tráfico sobre el pavimento, ya que los vehículos pesados causan mayor daño en comparación con los vehículos ligeros.

Ecuación 14. Fórmula general para calcular el LEF:

$$LEF = \left(\frac{W}{80}\right)$$

W: Peso del eje del vehículo (en kN).

80: Peso estándar de un eje en kN (eje estándar de referencia).

Este factor se utiliza en el cálculo de ESALs, que es el número equivalente de ejes estándar de 80 kN generados por un tráfico de vehículos con diferentes configuraciones de carga (AASHTO, 1993).

3.3.9. Factor camión

El factor camión se define como el número de ESALs generados por un vehículo específico, considerando la configuración de carga y los ejes de este. Este factor permite

estimar el impacto real de los vehículos comerciales sobre el pavimento, considerando el daño acumulado que producen. Es más preciso calcular factores individuales para cada categoría de camión en función de las condiciones del tráfico en estudio (AASHTO, 1993).

Ecuación 15. Fórmula para calcular el Factor Camión:

$$FC = \frac{\text{Total de ESALs generados por la categoría de camiones}}{\text{Número total de vehiculos de esa categoría}}$$

3.3.10. Clasificación de carreteras por Volumen de Transito

Las carreteras se clasifican en base al volumen de tráfico, expresado en TPDA. A continuación, se presenta una tabla con esta clasificación.

Tabla 8.

Clasificación de Carreteras por TPDA.

Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Fuente: (MTOP, 2003)

3.3.11. Clasificación de vías por su Función

Las carreteras se clasifican según su función en el sistema de transporte, para definir su importancia y nivel de servicio. Según el (MTOP, 2003), las vías se clasifican en:

3.3.11.1. Corredores Arteriales

Son las principales rutas que conectan grandes centros urbanos o regiones. Son de alta capacidad y tráfico elevado (Cardenas Grisales, 2013).

3.3.11.2. Vías Colectoras

Son las vías que conectan los corredores arteriales con las rutas locales. Tienen un volumen de tráfico moderado (MTOP, 2003).

3.3.11.3. Caminos Vecinales

Son las carreteras rurales con menor tráfico, que sirven para conectar zonas más pequeñas o comunidades rurales (Gómez P. , 2019).

3.3.12. Tipos de terreno

La clasificación del terreno es crucial en el diseño de carreteras, ya que influye en el tipo de pavimentación, la pendiente y la estabilidad de la infraestructura vial.

3.3.12.1. Terreno plano

Se caracteriza por tener pendientes menores al 3%. Las carreteras en este tipo de terreno suelen ser más fáciles de diseñar y construir (Cardenas Grisales, 2013).

3.3.12.2. Terreno ondulado

Presente pendientes de entre 3% y el 6%, lo que requiere un mayor análisis de drenaje y control de las pendientes (MTOP, 2003).

3.3.12.3. Terreno montañoso

Las carreteras en terrenos montañosos tienen pendientes superiores al 6%, lo que aumenta la complejidad en su diseño, requiriendo medidas de estabilidad y drenaje especializadas (Cardenas Grisales, 2013).

3.3.12.4. Terreno escarpado

En este tipo de terreno, las pendientes son superiores al 8% lo que genera grandes retos de construcción debido a los riesgos de deslizamientos y la complejidad del terreno (Gómez P., 2019).

3.4.Suelo

El suelo es la capa de superficie de la corteza terrestre formada por la descomposición de rocas y material orgánica. Es un recurso natural fundamental para la construcción de infraestructura vial, ya que sirve como base para las estructuras y pavimentos. Su composición, propiedades mecánicas y características físicas varían según factores como el clima, la topografía, y la materia original de la que se formó (Craig, 2004)

3.5.Topografía

La topografía es la ciencia que estudia las características físicas del terreno, representando de manera gráfica su relieve, forma y dimensiones. Es fundamental en la planificación y diseño de proyectos de ingeniería, especialmente en infraestructuras viales, ya que influye en el trazado, construcción y mantenimiento de las carreteras.

3.5.1. Estudio topográfico (Lidar)

El estudio topográfico mediante LIDAR es una técnica de levantamiento que utiliza pulsos láser para medir tridimensionales del terreno con alta precisión. Este sistema se ha vuelto fundamental en áreas como la ingeniería civil, la planificación territorial y la cartografía debido a su capacidad para recolectar grandes volúmenes de datos de manera eficiente y precisa (Gonzales, 2017)

3.6.Normativa técnica

La normativa técnica es un conjunto de directrices y requisitos establecidos por organismos especializados, con el fin de garantizar la calidad, seguridad y eficiencia en los

proyectos de ingeniería y construcción. Estas normativas permiten uniformizar las prácticas en diferentes disciplinas, asegurando que los proyectos cumplan con estándares nacionales e internacionales que minimizan los riesgos y optimizan recursos disponibles (Martínez, 2015).

En el ámbito de la ingeniería civil, la normativa técnica cubre aspectos fundamentales como el diseño de infraestructuras, las especificaciones de materiales y los procedimientos de construcción. Su aplicación es esencial para asegurar la durabilidad y funcionalidad de las obras, así como para cumplir con los requisitos legales y ambientales (Pérez J. &., 2017). Además, la normativa técnica facilita la interacción entre profesionales del sector, permitiendo una mejor coordinación entre ingenieros, arquitectos y contratistas, lo que resulta en proyectos más efectivos y seguros (Martínez, 2015).

3.7.AASHTO 93

AASHTO 93 (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993) es una de las normas más importantes en la ingeniería civil para el diseño de pavimentos flexibles. Esta normativa establece un método de cálculo para determinar los espesores de las capas de un pavimento asfáltico en función de varios factores, como las características del tráfico, las propiedades del suelo y las condiciones climáticas. El objetivo principal de AASHTO 93 es garantizar que los pavimentos sean diseñados para soportar el tránsito vehicular de manera segura y eficiente durante su vida útil (AASHTO, 1993).

AASHTO 93 es crucial porque proporciona una metodología estandarizada y científica para el diseño de pavimentos, lo que ayuda a asegurar que las infraestructuras viales sean seguras, duraderas y eficientemente construidas. Al seguir esta normativa, los ingenieros pueden evitar fallos prematuros en los pavimentos y garantizar un buen desempeño a lo largo de su vida útil (AASHTO, 1993).

3.8. Geotecnia

La geotecnia es una disciplina de la ingeniería civil que estudia las propiedades y el comportamiento del suelo y las rocas, con el propósito de garantizar la estabilidad y funcionalidad de las estructuras construidas sobre o dentro de ellos. Este campo permite diseñar soluciones técnicas seguras frente a problemas relacionados con el terreno, como cimentaciones, taludes, túneles, entre otros. Además, la geotécnica ayuda a identificar las características del suelo y a prever posibles riesgos como asentamientos, deslizamientos o licuefacción (E, 2010).

3.9. Estudios Geotécnicos

Los estudios geotécnicos son fundamentales en cualquier proyecto de ingeniería civil, ya que permiten evaluar las características físicas, mecánicas e hidráulicas del terreno para garantizar la seguridad y funcionalidad de las estructuras. Estos estudios comprenden una serie de ensayos en laboratorio y en campo que proporcionan información clave sobre la capacidad portante del suelo, su estabilidad y sus propiedades de compactación (González, 2018).

3.9.1. Ensayos de granulometría

El ensayo de granulometría es un procedimiento fundamental en los estudios geotécnicos que permite determinar la distribución del tamaño de las partículas en el suelo. Este análisis es crucial para clasificar los suelos y evaluar su comportamiento mecánico e hidráulico, aspectos esenciales en la ingeniería civil (Rodríguez, 2020).

El principal propósito del ensayo de granulometría es establecer como se distribuyen las partículas del suelo en función de su tamaño, clasificándolas en grava, arena, limo y arcilla. Esta información es utilizada para definir suelos según sistemas como el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) o la clasificación AASHTO.

3.9.2. Ensayos de Proctor Estándar y Proctor Modificado

El ensayo Proctor es una prueba geotécnica utilizada para determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca de un suelo compactado, lo que permite encontrar su máxima compactación y óptimo contenido de la humedad. Este ensayo es fundamental en proyectos de construcción, especialmente en carreteras, represas y rellenos (Gómez P. , 2019).

Proctor Estándar: Se emplea una menor energía de compactación, útil para condiciones de carga moderada, como caminos secundarios.

Proctor Modificado: Utiliza una mayor energía de compactación, adecuado para estructuras que requieren alta resistencia, como autopistas y aeropuertos.

Determinar el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima que puede alcanzar un suelo bajo condiciones controladas de compactación.

3.9.3. Ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio)

El ensayo de CBR es una prueba geotécnica que evalúa la capacidad portante de un suelo, es decir, su resistencia al corte bajo condiciones de carga específicas. Este ensayo es fundamental en el diseño de pavimentos para determinar la calidad del suelo como subrasante, subbase o base (Martinez, 2020).

Establecer un índice que compara la resistencia de un suelo en estudio con la resistencia de un suelo estándar de referencia, utilizando una carga axial aplicada de forma controlada.

3.10. Pavimentos

El pavimento es la estructura que cubre el suelo de las vías de tránsito, permitiendo el paso de vehículos, personas, y otros medios de transporte. Existen dos tipos principales de pavimentos: Flexibles y Rígidos. Cada tipo tiene características y métodos de diseño distintos, de acuerdo con las cargas que deben soportar y las condiciones del terreno (AASHTO, 1993).

3.10.1. Pavimentos flexibles

Un pavimento flexible es aquel cuyo diseño permite que la estructura soporta las cargas vehiculares mediante la distribución de estas a través de las capas de material. A diferencia de los pavimentos rígidos, que están hechos principalmente de concreto, los pavimentos flexibles están compuestos por varias capas de materiales que pueden deformarse ligeramente sin perder sus propiedades estructurales. Las capas principales de un pavimento flexible son la carpeta asfáltica, la base y la subbase (AASHTO, 1993).

3.10.1.1. Base

La base de un pavimento flexible es una de las capas fundamentales que conforman su estructura. Su principal objetivo es proporcionar una adecuada distribución de las cargas provenientes del tráfico hacia las capas inferiores y, finalmente, hacia el terreno subyacente. Esto asegura que las tensiones generadas por el tráfico no se transmitan directamente al suelo, lo que podría causar deformaciones o fallos en el pavimento. Además, la base también contribuye a la estabilidad y durabilidad del pavimento flexible (AASHTO, 1993).

3.10.1.2. Subbase

La subbase es una capa del sistema de pavimentos flexible que se coloca directamente debajo de la base y sobre el terreno subyacente o subrasante. Su función principal es proporcionar soporte adicional a las capas superiores, mejorando la distribución de las cargas del tráfico hacia las capas inferiores y protegiendo la estructura de la deformación o fallo prematuro. La subbase también desempeña un papel crucial en la mejora del drenaje del pavimento, lo que ayuda a prolongar la vida útil de la estructura (AASHTO, 1993).

3.10.1.3. Carpeta Asfáltica

La carpeta asfáltica es la capa superficie de un pavimento flexible, formada por una mezcla de agregados pétreos y material bituminoso que se compacta para crear una superficie resistente y uniforme. Esta capa tiene contacto directo con el tránsito vehicular y cumple funciones críticas tanto estructurales como funcionales en el sistema del pavimento (AASHTO, 1993).

3.10.2. Pavimento Rígido

El pavimento rígido es un tipo de estructura de pavimentación que utiliza concreto hidráulico como capa principal. Se caracteriza por su alta capacidad para soportar cargas pesadas y distribuir las de manera eficiente sobre una base o subbase bien preparada. Este tipo de pavimento es ideal para carreteras de alto tránsito, aeropuertos y áreas industriales (AASHTO, 1993).

3.11. *Diseño de Pavimentos Flexibles*

El diseño de pavimentos flexibles implica determinar las dimensiones y características estructurales necesarias para soportar las cargas vehiculares durante su vida útil. Los pavimentos flexibles están compuestos por capas superpuestas que trabajan en conjunto para distribuir las cargas hacia el suelo de fundación (AASHTO, 1993).

3.11.1. Confiabilidad R

La confiabilidad es un parámetro fundamental en el diseño de pavimentos flexibles, que permite considerar las incertidumbres inherentes en las variables de diseño, como el tráfico, las propiedades de los materiales y las condiciones ambientales. Representa el nivel de seguridad deseado, expresado como un porcentaje que indica la probabilidad de que el pavimento cumpla con los niveles de servicio previstos durante su vida útil. Según la (AASHTO, 1993), los niveles de confiabilidad varían según la categoría de la vía; por ejemplo, para carreteras principales, se recomienda un nivel de confiabilidad entre el 90% y el 99%.

Este parámetro se incorpora en el diseño ajustando el cálculo de la pérdida de serviciabilidad (ΔPS) y el número estructural (SN) a través el valor Z_R , que se determine con la función inversa de la distribución normal estándar. Al aumentar el nivel de confiabilidad, se incrementa el espesor requerido de las capas del pavimento, garantizando mayor durabilidad y menor probabilidad de fallas prematuras, aunque con un aumento en los costos de construcción (AASHTO, 1993).

Tabla 9.

Niveles de confiabilidad, R .

Tipo de Carretera	Nivel de confiabilidad, R (%)			
	urbana		Interurbano	
Autopistas y carreteras importantes	85	99.9	80	99.9
Arterias principales	80	99	75	95
Colectoras	80	95	75	95
Locales	50	80	50	80

Fuente: (AASHTO, 1993).

3.11.2. Desviación Estándar

La desviación estándar es una medida de dispersión que indica la cantidad de variabilidad o dispersión de un conjunto de datos. En el diseño de pavimentos, se utiliza para comprender la variabilidad en los factores que afectan el comportamiento del pavimento, tales como el tráfico, las cargas y las propiedades del suelo. (AASHTO, 1993) señala que la desviación estándar es un componente clave para estimar el impacto de estas variables sobre el rendimiento de la estructura del pavimento a lo largo del tiempo. Este valor se calcula como la raíz cuadrada de la varianza, lo que permite evaluar la dispersión de datos con respecto a su media.

Según (AASHTO, 1993), esta medición ayuda a ajustar los cálculos de diseño para reflejar la posible variabilidad en las condiciones reales del tráfico y el medio ambiente, lo que resulta en una mayor precisión y seguridad en el diseño.

Tabla 10

Valores de Zr

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.75

Fuente: (AASHTO, 1993).**3.11.3. Error normal combinado**

El error normal combinado es el resultado de la combinación de varios errores individuales que pueden afectar la precisión de las mediciones y los cálculos realizados durante el diseño de pavimentos. Este error se considera como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los errores individuales, lo que permite estimar la incertidumbre total en las mediciones de las variables de diseño. Según (AASHTO, 1993), el error normal combinado es un factor crucial a la hora de evaluar la precisión de los resultados y las proyecciones de desempeño de los pavimentos a largo plazo.

Tabla 11.

Desviación Estándar.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR S_o		
PROYECTO DE PAVIMENTO	FLEXIBLE	RÍGIDO
	0.4 - 0.5	0.3 - 0.4
CONSTRUCCION NUEVA	0.45	0.35
SOBRECAPA	0.5	0.4

Fuente: (AASHTO, 1993).**3.11.4. Módulo resiliente de la subrasante M_r .**

El módulo resiliente de la carpeta asfáltica es un parámetro crítico en el diseño de pavimentos flexibles, ya que indica la capacidad del material asfáltico para resistir deformaciones bajo cargas repetidas. Este valor depende de varios factores, como la temperatura, el tipo de mezcla asfáltica y la frecuencia de carga. Generalmente, el M_R de las

carpetas asfálticas varia entre 1,000 y 3,000 MPa, siendo más alto a bajas temperaturas y disminuyendo conforme aumenta la temperatura.

La (AASHTO, 1993), recomienda considerar este parámetro en el análisis estructural, ya que influye directamente en la capacidad del pavimento para soportar las cargas del tráfico. Las mezclas con un módulo resiliente adecuado ofrecen mayor resistencia a las deformaciones plásticas, como el ahuellamiento, y mejoran la durabilidad del pavimento (AASHTO, 1993).

3.11.5. Numero Estructural

El número estructural es un parámetro fundamental en el diseño de pavimentos flexibles según la metodología de la (AASHTO, 1993). Representa la capacidad estructural total del pavimento para resistir las cargas del tráfico a lo largo de su vida útil. Este valor integra las propiedades de cada capa del pavimento (Carpeta asfáltica, base y subbase), ponderadas por sus respectivos coeficientes estructurales.

Ecuación 16. Fórmula SN

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

a_1, a_2, a_3 : Coeficientes estructurales de la carpeta asfáltica, base y subbase.

D_1, D_2, D_3 : Espesores de las capas en pulgadas.

m_1, m_2 : Factores de drenaje de la base y subbase.

Un SN adecuado asegura que el pavimento pueda soportar las cargas repetidas del tráfico y las condiciones ambientales durante su vida útil. Los valores típicos del SN oscilan entre 3 y 6 para carreteras de baja a media intensidad de tráfico y mayores para autopistas y carreteras principales.

Tabla 12.

Coeficientes Típicos para el Cálculo del Número Estructural.

Capa	Coefficiente Estructural (a)	Espesor Típico (D) (pulgadas)
Carpeta Asfáltica	0.30 – 0.44	3 - 6
Base	0.10 – 0.20	4 – 8
Subbase	0.05 – 0.12	6 – 12

Fuente: (AASHTO, 1993)

Ilustración 2.

Ábaco para el cálculo del coeficiente a_1 para asfalto.

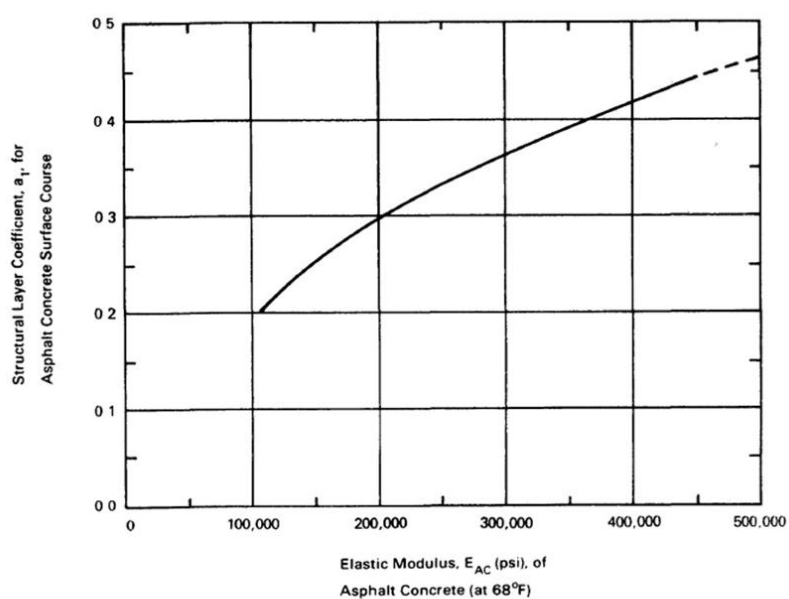


Figure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-Graded Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (3)

Fuente: (AASHTO, 1993)

Ilustración 3.

Ábaco para el cálculo del coeficiente a_3 para subbase.

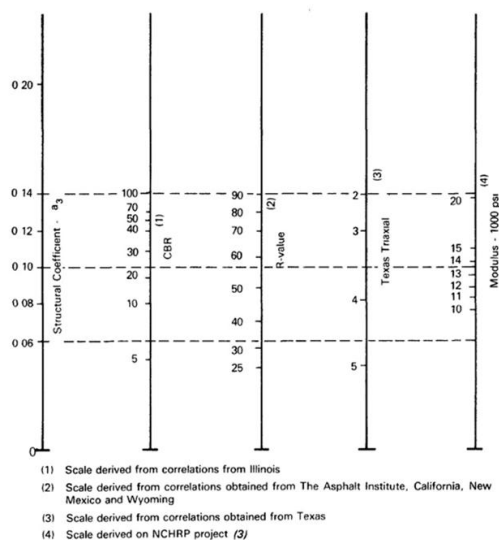


Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

Fuente: (AASHTO, 1993)

Ilustración 4.

Ábaco para el cálculo del coeficiente a_2 para Base.

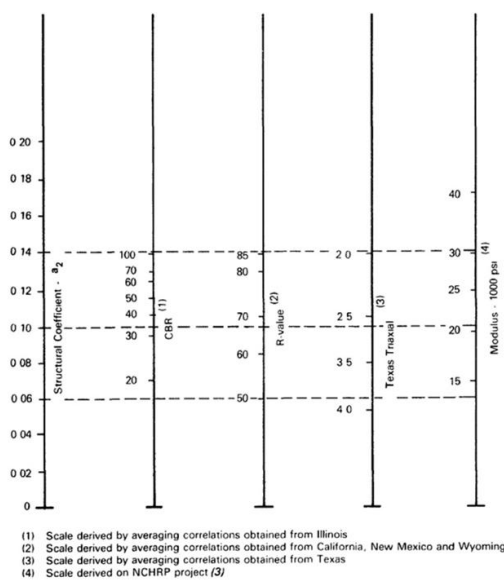


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

Fuente: (AASHTO, 1993)

3.11.6. Pérdida de serviciabilidad

La pérdida de serviciabilidad (PS) es uno de los parámetros más importantes en el diseño y análisis de pavimentos, ya que se refiere al deterioro que experimenta la estructura del pavimentado a lo largo del tiempo. Según la (AASHTO, 1993), la pérdida de serviciabilidad es un indicador de la funcionalidad del pavimento y se puede definir como la diferencia entre la condición inicial y la condición final del pavimento a lo largo de su vida útil.

Ecuación 17. Fórmula de la Pérdida de Serviciabilidad.

$$PS = P_o - P_f$$

PS: Pérdida de serviciabilidad.

P_o : Índice de serviciabilidad inicial.

P_f : Índice de serviciabilidad final.

El índice de serviciabilidad es una medida subjetiva que refleja la calidad de la superficie del pavimento, y se obtiene a través de inspecciones visuales y mediciones de la condición del pavimento (AASHTO, 1993).

3.11.7. Características del drenaje

En el diseño de pavimentos, es fundamental considerar la calidad del drenaje, especialmente cuando se incorporan subrasantes con baja permeabilidad. Aunque las condiciones ideales de drenaje tienden a favorecer un diseño más duradero, los métodos modernos de pavimentación, especialmente en suelos con baja permeabilidad, permiten al diseñador elegir el nivel deseado de capacidad de drenaje según las condiciones específicas del proyecto. La (AASHTO, 1993), recomienda ciertos valores basados en la exposición a la humedad y la calidad del drenaje presente. Estos valores son fundamentales para garantizar

que el agua no se acumule dentro de las capas del pavimento, lo que podría deteriorar la estructura a lo largo del tiempo.

Según (AASHTO, 1993), la calidad del drenaje se clasifica en varios niveles dependiendo de la exposición a la humedad y la capacidad del drenaje para evacuar el agua adecuadamente. Esto influye en el diseño de la subbase y base, ya que determina la elección de materiales y de forma en que se deben construir los sistemas de drenaje.

Ilustración 5.

Calidad del drenaje según exposición a la humedad

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: (AASHTO, 1993)

3.11.8. Diseño Estructural

El diseño estructural de pavimentos flexibles es esencial para garantizar la durabilidad y eficiencia de las carreteras que deben soportar un alto volumen de tráfico, especialmente en áreas con más de 50,000 vehículos equivalentes de carga de 8.2 toneladas. Según (AASHTO, 1993), para estos tipos de carreteras, el diseño se fundamenta en la capacidad de la estructura de pavimento para soportar el tráfico y el comportamiento del pavimento bajo cargas repetidas.

Ecuación 18. Fórmula de Diseño.

$$\text{Log}W18 = ZR * S_o + 9.36\text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{LOG}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} + 2.32\text{Log}(Mr) - 8.07$$

W18: Número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas.

ZR: Desviación estándar normal.

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

ΔPSI : Diferencias entre los índices de serviciabilidad.

Mr: Módulo resiliente.

SN: Número estructural.

3.11.9. Análisis de espesores

El análisis de espesores de pavimentos es una parte fundamental en el diseño de carreteras, ya que determina el grosor de las diferentes capas de material que conforman el pavimento, dependiendo de las condiciones del suelo, el tránsito esperado y los materiales disponibles. Para pavimentos flexibles, el espesor de las capas de subbase, base y carpeta asfáltica se determina a partir de la carga de tráfico y la capacidad del suelo subyacente. La (AASHTO, 1993) proporciona una metodología detallada basada en las ecuaciones de diseño estructural que incluyen un análisis de la resistencia de las capas, que considera los módulos resilientes de los materiales y el número estructural (SN).

Tabla 13.

Espesores Mínimos de capa (in)

W18 (10⁶)	ESPESOR MINIMO EN PULGADAS	
	CAPA ASFALTICA	BASE GRANULAR
< 0.05	TSD	4
0.05 - 0.15	2	4
0.15 – 0.5	2.5	4
0.5 - 2	3	6
2 - 7	3.5	6
> 7	4	6

Fuente: (AASHTO, 1993).**Ecuación 19.** Espesor de la carpeta asfáltica.

$$h1 = \frac{SN1}{a1}$$

Ecuación 20. Espesor de la base.

$$h2 = \frac{SN2 - SN1}{a2 * m2}$$

Ecuación 21. Espesor de la subbase.

$$h3 = \frac{SN3 - SN2}{a3 * m3}$$

3.12. Señalización Vertical

La señalización vertical es un componente crucial en el diseño y la seguridad vial, ya que proporciona información a los conductores sobre las condiciones de la vía y las normas que deben seguir para garantizar la seguridad en la circulación. Esta señalización incluye señales de advertencia, la regulación y de información, y su colocación debe cumplir con normas y directrices específicas para asegurar su efectividad (AASHTO, 1993).

3.13. Señalización Horizontal

La señalización horizontal es una parte fundamental de la infraestructura vial, complementando a la señalización vertical al proporcionar guías visuales directas sobre la calzada. Consiste en marcas pintadas sobre la superficie de la carretera y es crucial para orientar a los conductores, delimitando los carriles, las zonas de seguridad y las áreas de advertencia. Las marcas horizontales proporcionan información sobre el trazado de la vía, las restricciones de circulación y las zonas de peligro, mejorando seguridad vial (AASHTO, 1993).

3.13.1. Colores

El uso de colores en la señalización vertical y horizontal es esencial para garantizar la seguridad vial y mejorar la visibilidad de las señales. Los colores son una herramienta fundamental para transmitir mensajes rápidos y efectivos a los conductores, ayudando a regular el tráfico, a advertir sobre peligros y a proporcionar información sobre las condiciones de la vía (AASHTO, 1993).

3.13.2. Distancia de Legibilidad

La distancia de legibilidad es el intervalo máximo desde el cual una señal es visible y comprensible para los conductores o peatones, con el objetivo de que estos puedan interpretar y reaccionar adecuadamente ante la información proporcionada por la señal. La distancia de legibilidad depende de varios factores, como el tamaño y diseño de la señal, el color, el contraste, las condiciones de iluminación y la velocidad de circulación de los vehículos (AASHTO, 1993).

3.13.3. Señales de Información

Las señales de información son un tipo de señalización vertical que tiene como objetivo proporcionar información adicional al conductor sobre el entorno, las condiciones de la vía o los servicios disponibles en la carretera. Estas señales no indican una acción obligatoria o de

advertencia, si no que sirven para orientar, informar o facilitar la navegación de los conductores (AASHTO, 1993).

3.13.3.1. Ubicación

La ubicación de las señales de información es crucial para garantizar que los conductores tengan suficiente tiempo y visibilidad para reaccionar a la información proporcionada. La correcta colocación de estas señales ayuda a mejorar la seguridad vial y a optimizar la circulación de vehículos (AASHTO, 1993).

3.13.3.2. Diseño de flechas

El diseño de flechas en señalización vial tiene como objetivo orientar a los usuarios sobre las direcciones y movimientos permitidos en la vía. Según (INEN, 2011), estas señales deben cumplir con estándares técnicos que garanticen su correcta interpretación y visibilidad en diferentes condiciones de tránsito.

Las flechas pueden clasificarse de la siguiente manera:

Flechas de giro: Indican cambios de dirección permitidos.

Flechas de movimiento obligatorio: Señalan direcciones que deben seguirse de forma obligatoria.

Flechas combinadas: Combinan opciones de giros o movimientos rectos y permiten múltiples direcciones.

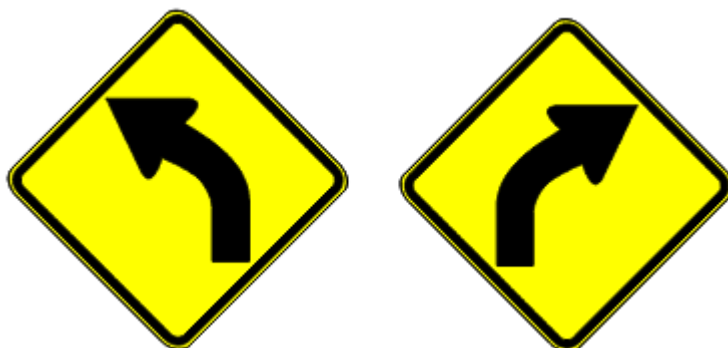
Cada flecha debe cumplir con requisitos técnicos específicos, como dimensiones estandarizadas, color blanco reflectante sobre fondo negro o pavimento, y ubicación precisa en el carril correspondiente. Estas medidas garantizan que los conductores puedan interpretarlas rápidamente, reduciendo el riesgo de accidentes (INEN, 2011).

3.13.3.3. Imágenes de Flechas (Señales)

Flechas de curvas abiertas:

Ilustración 6.

Curvas abiertas derecha e Izquierda.



Fuente: (INEN, 2011)

Flechas combinadas (giro y movimiento recto):

Ilustración 7.

Vía lateral en curva izquierda o derecha.



Fuente: (INEN, 2011)

3.13.3.4. Soportes para señales de información

Los soportes para señales de información son fundamentales para garantizar que las señales sean visibles y estables en su ubicación. De acuerdo con el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 004-1, los soportes deben estar diseñados para resistir las condiciones

climáticas adversas y la interacción con los vehículos, asegurando que las señales mantengan su efectividad a lo largo del tiempo (INEN, 2011).

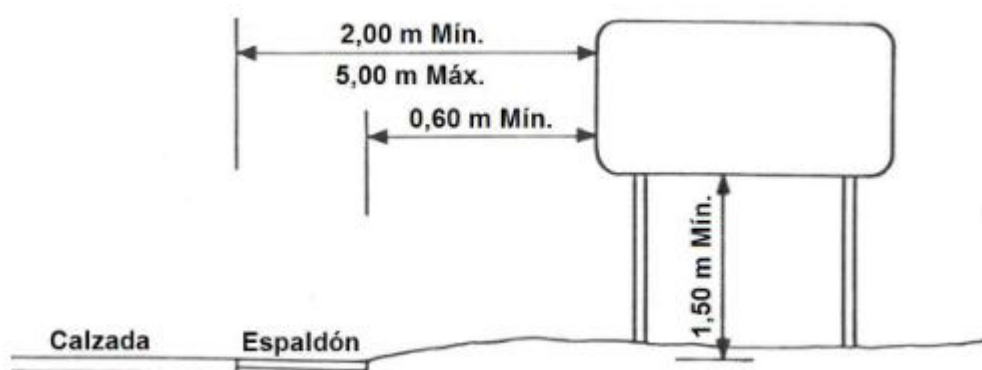
3.13.3.5. TIPOS DE SOPORTE

Los soportes pueden ser de diferentes materiales, como acero galvanizado, aluminio o concreto. La elección del material dependerá de factores como el clima local, el tráfico de la vía, y la durabilidad que se requiere para cada tipo de señal. Además, el tamaño y la estructura del soporte deben ser adecuados para el tipo de señal, garantizando su visibilidad y seguridad.

Soporte normal de dos postes-Rural:

Ilustración 8.

Soporte normal de dos postes en zonas Rurales.

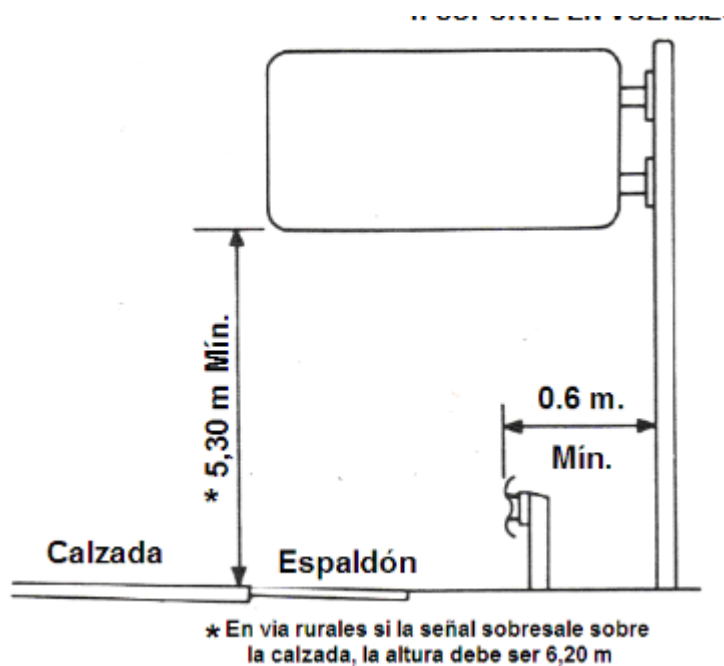


Fuente: (INEN, 2011)

Soporte en Voladizo:

Ilustración 9.

Soporte en Voladizo

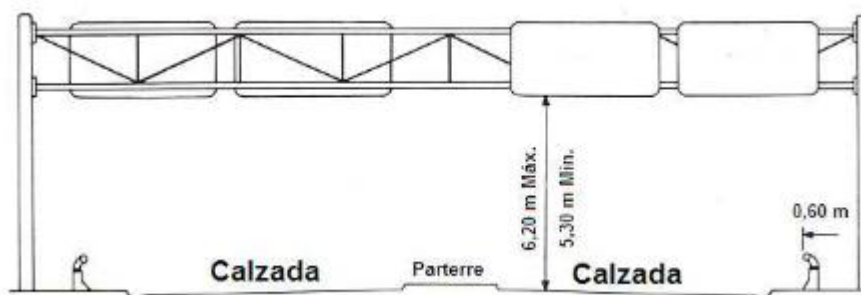


Fuente: (INEN, 2011)

Soporte Tipo Pórtico:

Ilustración 10.

Soporte Tipo Pórtico.



Fuente: (INEN, 2011)

3.13.4. Señales Regulatorias

Las señales regulatorias son aquellas que tienen como objetivo principal informar a los conductores sobre las regulaciones y normativas que deben seguir en la vía. Estas señales están

diseñadas para imponer restricciones o indicar los comportamientos que se deben o no realizar en las vías, con el fin de garantizar la seguridad y el orden del tránsito (INEN, 2011).

3.13.4.1. Tipos de señales regulatorias

Señal de parada:

Ilustración 11.

Señal de parada.



Fuente: (INEN, 2011).

Señales de ceda el paso:

Ilustración 12.

Señal de Ceda el Paso.



Fuente: (INEN, 2011).

Señales de prohibición de giro a la derecha y la izquierda:

Ilustración 13.

Señal prohibida virar a los dos sentidos.



Fuente: (INEN, 2011).

3.13.4.2. Clasificación de señales regulatorias

La clasificación de señales regulatorias se refiere a cómo se agrupan las señales que regulan el comportamiento del conductor en las vías, de acuerdo con la función que cumplen. Estas señales son fundamentales para la seguridad vial, ya que indican las normas y regulaciones que deben ser obedecidas por los conductores. A continuación, se describen las principales categorías dentro de las señales regulatorias (INEN, 2011):

Señales de Obligación:

Ilustración 14.

Señales de Obligación.



Fuente: (INEN, 2011).

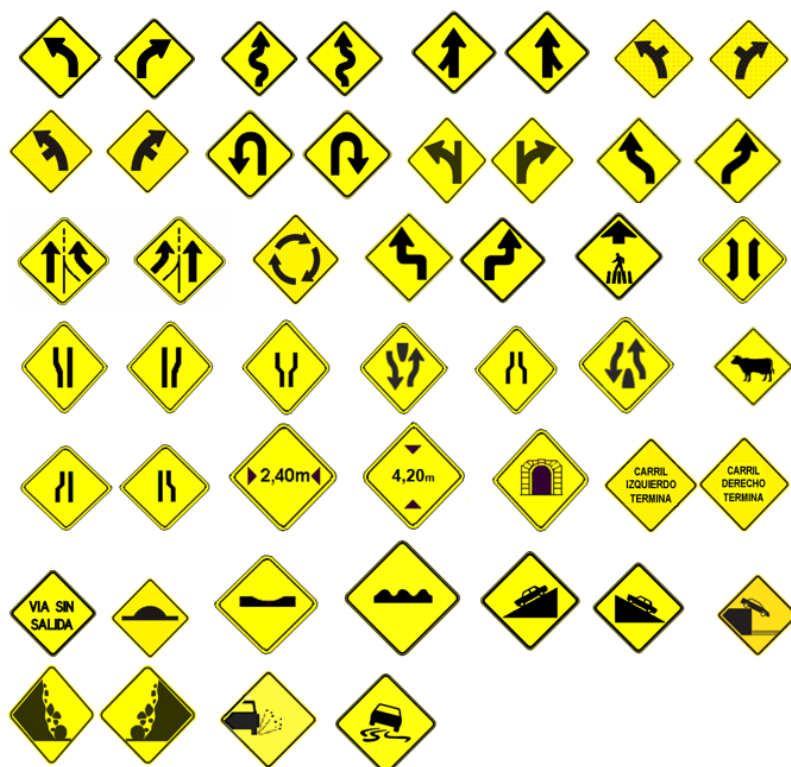
Señales de Prohibición:

Fuente: (INEN, 2011)

Señales de Advertencia:

Ilustración 15.

Señales de Advertencia.



Fuente: (INEN, 2011)

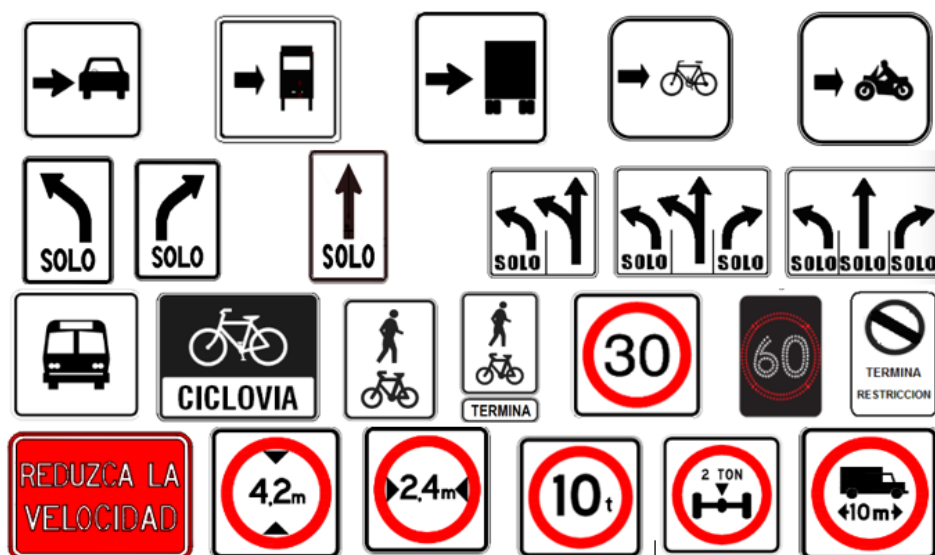
3.13.5. Señales Preventivas

Las señales preventivas son aquellas que alertan a los conductores sobre posibles peligros o condiciones de tránsito que podrían requerir una modificación en su comportamiento al volante. Estas señales son fundamentales para reducir el riesgo de accidentes y permitir que los conductores tomen decisiones anticipadas para evitar situaciones peligrosas. A continuación, se presentan las principales categorías dentro de las señales preventivas:

3.13.5.1. Señales de visibilidad:

Ilustración 16.

Señales de visibilidad.



Fuente: (INEN, 2011).

3.13.5.2. Señales de trabajos en la vía:

Ilustración 17.

Señales de trabajo en vía.



Fuente: (INEN, 2011).

3.14. Señalización Horizontal

La señalización horizontal se refiere a las marcas y símbolos pintados sobre la superficie de la carretera, que sirven para orientar y regular el tráfico de manera visible y clara. Estas señales son fundamentales para el control del flujo vehicular, la seguridad de los conductores y la correcta circulación de los vehículos en la vía. Se utiliza principalmente para marcar carriles, delimitar áreas de estacionamiento, advertir sobre peligros y guiar el comportamiento del conductor en diferentes situaciones de tránsito (INEN, 2011).

3.14.1. Ubicación

La ubicación de la señalización horizontal, según (INEN, 2011), debe garantizar la visibilidad y seguridad de los usuarios de la vía. Estas marcas se aplican directamente sobre la superficie del pavimento de zonas estratégicas, como intersecciones, cruces, curvas peligrosas, límites de calzada y áreas de adelantamiento. Su distribución debe seguir criterios técnicos que orienten a los conductores en la circulación, utilizando materiales reflectantes que aseguren su visibilidad material reflectantes que aseguren su visibilidad en condiciones de poca luz o mal clima. Este enfoque busca minimizar riesgos y mejorar el flujo vehicular en todas las condiciones de tránsito.

3.14.2. Color

El color en la señalización horizontal, según la (INEN, 2011), desempeña un papel fundamental para transmitir información clara y comprensibles a los usuarios de la vía. Los colores más utilizados incluyen el blanco, para delimitar carriles y zonas de circulación permitida; el amarillo, para marcar restricciones como líneas de no adelantamiento o separación de flujos en sentidos opuesto; y el azul o rojo en casos especiales, como zonas de estacionamiento o áreas restringidas para asegurar uniformidad y comprensión universal, contribuyendo así a la seguridad vial.

3.14.3. Retro reflexión

La retro reflexión en la señalización horizontal es un elemento esencial para garantizar la visibilidad de las marcas viales, especialmente durante la noche o bajo condiciones climáticas adversas. Este fenómeno permite que la luz emitida por los faros de los vehículos sea devuelta hacia el conductor, mejorando la percepción de las líneas y símbolos en la calzada. Según la (INEN, 2011), los materiales utilizados en la pintura, como microesferas de vidrio o compuestos reflectantes, deben cumplir con estándares específicos de reflectividad para asegurar un rendimiento óptimo. Esto contribuye significativamente a la seguridad vial, permitiendo una conducción más segura en condiciones de baja iluminación.

3.14.4. Líneas Longitudinales

Las líneas longitudinales son marcas viales pintadas a lo largo de la calzada que regulan y guían el flujo vehicular, delimitando carriles y estableciendo normas de adelantamiento. Según la (INEN, 2011), se clasifican en:

3.14.4.1. Doble línea continua (Línea de barrera)

La doble línea continua o línea de barrera es un elemento de la señalización horizontal que cumple la función de prohibir el adelantamiento en ambas direcciones en una vía. Según (INEN, 2011), este tipo de línea se utiliza en las siguientes situaciones: Zonas de alta peligrosidad, Intersecciones críticas, Secciones estrechas de la carretera.

La doble línea continua está compuesta por dos líneas paralelas de color amarillo, que separa el flujo de tráfico en direcciones opuestas, reforzando la prohibición de rebasar. Este sistema mejora la seguridad vial al reducir los riesgos asociados con adelantamientos imprudentes en áreas de alta vulnerabilidad (INEN, 2011).

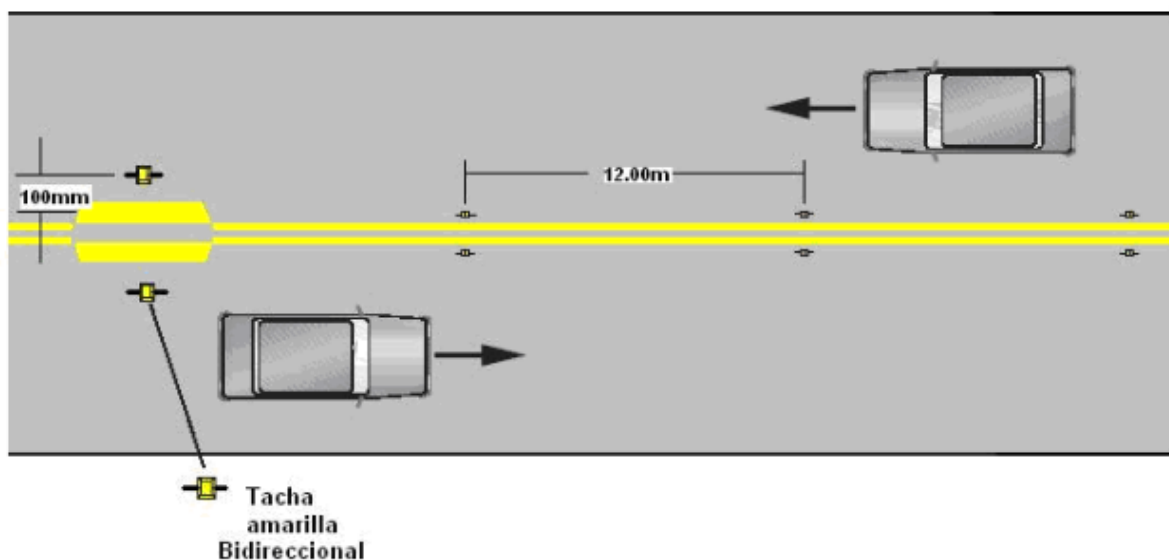
Tabla 14.

Doble línea continua (línea de barrera)

Parámetros	Especificación
Color	Amarillo
Ancho de línea	10 cm mínimo
Espaciado entre líneas	0 cm (líneas continuas)
Material	Pintura reflectante

Fuente: (INEN, 2011).**Ilustración 18.**

Doble línea continua.

*Fuente:* (INEN, 2011).**3.14.4.2. Doble línea mixta**

La doble línea mixta es un tipo de señalización horizontal que combina una línea continua con una línea discontinua para separar carriles de circulación en direcciones opuestas. Este diseño indica que el adelantamiento está permitido únicamente para el sentido de tráfico ubicado junto a la línea discontinua, mientras que para el lado de la línea continua el adelantamiento está estrictamente prohibido (INEN, 2011).

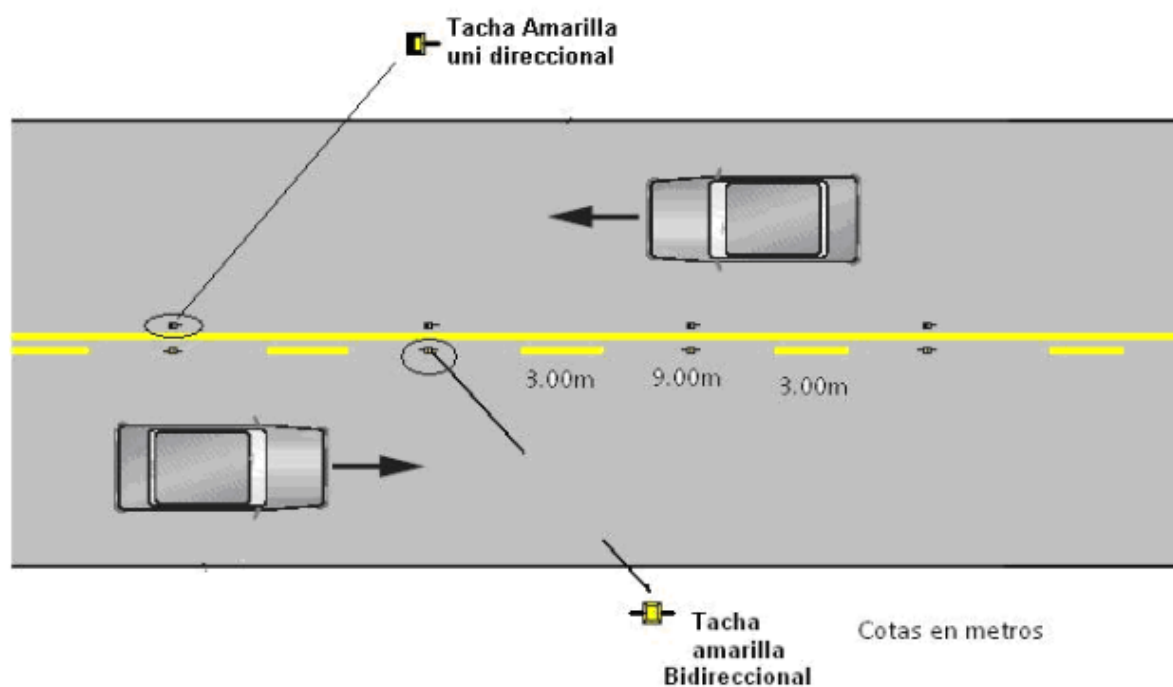
Tabla 15.
Especificaciones

Parámetro	Especificación
Color	Amarillo
Ancho de líneas	10 cm mínimo
Longitud de segmentos	3 m
Espacio entre segmentos	9 m
Material	Pintura reflectante

Fuentes: (INEN, 2011).

Ilustración 19.

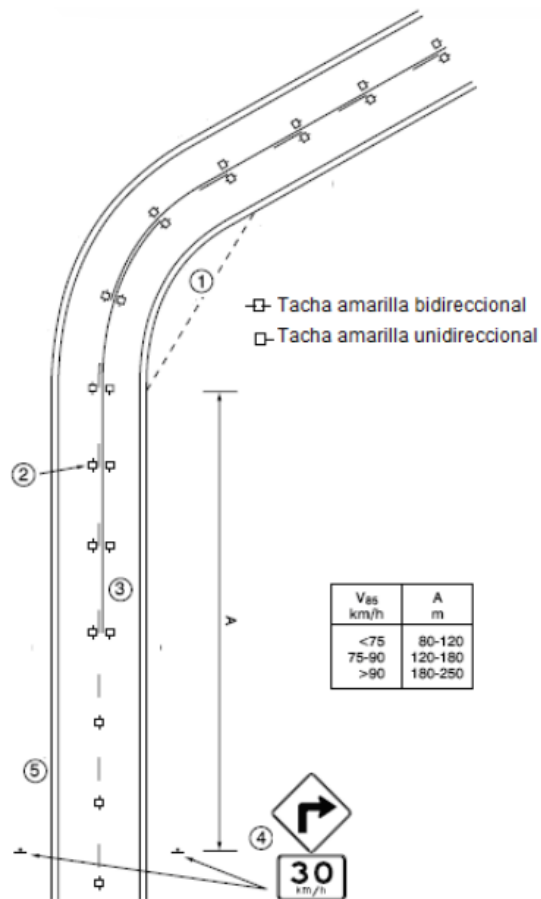
Doble línea mixta.



Fuente: (INEN, 2011).

Ilustración 20.

Líneas de separación mixtas.



Fuente: (INEN, 2011).

3.14.5. Zonas de no rebasar

Las zonas de no rebasar son segmentos específicos de la vía en los que se prohíbe estrictamente adelantar a otros vehículos. Estas zonas están diseñadas para garantizar la seguridad vial en tramos donde las condiciones geométricas o de visibilidad representan un alto riesgo. La señalización de estas áreas se realiza principalmente mediante líneas continuas amarillas pintadas en el eje de la calzada (INEN, 2011).

3.14.5.1. Zona de NO REBASAR en curva vertical

En las curvas verticales, las zonas de no rebasar son implementadas debido a la disminución de la visibilidad generada por cambios abruptos en la pendiente del terreno, como ocurre en crestas o depresiones pronunciadas. Estas áreas están diseñadas para evitar maniobras

de adelantamiento que puedan resultar en colisiones frontales, especialmente en carreteras de doble sentido (INEN, 2011).

Tabla 16.

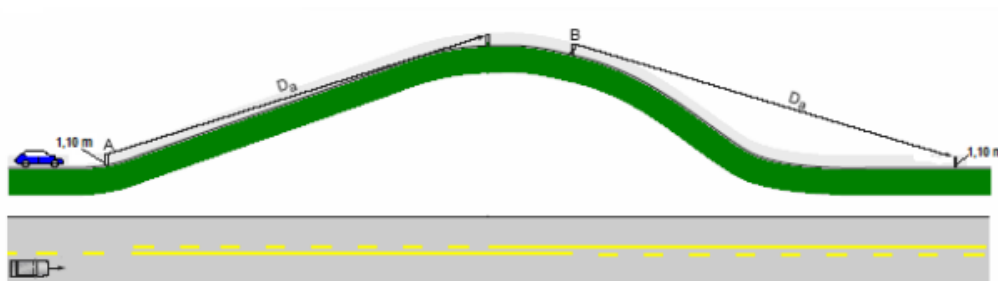
Especificaciones:

Parámetros	Especificaciones
Color de línea	Amarillo
Tipo de línea	Doble continua
Material	Pintura reflectante con alta durabilidad
Ubicación	Crestas o depresiones con visibilidad reducida

Fuente: (INEN, 2011).

Ilustración 21.

Zona de No rebosar en curva vertical.



Fuente: (INEN, 2011).

3.14.5.2. Zona de NO REBASAR en curva horizontal

En las curvas horizontales, las zonas de no rebasar son esenciales para garantizar la seguridad vial en tramos donde la visibilidad está restringida debido a la geometría de la vía. Estas zonas están diseñadas para prevenir colisiones frontales al restringir maniobras de adelantamiento en lugares donde los conductores no pueden visualizar adecuadamente el tráfico en sentido contrario (INEN, 2011).

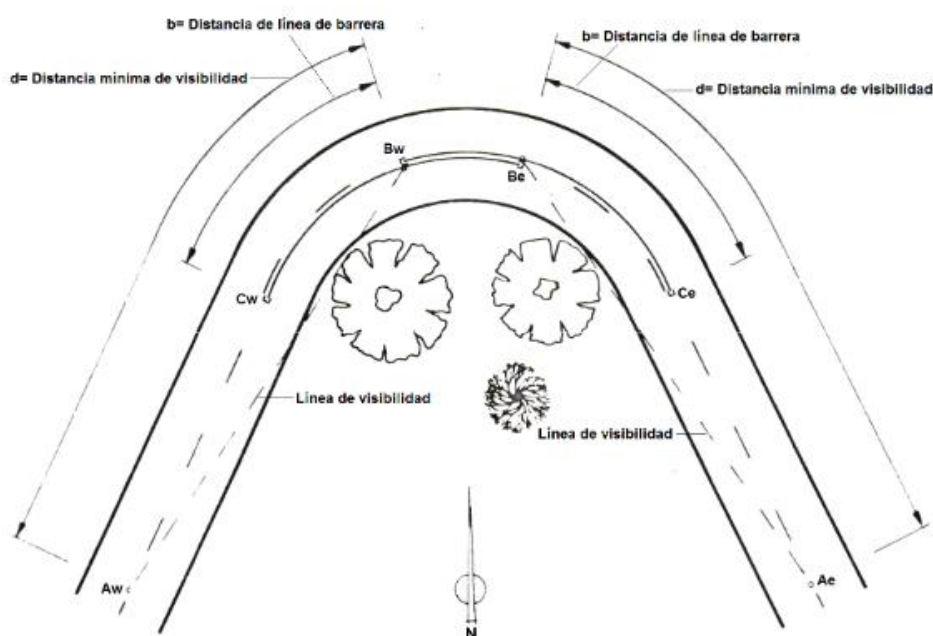
Tabla 17.

Especificaciones:

Parámetro	Especificación
Color de línea	Amarillo
Tipo de línea	Doble continua
Radio mínimo de curva	Según diseño geométrico de la vía
Material	Pintura con retro reflectancia
Longitud mínima de zona	Determinada por el alcance de visibilidad de rebose (AVR)

*Fuente: (INEN, 2011).***Ilustración 22.**

Zonas de NO REBASAR en curvas horizontales.

*Fuente: (INEN, 2011).***3.14.6. Líneas de borde de calzada**

Las líneas de borde de calzada son elementos esenciales de la señalización horizontal, utilizadas para delimitar los extremos de la vía, proporcionando una guía visual clara para los conductores, especialmente en condiciones de baja visibilidad. Estas líneas ayudan a mejorar

la seguridad vial y facilitan el tránsito ordenando al marcar el espacio destinado al uso vehicular (INEN, 2011).

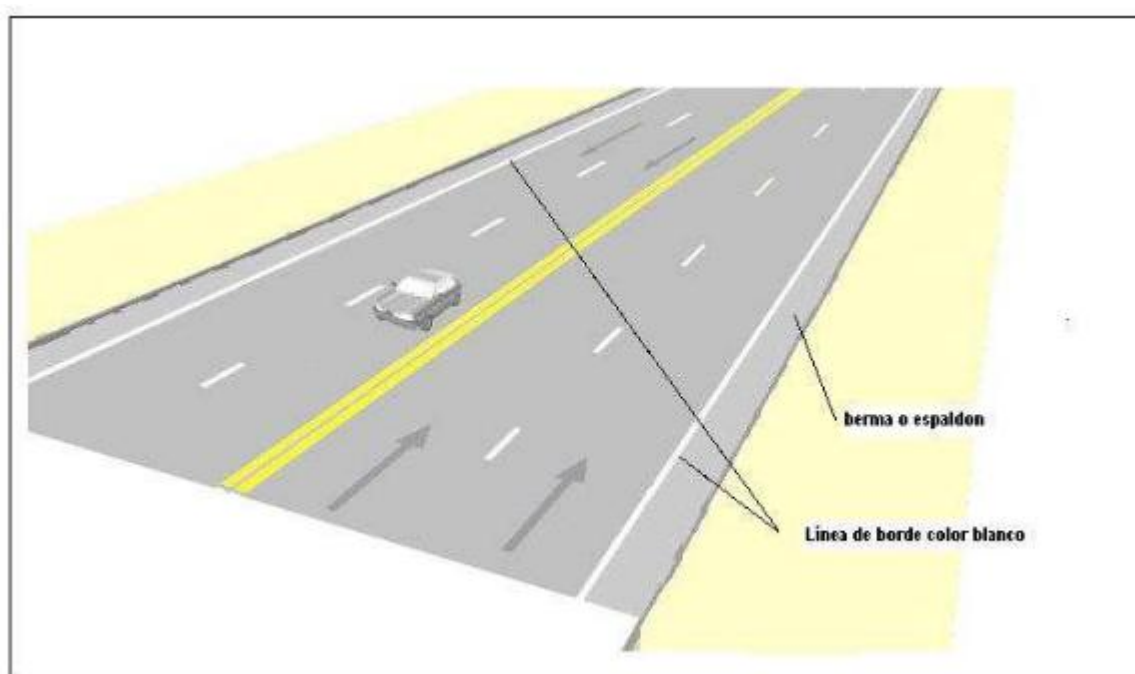
Tabla 18.
Especificaciones.

Parámetro	Especificación
Color	Blanco (un sentido) / amarillo (doble sentido)
Ancho	10 a 15 cm
Tipo	Continua o discontinua
Material	Pintura retro reflectante

Fuente: (INEN, 2011).

Ilustración 23.

Señalización líneas de borde



Fuente: (INEN, 2011).

3.14.7. Líneas transversales

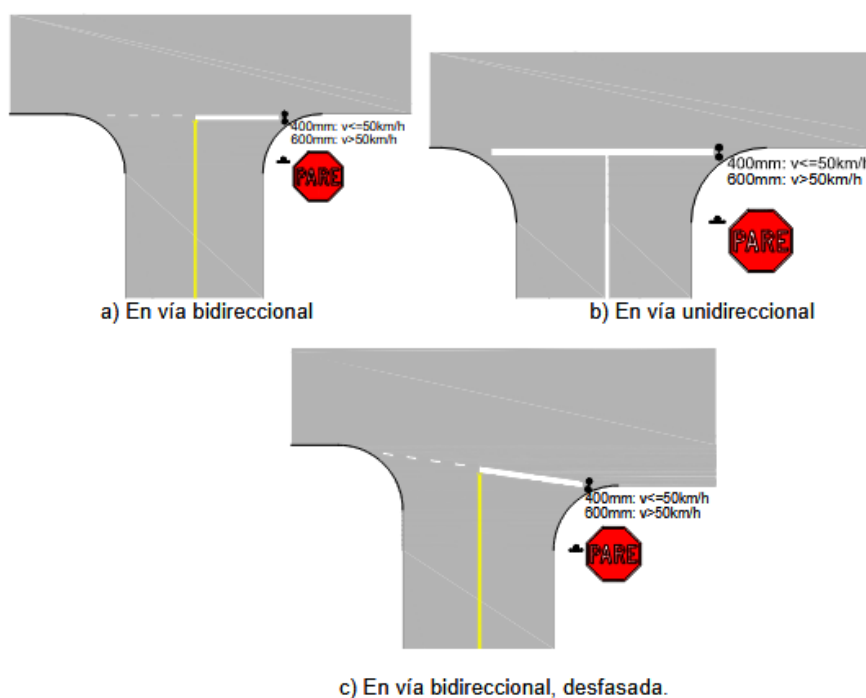
Las líneas transversales son marcas viales ubicadas de forma perpendicular al eje de la calzada. Estas líneas tienen la función principal de regular y guiar el tránsito en intersecciones, pasos peatonales, zonas de detención, entre otros (INEN, 2011).

3.14.7.1. Líneas de pare

Las líneas de Pare son marcas viales transversales que indican a los conductores el lugar exacto donde deben detener su vehículo completamente al encontrarse con una señal de “Pare” o un semáforo en rojo. Estas líneas son esenciales para garantizar la seguridad y fluidez del tránsito vehicular y peatonal.

Ilustración 24.

Línea de pare en intersección con señal vertical de pare.



Fuente: (INEN, 2011).

3.14.8. Reductores de velocidad

Los reductores de velocidad, también conocidos como lomos de burro, badenes o bandas de desaceleración, son elementos de señalización horizontal diseñados para disminuir

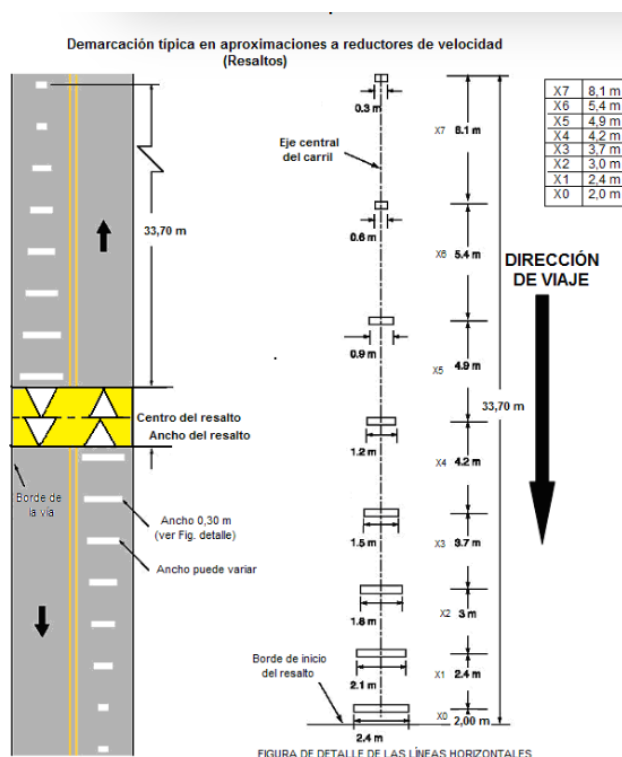
la velocidad de los vehículos en zonas específicas. Se utilizan principalmente en áreas de alta interacción peatonal, como pasos escolares, hospitales, parques o zonas residenciales, donde la seguridad vial es prioritaria (INEN, 2011).

3.14.9. Resalto

Los resaltos, también conocidos como topes y reductores de velocidad, son dispositivos físicos colocados sobre la superficie de la calzada que tienen como objetivo principal reducir la velocidad de los vehículos para garantizar la seguridad en zonas críticas, como cruces peatonales, áreas escolares, hospitales o calles residenciales (INEN, 2011).

Ilustración 25.

Señalización complementaria de advertencia de un resalto.



Fuente: (INEN, 2011).

3.14.9.1. Dimensiones

Las dimensiones de los resaltos están reguladas para garantizar su funcionalidad y evitar daños en los vehículos. Según el (INEN, 2011), las dimensiones recomendadas son las siguientes, Tabla 19:

Tabla 19.

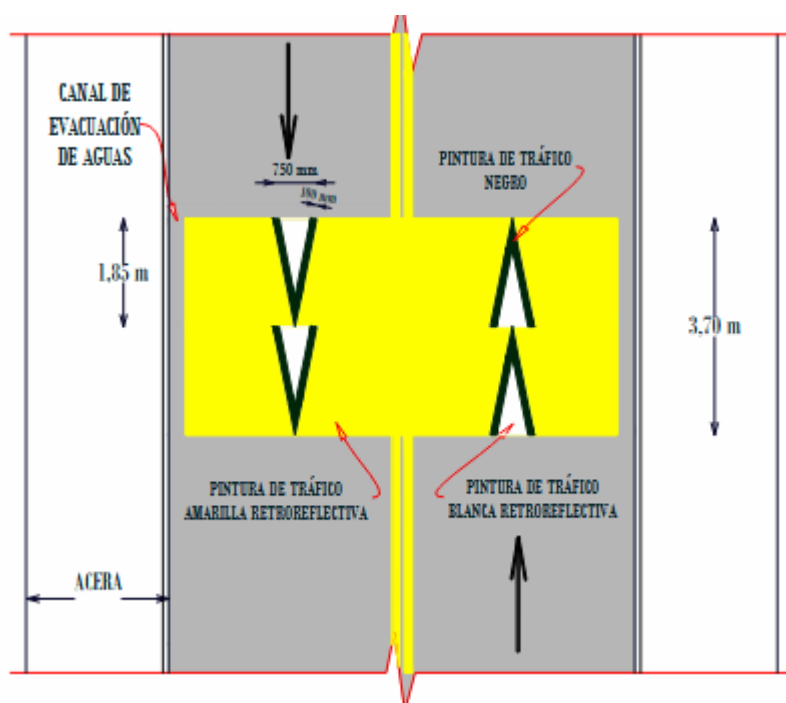
Dimensiones Recomendadas.

Parámetro	Especificaciones
Altura máxima	7 a 10 cm
Ancho mínimo	3.60 metros
Longitud del resalto	Variable según el diseño 1.50 a 3.00 metros

Fuente: Propia

Ilustración 26.

Resalto en calzado bidireccional de circulación.



Fuente: (INEN, 2011).

3.15. Drenaje

El drenaje en carreteras es fundamental para la evacuación eficiente del agua de lluvia y subterránea, con el objetivo de mantener la funcionalidad de la infraestructura vial y prevenir

daños estructurales. De acuerdo con él (N"2, 2013), un diseño adecuado de drenaje de integrar aspectos hidráulicos, hidrológicos y geométricos, garantizando que las aguas superficiales y subterráneas sean manejadas de manera efectiva.

3.15.1. Drenaje Longitudinal

El drenaje longitudinal tiene como objetivo principal captar y conducir el agua de escorrentía superficial a lo largo de las vías, minimizando su acumulación y asegurando la estabilidad estructural de la carretera. Este sistema de drenaje incluye cunetas, bordillos, canales y colectores dispuestos paralelamente al eje de la vía (N"2, 2013).

3.15.2. Drenaje Transversal

El drenaje transversal en carreteras es esencial para evacuar las aguas que cruzan la vía, garantizando su integridad y seguridad. Según el (N"2, 2013), del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, se establecen directrices específicas para el diseño y construcción de estas estructuras.

3.15.3. Estudio hidrológico

El estudio hidrológico es un componente esencial en el diseño y construcción de infraestructuras viales, ya que permite identificar y evaluar los recursos hídricos en la zona del proyecto y sus implicaciones sobre las obras de drenaje. Según el (N"2, 2013), se establecen lineamientos técnicos para realizar estos estudios en el contexto ecuatoriano.

3.15.4. Estaciones Meteorológicas

Las estaciones meteorológicas son herramientas esenciales en el desarrollo de proyectos viales, especialmente en la planificación del drenaje y el diseño hidrológico. Estas estaciones recopilan datos climáticos que son fundamentales para el análisis de las condiciones meteorológicas en la zona del proyecto (INAMHI, 2010).

3.15.5. Drenaje Subterráneo

El drenaje subterráneo es un componente crítico en el diseño vial que se utiliza para controlar el nivel freático y evitar la acumulación de agua en la subrasante de las carreteras. Este sistema garantiza la estabilidad estructural de la vía al reducir el riesgo de saturación del suelo, lo que podría llevar al deterioro prematuro del pavimento (INEN, 2011).

3.15.6. Precipitaciones

Las precipitaciones constituyen un factor fundamental para el diseño y dimensionamiento de sistema de drenaje en proyectos viales. Este parámetro hidrológico incluye toda formada agua que cae desde la atmósfera y llega a la superficie terrestre, como lluvia, nieve o granizo. Su análisis permite estimar el volumen de agua que debe ser evacuado para proteger la infraestructura vial y garantizar su durabilidad (INEN, 2011).

3.15.7. Datos de Lluvia

Los datos de lluvia son esenciales para el diseño de obras de infraestructura vial, ya que permiten analizar la cantidad, frecuencia y distribución temporal de las precipitaciones en una región específica. Estos datos se recopilan a partir de estaciones meteorológicas y pluviómetros, siendo procesados para obtener curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF), esenciales en el diseño de sistema de drenaje (INAMHI, 2010).

3.15.8. Curva IDF

La curva IDF es una herramienta crucial para la planificación y el diseño crucial para la planificación y el diseño de infraestructuras hidráulicas, ya que permite conocer la relación entre la intensidad de la precipitación, la duración de la lluvia y la frecuencia de eventos. Estos datos son utilizados para dimensionar sistemas de drenaje y proteger a las infraestructuras viales y urbanas de posibles inundaciones (INAMHI, 2010).

3.15.8.1. Cálculo de curvas IDF

El cálculo de curvas IDF (Intensidad-duración-frecuencia) se basa en el análisis de los datos de precipitación para determinar la relación entre la intensidad de la lluvia, la duración de la precipitación y la frecuencia con la que ocurre. Este proceso requiere de datos históricos de precipitación que se ajustan a una fórmula matemática que permite obtener las curvas necesarias para el diseño de infraestructuras hidráulicas (Pérez-sANCHEZ, 2017).

Pasos para el cálculo de las curvas IDF:

- **Recopilación de datos de Precipitación:** Se deben obtener datos históricos de precipitación de las estaciones meteorológicas ubicadas en la región de interés. Esto incluye: la intensidad de la precipitación, la duración de los eventos de precipitación, la frecuencia o periodo de retorno de los eventos de lluvia (Pérez-sANCHEZ, 2017).
- **Ajuste de los Datos Históricos:** Los datos históricos de precipitación deben ser procesados y ajustados utilizando una fórmula estadística que permita obtener las precipitaciones máximas para diferentes duraciones y frecuencias. Esto incluye: Calcular la intensidad máxima para diferentes duraciones de lluvia, Ajustar los valores de frecuencia (probabilidad) para estimar la precipitación en base al periodo de retorno deseado (Pérez-sANCHEZ, 2017).

Fórmula para la curva IDF

Una vez que se tienen los datos de intensidad, duración y frecuencia, se puede aplicar una fórmula empírica para calcular la curva IDF. Una fórmula comúnmente usada es **Ecuación 22**:

Ecuación 22. Fórmula de IDF.

$$I = \frac{A}{(T^b * D^c)}$$

I: Intensidad de la lluvia (mm/h).

T: Periodo de retorno (años).

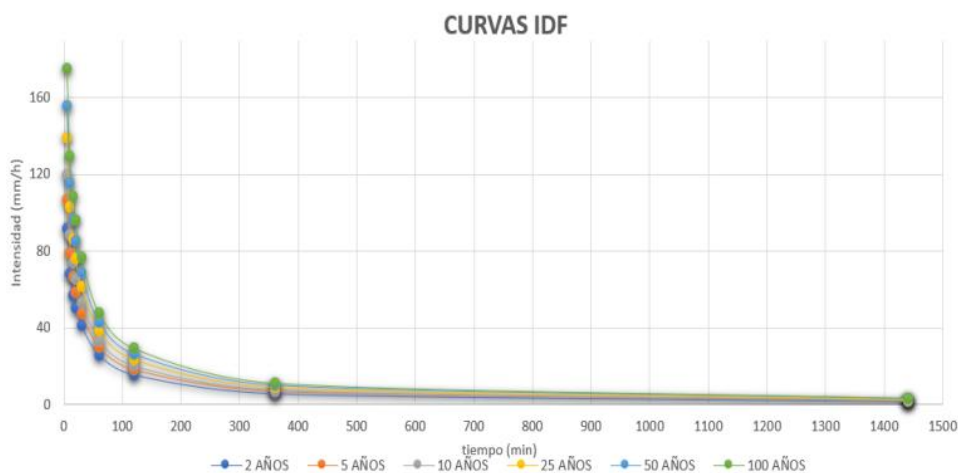
D: Duración de la lluvia (minutos u horas).

a, b, c: Son coeficientes empíricos que se ajustan con base en los datos históricos de la región específica.

Estos coeficientes se determinan a partir de un análisis estadístico de los datos históricos de precipitación. Pueden variar dependiendo de la zona geográfica, el clima y las características del terreno (Pérez-sANCHEZ, 2017).

Ilustración 27.

Curva de Intensidad - Duración - Frecuencia.



Fuente: (INAMHI, 2010).

3.16. Cunetas

Las cunetas son elementos de infraestructuras vial utilizadas para evacuación de aguas pluviales en las carreteras y calles. Se encargan de recoger y conducir las aguas superficiales generadas por la lluvia hacia los sistemas de drenaje o cuerpos de aguas cercanos, evitando

inundaciones o daños al pavimento, las cunetas son esenciales en la planificación de drenajes urbanos y rurales, ya que permiten un flujo adecuado de agua sin que esta se acumule en la vía (INAMHI, 2010).

3.16.1. Tipos de cuneta

3.16.1.1. Cunetas abiertas

Son excavadas en el terreno y generalmente tienen una forma trapezoidal y semicircular. Son de fácil construcción y mantenimiento, y se usan comúnmente en zonas rurales o áreas con poca urbanización (N"2, 2013).

3.16.1.2. Cunetas cerradas

Están formadas por conductos o tuberías que transportan el agua de la lluvia hacia los sistemas de drenaje. Son más comunes en áreas urbanas donde el espacio es limitado o donde el diseño requiere una conducción subterránea del agua (N"2, 2013)

3.16.2. Cálculo de la capacidad de la Cuneta.

El diseño de cunetas se basa en el cálculo de la cantidad de agua que debe ser evacuado, lo cual depende de las precipitaciones máximas en un periodo de retorno determinado (como 2, 5 o 10 años). Este cálculo puede realizarse utilizando la fórmula de la Formula de Manning, que es comúnmente utilizada para sistemas de drenaje abiertos **Ecuación 23:**

Ecuación 23. Ecuación de Manning.

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

Q: Caudal de agua que fluye por la cuneta (m^3/s).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning (depende del material de la cuneta).

A: Área de la sección transversal de la cuneta (m^2).

R: Radio hidráulico (m), que es el área de la sección transversal dividida por el perímetro mojado.

S: Pendiente de la cuneta (sin unidades).

3.16.3. Pendiente y velocidad

La pendiente y la velocidad son dos factores clave en el diseño de sistema de drenaje, especialmente cuando se trata de cunetas, canales abiertos o sistemas de drenaje superficial. Estos dos elementos influyen en el flujo del agua y en la capacidad de las cunetas para transportar el agua de manera eficiente, sin causar inundaciones ni daños en la infraestructura vial.

3.16.3.1. Pendiente

La pendiente es el gradiente o inclinación de un canal o cuneta, fundamental para determinar la velocidad del flujo del agua. En el diseño de drenajes, una pendiente adecuada es crucial para asegurar que el agua fluya correctamente y se evite el estancamiento o la erosión (N"2, 2013).

Ecuación 24. Fórmula de la pendiente.

$$S = \frac{h1 - h2}{L}$$

S: Pendiente (sin unidades o en %).

h1: Altura en el inicio del canal (m).

h2: Altura en el final del canal (m).

L: Longitud del canal o cuneta (m).

Una pendiente adecuada garantiza un flujo eficiente de agua, evitando la acumulación de agua que podía provocar inundaciones o daños en la infraestructura. Si la pendiente es muy

baja, el flujo puede ser insuficiente, mientras que una pendiente excesiva podría generar erosión en las cunetas (N"2, 2013).

3.16.3.2. Velocidad

La velocidad del flujo de agua es crucial para determinar la capacidad de evacuación del drenaje y la estabilidad de las cunetas. Si la velocidad es demasiado alta, podría causar erosión, pero si es demasiado baja, el agua no se evacuará de manera eficiente.

Ecuación 25. Fórmula de la velocidad.

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

V: Velocidad de flujo (m/s).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning, que depende del tipo de material de la cuneta.

R: Radio Hidráulico (m).

S: Pendiente del canal.

La velocidad adecuada asegura que el agua fluya rápidamente sin erosionar las cunetas ni inundar áreas cercanas. La fórmula de Manning permite ajustar cercanas. La fórmula de Manning permite ajustar la velocidad según las características del canal o cuneta (N"2, 2013).

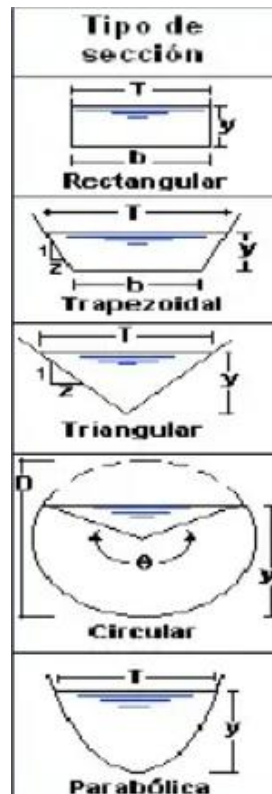
3.16.4. Forma de Sección

La forma de sección se refiere a la configuración transversal de un canal o cuneta, y es un aspecto fundamental en el diseño de drenajes y sistemas hidráulico. La forma de sección influye directamente en el comportamiento del flujo de agua, su capacidad de evacuación, y la estabilidad de la infraestructura de drenaje (N"2, 2013).

Existen diferentes formas de sección para canales y cunetas con ventajas y desventajas según las condiciones del terreno y el tipo de material utilizado. A continuación, te presento las formas de sección más comunes en el diseño de cunetas:

Ilustración 28.

Tipos de Secciones.



Fuente: Libro de Hidráulica II.

3.16.5. Sección típica de la cuneta

La sección típica de una cuneta describe la configuración transversal estándar utilizada en proyectos de ingeniería vial. Esta sección varía según las características del terreno, el tipo de vía, y los volúmenes de agua que debe manejar. A continuación, se presenta una descripción detallada de las características más comunes en el diseño de cunetas Tabla 20.

Tabla 20.

Secciones típicas de una sección trapezoidal.

Elemento	Descripción	Dimensiones típicas	Comentarios
Base	Ancho del fondo	0.30 m a 1.00 m	Según caudal y material del fondo
Profundidad	Altura desde la base	0.30 m a 1.50 m	Depende del volumen de agua esperado
Inclinación	Relación horizontal vertical	1:1.5 a 1:3	Inclinaciones suaves evitan erosión
Pendiente	Gradiente longitudinal	1 % a 5 %	Evita acumulación o erosión
Material	Revestimiento de la cuneta	Suelo, concreto, riprap	Según resistencia y costo
Radio Hidráulico	Relación área/perímetro mojado	Calculado según sección	Para evaluar eficiencia hidráulica

*Fuente: Propia pero obtenida de (N"2, 2013).***3.16.6. Cálculo del Coeficiente de escorrentía C**

El coeficiente de escorrentía (C) es un parámetro adimensional que representa la fracción de precipitación que se convierte en escorrentía superficial. Este valor depende de factores como el tipo de suelo, la cobertura del terreno, la pendiente, y el uso del suelo. Se utiliza principalmente en la fórmula racional para estimar el caudal del diseño:

Ecuación 26. Fórmula del Coeficiente de Escorrentía.

$$Q = C * I * A$$

Q: Caudal de diseño (m^3/s).**C:** Coeficiente de escorrentía.**I:** Intensidad de lluvia (mm/h).**A:** Área de la cuenca (km^2).

Tabla 21

Valores del coeficiente de Escorrentía.

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIAD A	ALT A	MEDI A	SUAV E	DEPRECIABL E
		50%	20%	5%	1%	
SIN VEGETACIÓN	IMPERMEABLE	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	SEMIPERMEABLE	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	PERMEABLE	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	IMPERMEABLE	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
CULTIVOS	SEMIPERMEABLE	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	PERMEABLE	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
	IMPERMEABLE	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
PASTOS VEGETACION LIGERA	SEMIPERMEABLE	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
	IMPERMEABLE	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	SEMIPERMEABLE	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
HIERBA, GRAMA	PERMEABLE	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
	IMPERMEABLE	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
BOSQUES DENSA VEGETACION	PERMEABLE	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Fuente: (MTOP, 2003).**3.16.7. Cálculo del caudal en la estructura**

El cálculo del caudal de diseño en una estructura hidráulica, como alcantarillas, cunetas o canales se realiza comúnmente mediante la fórmula racional. Esta es una de las metodologías más utilizadas en proyectos viales e hidráulicos, especialmente para cuencas pequeñas (Núñez, 2013).

Ecuación 27. Fórmula Racional.

$$Q = C * I$$

Q: Caudal de diseño (m^3/s).

C: Coeficiente de escorrentía (adimensional).

I: Intensidad de precipitación (mm/h).

A: Área de la cuenca (km^2).

4. Metodología

4.1. Ubicación

El proyecto se enfoca en la carretera que conecta los cantones de Nabón y Girón, con una extensión de más de 13 km. En la actualidad, la vía cuenta con una capa de rodadura de lastre. Como se muestra en la Ilustración 29, el trazado de la vía ya ha sido establecido, sin embargo, la carretera aún no está pavimentada y carece de un diseño geométrico adecuado.

Ilustración 29.

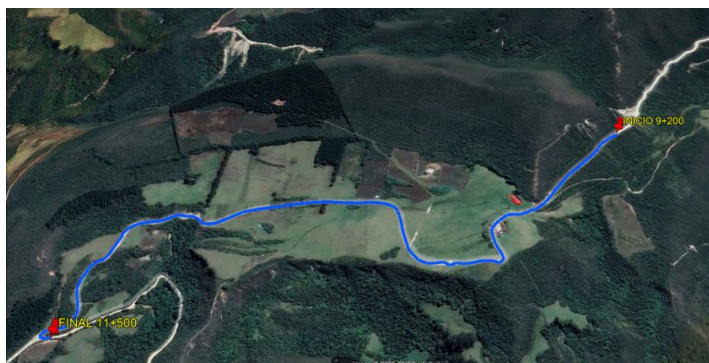
Capa de rodadura de lastre.



Fuente: Propia

Ilustración 30.

Ubicación al proyecto a desarrollar.



Fuente: Google Earth Pro

4.2. Levantamiento Topografía

El levantamiento topográfico de la carretera que conecta los cantones de Nabón y Girón se realizó utilizando un dron equipado con tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging). Esta herramienta permitió obtener datos precisos del trazado de la vía, incluyendo detalles sobre el relieve del terreno, pendientes y características geométricas del área circulante.

Ilustración 31.

Equipo Dron con Lidar.



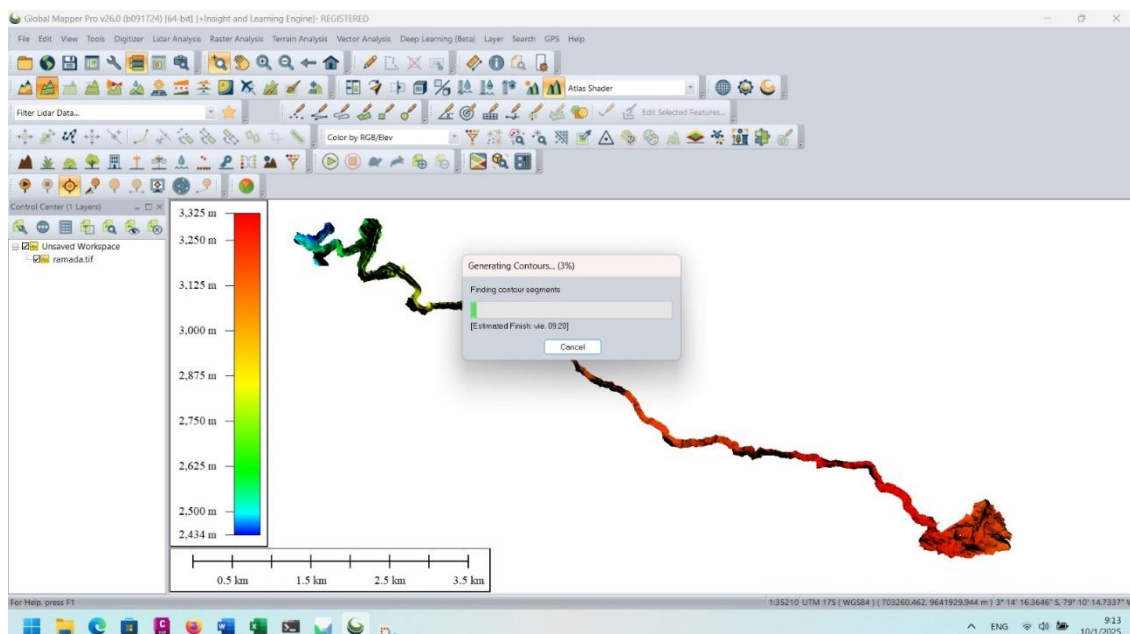
Fuente: Propia

4.3. Procesamiento de datos

Los datos obtenidos del levantamiento topográfico mediante el dron con tecnología LIDAR fueron transferidos a los equipos de trabajo para su análisis. Durante este proceso, se utilizó software como Global Mapper para realizar la limpieza y depuración de las nubes de puntos, eliminando elementos no deseados como vegetación y datos erróneos. Posteriormente, con la información depurada, se generó un Modelo Digital del Terreno (MDT) en programas especializados, permitiendo obtener curvas de nivel, perfiles longitudinales y obtener curvas de nivel, perfiles longitudinales y transversales, y otros detalles necesarios para el diseño geométrico de la carretera.

Ilustración 32.

Depuración en Global Mapper.



Fuente: Global Mapper.

4.4. Ensayos de laboratorio

Para complementar el análisis del proyecto, se realizaron ensayos de laboratorio a las muestras de suelo obtenidas a lo largo del trazado de la carretera que conecta los cantones.

Estas muestras fueron recolectadas en puntos estratégicos seleccionados en función de las condiciones del terreno y la relevancia para el diseño geométrico y estructural de la vía.

4.4.1. Recolección de muestras

La recolección de muestras se realizó mediante las excavaciones de dos calicatas estratégicamente ubicadas en el tramo de la carretera que conecta los cantones. La primera calicata y la segunda se encuentran en las abscisas Ilustración 33, con el objetivo de representar adecuadamente las características geotécnicas del terreno en puntos clave.

Las muestras extraídas fueron clasificadas y etiquetadas para su posterior análisis en el laboratorio. Antes de realizar los ensayos respectivos, las muestras fueron sometidas a un proceso de secado, garantizando que cumplieran con las condiciones necesarias para obtener resultados precisos y confiables.

Este procedimiento permitió asegurar la calidad de los datos obtenidos, contribuyendo al diseño geométrico y estructural de la carretera.

Ilustración 33.

Ubicaciones de las calicatas.

Grupo 5: 9+200- 11+500	9+775
	10+925

Fuente: Propia.

4.4.2. Limite líquido, limite plástico y índice de plasticidad

Para la característica geotécnica del suelo en el proyecto de la carretera que conecta los cantones, se realizaron ensayos para determinar los límites líquido, límite plástico e índice de plasticidad en dos calicatas. Estos ensayos son fundamentales para evaluar las propiedades del suelo y su comportamiento frente a las condiciones de tráfico y carga a lo largo del tiempo.

Tabla 22.

Resultados de los Ensayos LL, LP Y IP.

Calicatas	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
Primera Calicata 9+775	84.70	37.52	47.19
Segunda Calicata 10+925	64.03	44.94	19.09

Fuente: Elaboración Propia.

Límite Líquido (LL): Indica la cantidad de agua en la que el suelo pasa de un estado semisólido a un estado líquido. En la primera calicata, el valor de 84.70 sugiere un suelo con alta retención de agua, mientras que, en la segunda calicata, el valor de 64.03 es menor pero aún alto, lo que también indica una notable capacidad de retención de agua.

Límite Plástico (LP): Es la cantidad mínima de agua que transforma el suelo de un estado semisólido a plástico. Los valores en la primera calicata son de 37.52 y en la segunda calicata es 44.94 muestran que ambos suelos tienen una capacidad de deformación considerable, pero el suelo en la segunda calicata tiene una mayor capacidad de deformación plástica.

Índice de plasticidad (IP): Es la diferencia entre el límite líquido y límite plástico. Un valor más alto indica mayor capacidad de deformación. En la primera calicata, el índice de plasticidad es 47.19 es alto, lo que indica un suelo más susceptible a deformaciones, mientras que la segunda calicata, el índice es 19.09 es más bajo, lo que sugiere mayor estabilidad.

4.4.3. Granulometría

En el análisis granulométrico realizado, las muestras extraídas de las dos calicatas presentaron predominancia de arcilla gruesa, lo que indica un suelo con partículas finas y

cohesivas. Este tipo de material suele tener baja permeabilidad y una alta plasticidad, lo que afecta directamente su comportamiento mecánico y su capacidad de soporte.

La presencia de arcilla gruesa sugiere que los suelos en el área de estudio pueden requerir tratamientos específicos para mejorar su estabilidad, compactación y resistencia, especialmente si serán utilizados en estructuras como subrasantes para pavimentos.

4.4.4. Proctor Modificado

Los valores de humedad óptima y densidad máxima seca son fundamentales en la ingeniería civil, ya que permiten conocer las características de los materiales del suelo y su capacidad para soportar cargas. En este caso, estos valores se utilizan para evaluar la compacidad y estabilidad de los materiales obtenidos de las calicatas para determinar cuál de ellos es más adecuado para el análisis de la estructura del proyecto.

Tabla 23.

Resultados del Ensayo de Proctor Modificado.

Calicata	Humedad Óptima (%)	Densidad Máxima Seca (gr/cm^3)
Primera Calicata 9+775	15.27	1.49
Segunda Calicata 10+925	10.4	1.643

Fuente: Elaboración Propia.

En la primera calicata se observa que este material presenta una mayor humedad óptima, lo que sugiere un mayor contenido de agua, lo que podría dificultar su compactación. Además, su densidad más baja indica que el material podría ser menos resistente.

Por otro lado, en la segunda calicata, se aprecia que el material tiene una humedad óptima más baja, lo que implica que es más fácil de compactar. Su densidad máxima seca más alta sugiere que este material es más compacto y resistente.

4.4.5. CBR

El CBR se determina al someter una muestra compactada de suelo a una fuerza progresiva mediante un pistón. Los resultados del ensayo permiten comparar la resistencia del suelo con un material de referencia estándar (piedra triturada). Los valores más altos de CBR indican que el material tiene una mayor capacidad para soportar cargas, mientras que los valores más bajos sugieren que el suelo es más débil y menos apto para aplicaciones estructurales.

Tabla 24.

Resultados del Ensayo de CBR.

Calicata	CBR (%)
Primera calicata 9+775	6.46
Segunda calicata 10+925	7.49

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 25.

Resultados Generales.

RESULTADOS GENERALES		
LIMITE LIQUIDO	84.70	
LIMITE PLASTICO	37.52	
INDICE DE PLASTICIDAD	47.19	
TIPO DE SUELO	ARCILLA GRUESA	
HUMEDAD OPTIMA	15.27	%
DENSIDAD MAXIMA	1.49	gr/cm ³
CBR	6.46	%

Fuente: Elaboración Propia.

4.5.TPDA

El conteo de tráfico se realizó de manera manual durante diciembre de 2023, abarcando un periodo de 7 días consecutivos. Este análisis se llevó a cabo en el tramo que conecta los cantones de Nabón y Girón, con el objetivo de registrar el flujo vehicular durante las 24 horas del día.

Para garantizar un registro preciso y representativo, se utilizaron los datos recolectados en este periodo para calcular el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). Este procedimiento permitió obtener una visión clara y detallada del volumen y la composición del tráfico en el tramo analizado.

Posteriormente, los datos fueron procesados y analizados, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 26.

Resumen del conteo vehicular.

Resumen Conteo Vehicular									
VEHICULOS	LU	MAR	MIER	JUE	VIER	SABA	DOMIN	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.

4.5.1. Volumen Horario de máxima demanda VHMD.

El Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD) se calculó a partir del análisis de los datos de tráfico obtenidos durante la última semana de diciembre del 2023. Este indicador

refleja la cantidad máxima de vehículos que circularon por el tramo de estudio en una hora específica, siendo un parámetro fundamental para evaluar la capacidad de la vía.

En este caso, se determinó que la hora pico correspondiente al periodo entre las 16:00 y 17:00 horas, registrándose un flujo máximo de 35 vehículos por hora. Este valor incluye el tránsito de vehículos livianos, pesados y motocicletas, y representa el momento de mayor demanda en el tramo estudiado.

El VHMD es un factor clave en el diseño y planificación de la infraestructura vial, ya que permite establecer las condiciones de tráfico en los momentos críticos, garantizando que la vía pueda soportar la demanda máxima proyectada de manera eficiente y segura.

Tabla 27.

VHMD.

VOLUMEN HORARIO DE MAXIMA DEMANDA "VHMD"			
Resumen para hora pico			
HORA	SENTIDO		AMBOS SENTIDOS
	NORTE-SUR	SUR-NORTE	
6-7	7	7	14
7-8	8	7	15
8-9	8	0	8
9-10	14	14	28
10-11	24	0	24
11-12	14	13	27
12-13	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.

4.5.2. Proceso de cálculo del TPDA.

Para el cálculo preliminar de Transito Promedio Diario Anual (TPDA), se tomará en cuenta los ajustes necesarios para procesar los datos obtenidos durante el conteo realizado en la última semana de diciembre de 2023. Estos ajustes permiten que los resultados sean representativos del comportamiento del tráfico vehicular en el tramo estudiado. A continuación, se describen los factores considerados en el análisis:

Factor Diario (FD): Este indicador refleja la proporción entre los días evaluados y el total de días en una semana. Como el monitoreo se realizó durante siete días consecutivos, el FD se estableció en 1, ya que se abarcó un ciclo semanal completo.

Factor Horario (FH): Este factor evalúa la cobertura horaria del estudio, comparando las horas monitoreadas con el total de 24 horas del día. Dado que el registro se llevó a cabo de forma continua, el FH también obtuvo un valor de 1.1, asegurando que todas las franjas horarias fueran consideradas.

Factor Semanal (FS): Debido a que el levantamiento de datos se realizó exclusivamente durante la última semana de diciembre, se empleó un único factor correspondiente a este mes, el cual tienen en cuenta las variaciones propias del tráfico durante dicho periodo.

Estos factores son fundamentales para ajustar los datos iniciales y asegurar que el cálculo final del TPDA sea una representación precisa y confiable del tránsito vehicular en el tramo analizado.

Tabla 28.

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	4.000	1.000

Marzo	31	4.429	1.107
Abril	30	4.286	1.071
Mayo	31	4.429	1.107
Junio	30	4.286	1.071
Julio	31	4.429	1.107
Agosto	31	4.429	1.107
Septiembre	30	4.286	1.071
Octubre	31	4.429	1.107
Noviembre	30	4.286	1.071
Diciembre	31	4.429	1.107
Total	365		
Fs =	1.107		

Fuente: Elaboración propia.

Factor Mensual (FM): Este factor fue calculado utilizando los datos de consumo de combustible registrados en la Provincia del Azuay, obtenidos de los despachos mensuales reportados por Petroecuador. Dado que el conteo de tráfico exclusivamente durante la última semana de diciembre, se consideró un único valor de FM correspondiente a este mes. Este factor refleja las particularidades en la actividad vehicular de diciembre, permitiendo ajustar los datos de tráfico con mayor precisión y adecuarlos a las condiciones reales observadas en el periodo de análisis.

Tabla 29.

Consumo de combustible de la Provincia del Azuay en el año 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
	51.129.699	7.120.380	37.531.146	95.781.225
	COSTO PROMEDIO MENSUAL			7.981.769
	FM			0.91173034

Fuente: Elaboración propia basado en (PETROECUADOR, 2023)

Se ha elaborado una tabla que presenta los valores correspondientes a los factores de corrección utilizados en el cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). Esta tabla incluye los valores del Factor Diario (FD), Factor Horario (FH), Factor Semanal (FS), Factor Mensual (FM) y Factor de Expansión (Fe), que fueron aplicados para ajustar los datos del conteo de tráfico y obtener una estimación precisa del flujo vehicular en el tramo analizado.

Tabla 30.

Factores de Mayoración para TPDA 2024.

Tabla: Calculo Factores de mayoración para TPDA 2024								
	Factores de corrección	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	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
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.

4.5.2.1.TPDA CORREGIDO

El TPDA corregido se calcula aplicando los factores de corrección se calcula aplicando los factores de corrección previamente descritos (FH, FD, FS, FM y Fe) a los datos obtenidos del conteo de tráfico realizado en la última semana de diciembre de 2023. Estos factores permiten ajustar los valores originales, reflejando de manera más precisa las variaciones del flujo vehicular a lo largo del año.

En este caso, al aplicar los ajustes correspondientes, se obtuvo un TPDA corregido de 46 vehículos por día. Este valor refleja el comportamiento real del tráfico vehicular en el tramo estudiado, considerando las variaciones diarias, horarias y semanales, y proporciona una estimación más fiable del volumen de tráfico que podría esperarse en condiciones normales durante todo el año.

Este TPDA corregido es esencial para realizar una evaluación adecuada de la capacidad de la vía y para diseñar soluciones que aseguren la fluidez y seguridad del tránsito en el tramo analizado.

Tabla 31.

TPDA 2024.

TPDA 2024									
	LU	MAR	MIER	JUE	VIER	SABA	DOMIN	TOTAL	TOTAL, PROMEDIO
AUTOS	26.00	37.00	36.00	48.00	55.00	60.00	36.00	298	43.00
BUS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
BUSETA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
C-2D	3.00	5.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13	2
C-2DB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
C-3A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
C-4C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
V2DE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
MOTOS	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	3	1
TOTAL	29	42	41	51	55	60	36	314	46.00
TPDA₂₀₂₄								46	

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez corregidos los volúmenes de tráfico diario, el siguiente paso será estimar las tasas de crecimiento vehicular para los próximos 20 años, utilizando intervalos de 5 años. Para esto, se aplicarán las tasas de crecimiento históricas o proyectadas de acuerdo con los datos disponibles, lo que permitirá prever cómo evolucionará el flujo vehicular a lo largo del tiempo. Esta estimación es crucial para planificar el diseño de la infraestructura vial y garantizar que la carretera pueda soportar el aumento del tráfico de manera eficiente y segura en el futuro.

Tabla 32.**TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR**

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
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.

Tabla 33.

Tráfico Proyectado al 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.

Con un TPDA proyectado de 974 vehículos para el año 2044, correspondiente al año de diseño, el tramo entre los cantones Girón y Nabón se clasifican con una vía de tercer orden según la tabla de clasificación de carreteras, ya que su volumen de tránsito se encuentra dentro del rango de 300 a 1000 vehículos. Este aumento proyectado subraya la importancia de implementar medidas técnicas apropiadas para asegurar la capacidad, seguridad y eficiente de la vía frente al crecimiento continuo del tráfico a lo largo del tiempo. Estas medidas son cruciales para adecuar la infraestructura vial a las necesidades futuras y garantizar un tránsito fluido y seguro en el largo plazo.

4.6.ESALs

El tráfico se clasifica en categorías según el tipo de vehículo, ya que cada uno ejerce un impacto distinto sobre el pavimento, dependiendo de la cantidad de ejes y el peso de transmiten

al suelo. Para evaluar este impacto de manera uniforme, se utiliza el concepto de Ejes Equivalentes a Cargas Súbitas (ESALs), que permite convertir las diferentes cargas vehiculares en una medida estándar que refleja el daño que causan al pavimento. Este enfoque es fundamental para dimensionar adecuadamente la estructura de la carretera y prever su comportamiento frente al aumento del tráfico y las cargas a lo largo del tiempo.

Tabla 34.

Clasificación del tráfico.

AÑO 2024	TOTAL	PORCENTAJE DE VEHICULOS	DISTRIBUCION DE CAMIONES
TPD TOTAL	346		
AUTOS	300	86.7%	0.00%
BUSES	0	0%	0.00%
CAMIONES	46	13.3%	0.00%
2DA	44	12.7%	0.00%
2DB	2	0.56	0.00%
3 - A	0		0.00%
4 - C	0		0.00%
2S2	0		0.00%
2R3	0		0.00%
3S2	0		
3R3	0		
3S3	0		

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.1. Numero de ejes equivalentes

El cálculo del número de ejes equivalentes (ESALs) se realiza considerando un periodo de diseño de 20 años para dos carriles de circulación. En este caso, el valor calculado es $W=158.177$, lo cual representa la carga total estándar que será transmitida al pavimento durante ese intervalo de tiempo. Este valor es clave para

determinar las características estructurales del pavimento, garantizando que la vía pueda soportar el aumento de tráfico y las cargas vehiculares proyectadas sin comprometer su integridad y durabilidad a lo largo de los años.

Tabla 35.

Cálculo de ejes equivalentes.

AÑO	% Crecimiento				TRANSITO PROMEDIO DIARIO				
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO
2024	2.46%	0.00%	2.25%	2.25%	346	300	0	44	2
2025	2.46%	0.00%	2.25%	2.25%	354	307	0	45	2
2026	2.46%	0.00%	2.25%	2.25%	363	315	0	46	2
2027	2.46%	0.00%	2.25%	2.25%	372	323	0	47	2
2028	2.46%	0.00%	2.25%	2.25%	381	331	0	48	2
2029	2.37%	0.00%	2.25%	2.25%	390	339	0	49	2
2030	2.37%	0.00%	2.25%	2.25%	399	347	0	50	2
2031	2.37%	0.00%	2.25%	2.25%	409	355	0	51	2
2032	2.37%	0.00%	2.25%	2.25%	418	363	0	53	2
2033	2.37%	0.00%	2.25%	2.25%	428	372	0	54	2
2034	2.32%	0.00%	2.25%	2.25%	438	380	0	55	2
2035	2.32%	0.00%	2.25%	2.25%	448	389	0	56	3
2036	2.32%	0.00%	2.25%	2.25%	458	398	0	57	3
2037	2.32%	0.00%	2.25%	2.25%	469	408	0	59	3
2038	2.32%	0.00%	2.25%	2.25%	480	417	0	60	3
2039	2.29%	0.00%	2.25%	2.25%	491	427	0	61	3
2040	2.29%	0.00%	2.25%	2.25%	502	436	0	63	3
2041	2.29%	0.00%	2.25%	2.25%	514	446	0	64	3
2042	2.29%	0.00%	2.25%	2.25%	525	457	0	66	3

204 3	2.29%	0.00%	2.25%	2.25%	537	467	0	67	3
204 4	2.29%	0.00%	2.25%	2.25%	550	478	0	69	3

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 36.

Resultados del Cálculo del W18 con respecto a ejes equivalentes.

W₁₈	W₁₈
Acumulado	Carril Diseño
12.502	6.251
25.212	12.606
38.134	19.067
51.273	25.636
64.634	32.317
78.222	39.111
92.043	46.021
106.101	53.050
120.401	60.201
134.950	67.475
149.753	74.876
164.815	82.408
180.143	90.071
195.742	97.871
211.618	105.809
227.779	113.889
244.229	122.115
260.976	130.488
278.027	139.013
297.032	148.516
316.353	158.177

Fuente: Elaboración Propia.

4.7.Diseño de Pavimento flexible

En el diseño de pavimentos, es fundamental contar con parámetros técnicos que permitan garantizar la durabilidad y funcionalidad de la estructura vial frente a las condiciones de tránsito proyectadas. Para este propósito, se han determinado tres variables esenciales como

el TPDA, CBR y el ESALs. Estas variables proporcionan una base sólida para la caracterización del tráfico y las condiciones del suelo del tramo estudiado.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de los análisis previos, que servirán como insumos clave para el diseño de la estructura de pavimentos:

Tabla 37.

Datos para el Diseño de Pavimentos.

DATOS		
CBR	6.45	%
TPDA	346	Vehículos
ESALs	158.177	Vehículos

Fuente: Elaboración Propia.

4.7.1. Confiabilidad R

La confiabilidad (R) en el diseño de pavimentos es un parámetro fundamental que refleja el nivel de seguridad con el que se asegura el desempeño del pavimento durante su vida útil proyectada. Este valor depende del tipo de vía el volumen de tráfico, las condiciones de carga y la importancia funcional de la carretera. Para vías colectoras interurbanas, como el tramo en estudio los valores recomendados de confiabilidad oscilan entre 75% y 95% proporcionando un rango que permite ajustar el diseño según las necesidades del proyecto.

En este caso, se ha adoptado un valor de 75% de confiabilidad, el cual es adecuado para vías con un nivel de tráfico moderado, como lo es el tramo de los cantones Girón y Nabón. Este porcentaje asegura que el pavimento pueda resistir las cargas proyectadas durante su vida útil.

Tabla 38.

Niveles de confiabilidad, R.

Tipo de Carretera	Nivel de confiabilidad, R (%)			
	urbana		Interurbano	
Autopistas y carreteras importantes	85	99.9	80	99.9
Arterias principales	80	99	75	95
Colectoras	80	95	75	95
Locales	50	80	50	80

Fuente: (AASHTO, 1993).

4.7.2. Desviación Estándar

La desviación estándar es un parámetro que se utiliza en el diseño de pavimentos para incorporar la variabilidad inherente a los materiales, condiciones de construcción y el tráfico proyectado. En este caso al seleccionar una confiabilidad del 75%, el valor asociado de la desviación estándar corresponde a -0.674, según las tablas estadísticas para distribuciones normales estándar Tabla 39.

Tabla 39.

Valores de Zr.

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.75

Fuente: (AASHTO, 1993)

4.7.3. Error normal (So)

El error normal es un parámetro clave en el diseño de pavimentos, ya que considera la incertidumbre en las proyecciones del tráfico y las propiedades de los materiales. Para este proyecto, al tratarse de una construcción nueva, se ha adoptado un valor de 0.45, que es comúnmente recomendado en este tipo de casos. Este valor refleja una variabilidad moderada en las condiciones iniciales de diseño y en los materiales utilizados.

Tabla 40.

Desviación Estándar.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR So

PROYECTO DE PAVIMENTO	FLEXIBLE	RÍGIDO
	0.4 - 0.5	0.3 - 0.4
CONSTRUCCION NUEVA	0.45	0.35
SOBRECAPA	0.5	0.4

Fuente: (AASHTO, 1993).

4.7.4. Parámetros de serviciabilidad

En el diseño del pavimento flexible, los parámetros de serviciabilidad son fundamentales para evaluar el desempeño del pavimento durante su vida útil.

La serviciabilidad inicial representa la condición óptima del pavimento al momento de su construcción, y para este diseño, siendo un pavimento de asfalto, se ha adoptado un valor de 4.2, que es característico de pavimentos flexibles nuevos y en óptimas condiciones.

Tabla 41.

Serviciabilidad Inicial P_o .

TIPO PAVIMENTO	SERVICIABILIDAD
	INICIAL P_o
CONCRETO	4.5
ASFALTO	4.2

Fuente: Tomado de AASHTO (1993).

Por otro lado, la serviciabilidad final se refiere al nivel mínimo aceptable de calidad antes de que sea necesario una rehabilitación. Para carreteras, este valor suele situarse entre 2.0 y 2.5. En este caso, considerando el tipo de vía y la necesidad de garantizar un diseño eficiente, se ha seleccionado un valor de 2.0 como serviciabilidad final. Este valor asegura que el pavimento cumpla las expectativas mínimas de uso antes de requerir mantenimiento o rehabilitación, optimizando los recursos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Tabla 42.

Serviciabilidad Final Pf.

TIPO DE VIA	SERVICIABILIDAD FINAL Pf
AUTOPISTA	2.5 - 3.0
CARRETERAS	2.0 - 2.5
ZONA INDUSTRIAL	
PAV. URB. PRINCIPAL	1.5- 2.0
PAV. URB. SECUANDARIO	1.5 - 2.0

Fuente: Tomado de AASHTO (1993).**4.7.4.1. Módulo resiliente de la subbase.**

El módulo resiliente (M_r) de la subbase es un parámetro crítico para determinar la capacidad de este material para resistir deformaciones elásticas bajo cargas repetitivas. En este diseño, basado en las condiciones de la subbase y los datos obtenidos, se ha determinado que el valor de M_r es de 14900 psi, el cual representa la rigidez del material.

Con este valor, y empleando la Ilustración 34, se ha identificado que el coeficiente estructural correspondiente (a_3) para la subbase es de 0.11. este coeficiente es un indicador del aporte de resistencia de la subbase al sistema estructural del pavimento, permitiendo incorporar este dato en los cálculos necesarios para dimensionar adecuadamente las capas del pavimento flexible y garantizar su desempeño óptimo durante la vía útil proyectada.

Ilustración 34.

Ábaco para el cálculo del coeficiente a_3 para subbase.

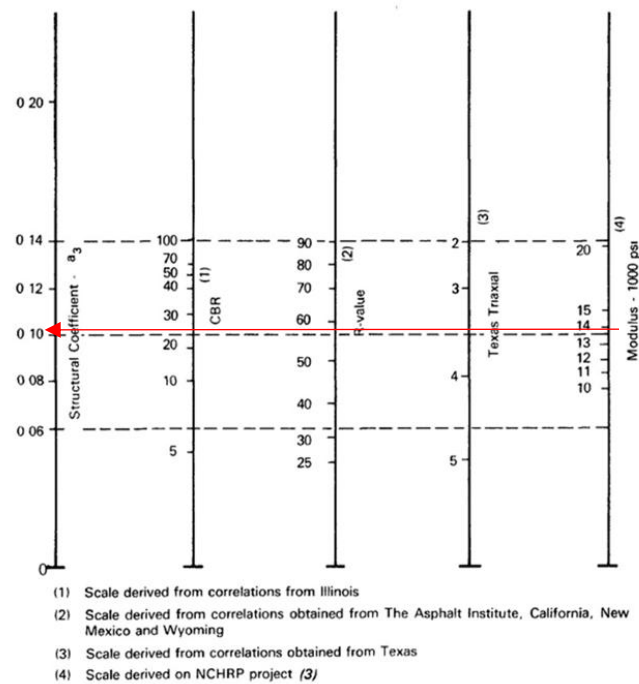


Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

Fuente: (AASHTO, 1993)

4.7.4.2. Módulo resiliente de la base.

El módulo resiliente (M_r) de la base es un parámetro esencial para evaluar la capacidad de este material de soportar para evaluar la capacidad de este material de soportar y distribuir las cargas aplicadas de manera eficiente. En este caso, el análisis muestra que el valor del módulo resiliente para la base es de 29000 psi, lo que indica un nivel significativo de rigidez del material.

Usando la Ilustración 35 como referencia, se ha determinado que el coeficiente estructural asociado a este módulo resiliente (a_2) es de 0.135. Este coeficiente representa el aporte estructural de la capa de base dentro del sistema del pavimento flexible, siendo un valor crucial para calcular los espesores requeridos en las capas superiores y garantizar una vida útil adecuada del pavimento.

Ilustración 35.

Ábaco para el cálculo del coeficiente a_2 para Base.

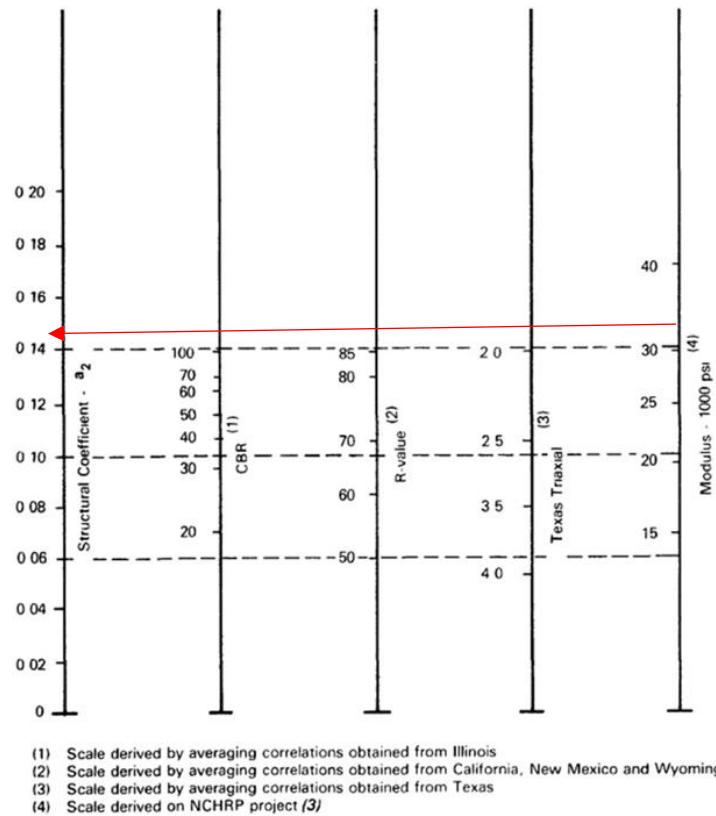


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

Fuente: (AASHTO, 1993)

4.7.4.3. Coeficiente estructural de la mezcla asfáltica.

El coeficiente estructural de la mezcla asfáltica es un parámetro que refleja la capacidad de la capa asfáltica para resistir y distribuir las cargas del tráfico. Para este diseño, se ha utilizado un módulo dinámico (E) de 3000 MPa como referencia.

De acuerdo con la Ilustración 36, este valor de módulo dinámico corresponde a un coeficiente estructural (a_1) de 0.43. Este coeficiente es fundamental para determinar el espesor requerido de la capa asfáltica en el diseño del pavimento, asegurando que pueda soportar

adecuadamente las condiciones de tráfico proyectadas y las cargas esperadas durante la vida útil de la vía.

Ilustración 36.

Ábaco para el cálculo del coeficiente a_1 para asfalto.

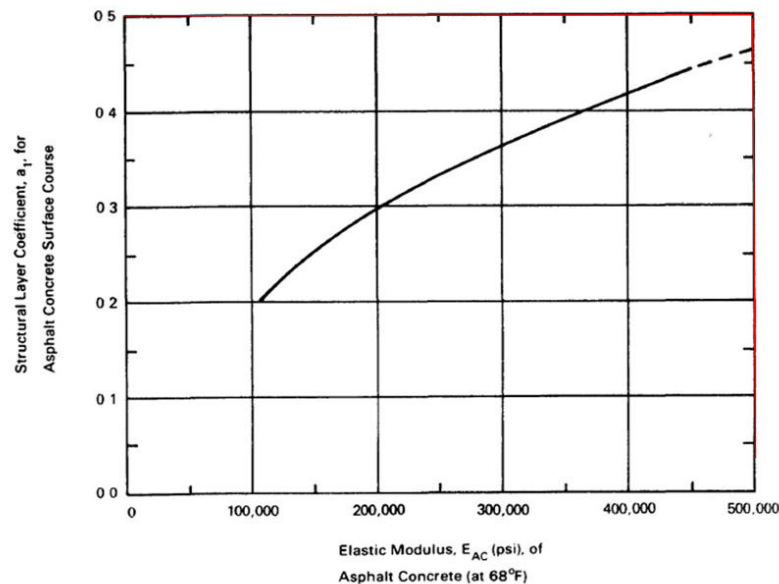


Figure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-Graded Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (3)

Fuente: (AASHTO, 1993)

4.7.5. Coeficientes de drenaje

El coeficiente de drenaje (m) es un parámetro que refleja la capacidad del pavimento para evacuar el agua y evitar daños estructurales relacionados con la humedad. En este diseño, se tomó en cuenta que el número de lluvias es de 125 días al año, lo que representa un 34 % del tiempo expuesto a niveles de humedad según la Tabla 43.

Dado que este porcentaje supera el 25%, se considera que el drenaje de la vía debe ser evaluado cuidadosamente. Sin embargo, al clasificar la calidad del drenaje como Buena, y con base en los valores establecidos en la Tabla 43, se selecciona un coeficiente de drenaje $m=1$.

Este valor asegura que el pavimento pueda mantener su funcionalidad frente a las condiciones de humedad esperadas.

Tabla 43.

Calidad del drenaje según exposición a la humedad

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 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 pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: (AASHTO, 1993)

4.7.6. Cálculo del número estructural requerido

Tabla 44

Resultado de los números estructurales de la base y subbase

	NUMEROS ESTRUCTURALES		
	BASE	SUBBASE	SUBRASANTE
Mr	29000	14900	9690
Zr	-0.674	-0.674	-0.674
So	0.45	0.45	0.45
Δ PSI	2	2	2
SN1,2,3	1.322769231	1.738909002	2.061367628
W18	158177	158177	158177
LOG W18	5.199143334	5.199143334	5.199143334

Fuente: Elaboración propia.

4.7.7. Espesores de capa

El espesor de capas en el diseño de la carretera se determina a través del cálculo de los ESALs representados por el valor W18. Para el proyecto en cuestión, se obtuvo un valor de W18 de 158,177, lo que sitúa el valor de los ESALs en el rango de 0.05 a 0.15, según la Tabla 45 de la (AASHTO, 1993). A partir de este valor, se calcula los diferentes espesores con las ecuaciones:

Tabla 45.

Espesores Mínimos de capa (in)

W18 (10 ⁶)	ESPESOR MINIMO EN PULGADAS	
	CAPA ASFALTICA	BASE GRANULAR
< 0.05	TSD	4
0.05 - 0.15	2	4
0.15 - 0.5	2.5	4
0.5 - 2	3	6
2 - 7	3.5	6
> 7	4	6

Fuente: (AASHTO, 1993).

Ecuación 19. Espesor de la carpeta asfáltica.

$$h1 = \frac{SN1}{a1} = \frac{2.061367628}{0.43} = 7.8 \approx 8 \text{ cm}$$

Ecuación 20. Espesor de la base.

$$h2 = \frac{SN2 - SN1}{a2 * m2} = \frac{1.738909 - 1.3227692}{0.135 * 1} = 7.8 \approx 8 \text{ cm}$$

Ecuación 21. Espesor de la subbase.

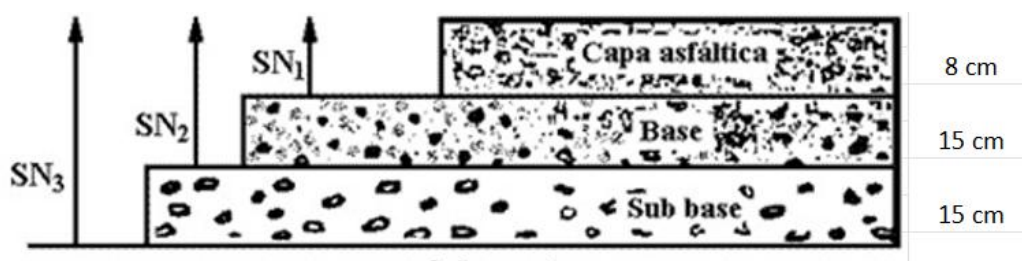
$$h3 = \frac{SN3 - SN2}{a3 * m3} = \frac{2.06136762 - 1.7389090}{0.11 * 1} = 7.4 \approx 7.5 \text{ cm}$$

Después de evaluar los espesores calculados para las diferentes capas de la infraestructura vial, se observa que el espesor de la capa asfáltica de 8cm cumple con los requisitos mínimos establecidos por la normativa (AASHTO, 1993). Sin embargo, los espesores calculados para la base y la subbase no cumplen con los valores mínimos requeridos. Por lo tanto, se adoptará el espesor mínimo estipulado por la normativa para ambas capas, con el fin de asegurar el rendimiento adecuado y la durabilidad de la estructura del pavimento durante su vida útil.

4.7.8. Espesores definidos

Ilustración 37.

Resultados de los espesores de las capas.



Fuente: Elaboración Propia.

4.7.9. Cunetas

4.7.10. Estudio hidrológico

El análisis hidrológico tiene como objetivo determinar la precipitación características del área del proyecto, así como las escorrentías asociadas, las cuales serán fundamentales para la estimación de los caudales de diseño y dimensionamiento de los sistemas de drenaje vial. Este proceso requiere identificar el área de influencia del proyecto, delimitar las cuencas que contribuyen con el caudal de escorrentía y analizar las características hidrológicas relevantes, como la pendiente, el tipo de suelo, la cobertura vegetal y el régimen de lluvias.

4.7.11. Estación Meteorológica

Para la recopilación de los datos meteorológicos necesarios para el estudio hidrológico del proyecto de la carretera entre los cantones Nabón y Girón, se utilizó la estación meteorológica de Girón, identificada con el código M0419. Los datos climáticos fueron extraídos de los anuarios meteorológicos proporcionados por el INAMHI, los cuales contienen registros detallados sobre diversas variables atmosféricas como la temperatura, la precipitación, la humedad relativa, la velocidad del viento, entre otros, el periodo determinado.

A continuación, se presenta una tabla de los datos obtenidos del anuario meteorológico de la estación M0419:

Tabla 46.

Anuarios Meteorológicos.

<i>Años</i>	<i>Nº</i>	<i>INSTIT. PROPIET</i>
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.

4.7.11.1. Curvas IDF

Para determinar las curvas de Distribución de Frecuencias (IDF) en el área de estudio del proyecto de carretera entre los cantones Nabón y Girón, se diseñó un estudio utilizando los datos de precipitación máxima en 24 horas registrados en la estación meteorológica de Girón, identificada con el código M0419. Los datos fueron obtenidos de los anuarios meteorológicos del INAMHI y cubren un periodo de 1995-2013 para garantizar que el análisis refleje de manera precisa las condiciones climáticas históricas de la zona.

Recopilación de Datos Meteorológicos: Se utilizaron los registros históricos de precipitación máxima en 24 horas anuales proporcionados por la estación Girón, que se consideran representativos de las condiciones climáticas locales.

Tabla 47.

Datos Mensuales de Precipitación Máxima en 24 Hrs. (mm)

Año	Máximo
1995	95.80
1996	203.10
1997	173.70
1998	193.40
1999	273.10
2000	332.00
2001	224.70
2002	131.50
2003	128.10
2004	143.00
2005	258.40
2006	211.60
2007	144.40
2008	281.90
2009	195.10
2010	313.90
2011	313.30
2012	372.80
2013	146.80
MAX	372.80

Fuente: Elaboración Propia.

Método de cálculo: Utilizando el método de Gumbel, se determinaron las precipitaciones máximas para distintas frecuencias de retorno, basándose en los datos obtenidos. Este método permitió generar la ecuación de intensidad de lluvia para diferentes duraciones y frecuencias de retorno.

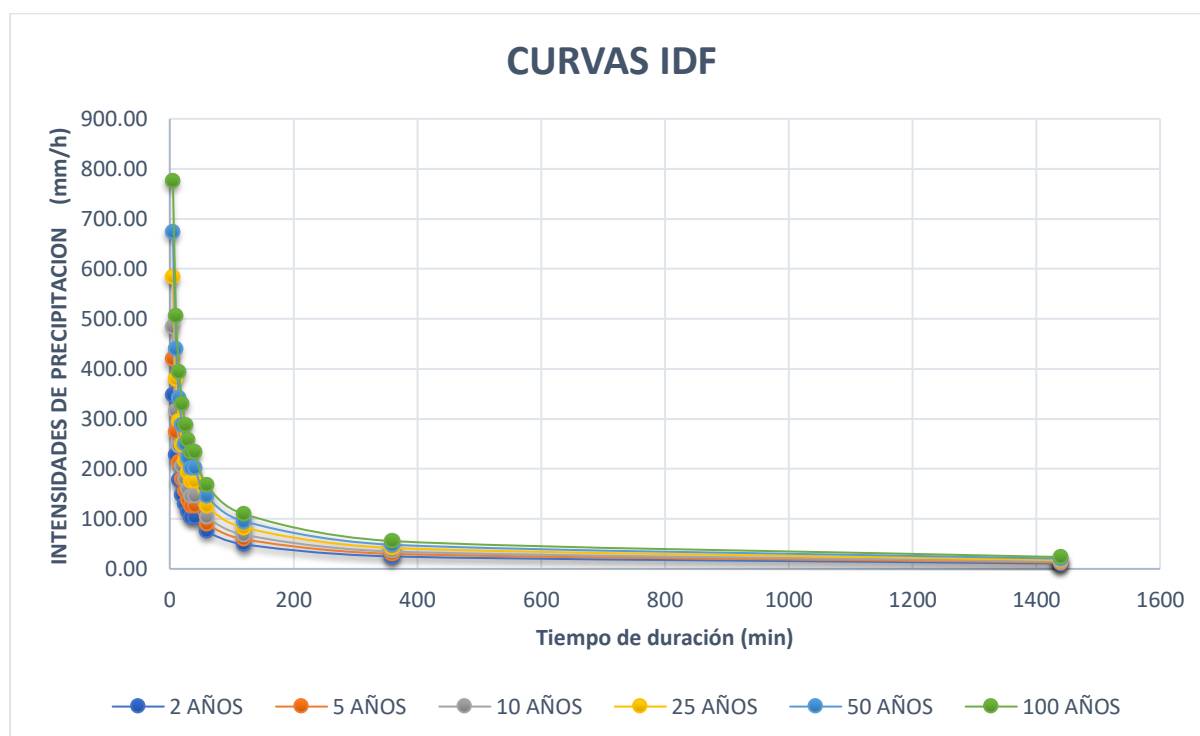
Ecuación 28. Ecuación. de Intensidad.

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n} = 287.38 \text{ mm/h}$$

Curvas IDF: Después de obtener la ecuación de intensidad, se procedió a calcular las intensidades correspondientes para diferentes frecuencias de retorno. Se generaron las curvas IDF que ilustran la relación entre la intensidad de precipitación y el tiempo de duración para varias frecuencias de retorno (5, 10, 15, 25, 50, 100 años).

Ilustración 38.

Curvas IDF de la Cuenca del Proyecto.



Fuente: Elaboración Propia.

Con los cálculos realizados, se obtuvo la intensidad de precipitación para un periodo de retorno de 25 años, con un valor de 287.38 mm/h. este valor es crucial para el diseño hidráulico y de drenaje de la carretera.

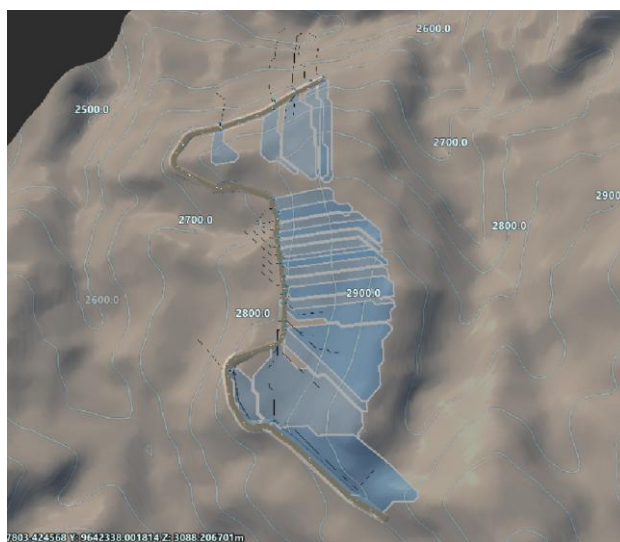
4.7.11.2. Áreas de aporte

En el marco del estudio hidrológico, la identificación de las áreas de aporte resulto fundamental para determinar los caudales que circularan por las cunetas del proyecto. Para este propósito, se empleó el software Infra Works, es una herramienta avanzada que permite delimitar cuencas hidrográficas con alta precisión, considerando las condiciones topográficas y las características del terreno.

Infra Works facilito la generación de las cuencas y la obtención del área de aporte en el análisis hidrológico. Este proceso no solo asegura una representación detallada del comportamiento del agua en el área de sistema de drenaje se ajuste a las condiciones hidrológicos reales del sitio, optimizando su funcionalidad y capacidad.

Ilustración 39.

Elaboración de las cuencas



Fuente: Elaboración Propia en el software Infra Works.

4.7.11.3. Coeficiente de escorrentía C

El coeficiente de escorrentía fue seleccionado en función de las características de la cobertura vegetal presente en el área de estudio. Dado que la zona cuenta con una combinación de pastos, vegetación ligera y áreas con vegetación alta, se considera que aproximadamente un 20 % tiene una pendiente alta. Con base en esta cobertura y la clasificación de suelos como semipermeables, se determinó un valor de $C=0.5$, el cual representa un equilibrio entre la infiltración y la escorrentía.

Tabla 48.

Coeficiente de Escorrentía C.

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIAD A 50%	ALT A 20%	MEDI A 5%	SUAV E 1%	DEPRECIABL E
SIN VEGETACIÓN	IMPERMEABLE	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	SEMIPERMEABLE	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	PERMEABLE	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	IMPERMEABLE	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
CULTIVOS	SEMIPERMEABLE	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	PERMEABLE	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
	IMPERMEABLE	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
PASTOS VEGETACION LIGERA	SEMIPERMEABLE	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
	IMPERMEABLE	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
HIERBA, GRAMA	SEMIPERMEABLE	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	PERMEABLE	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
BOSQUES DENSA VEGETACION	IMPERMEABLE	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Fuente: (MTOP, 2003).

Este valor será empleado en los cálculos hidrológicos para determinar el caudal de diseño que circulará a través de las cunetas, garantizando un diseño acorde a las condiciones naturales del terreno y su comportamiento esperado del agua.

4.7.11.4. Caudal del diseño

Para calcular el caudal aportado por las precipitaciones, se empleó el método racional, el cual relaciona el área de aporte (ha), el coeficiente de escorrentía y la intensidad de precipitación correspondiente en (mm/h). la **Ecuación 29** se utiliza es la siguiente:

Ecuación 29. Método racional.

$$Q = \frac{C * I * A}{360} = 0.7 \frac{m^3}{s}$$

En el proyecto, la vía en estudio se dividió en once tramos debido a las descargas de aguas pluviales y las características de pendiente del terreno. Como parte del análisis, se identificó el tramo crítico, donde se registra el mayor caudal de diseño. En este caso, con los valores determinados para el área de aporte, la intensidad de precipitación y el coeficiente de escorrentía, se obtuvo un caudal de diseño de $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ para dichos tramos.

Este valor será utilizado como base para determinar las cunetas y asegurar su capacidad de evacuar las aguas pluviales de manera eficiente, evitando acumulaciones o desbordamientos en el sistema vial.

4.7.11.5. Dimensionamiento de la cuneta

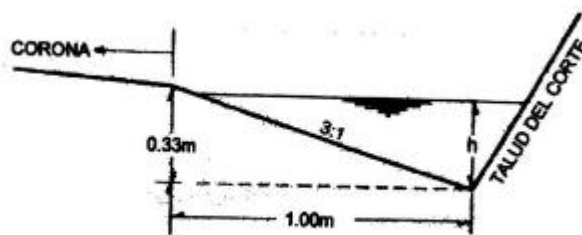
El dimensionamiento de las cunetas se llevó a cabo para evacuar de manera eficiente el caudal máximo de diseño de $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ obtenido mediante el método racional. La sección seleccionada es una cuneta trapezoidal, por su capacidad hidráulica y facilidad de construcción.

Para el diseño, se utilizaron los siguientes parámetros: Pendiente longitudinal de 0.1, con una altura de la cuneta de 0.62 m con un ancho de 0.75 m con taludes de Z_a de 6 y de Z_b de 5.

La cuneta diseñada con las dimensiones especificadas garantizando una capacidad suficiente para evacuar el caudal máximo de diseño.

Ilustración 40.

Diseño de Cunetas.



Fuente: (MTOP, 2003).

4.7.12. Alcantarillado

En el presente proyecto, se diseñaron las alcantarillas considerando las abscisas donde se llevarán a cabo estas estructuras. Se propuso una alcantarilla tipo que incorpora el uso de tuberías fabricadas de material Armico, seleccionadas en función de las características hidráulicas y las necesidades del proyecto. Además, para garantizar el control de las velocidades de salida y evitar erosión, se incluyeron disipadores de energía en puntos clave.

Ilustración 41.

Diámetro de las tuberías en las abscisas.

Abscisa	Area de Aporte [ha]	Caudal [m ³ /s]	Pendiente alcantarilla [S]	Velocidad Salida [m/s]	Coefficiente de Rugosidad n	Diámetro tubería [mm]	Porcentaje de llenado de la tubería [%]	Material Tubería	Caudal por Maning Q[m ³ /s]	Cumple o no cumple	Cumple Velocidad mínima y máxima
9+200	6.020	3.328	0.02	6.62020363	0.013	800	80	Armico	38.764	Cumple	OK
9+600	11.466	6.529	0.02	5.77305209	0.013	1200	80	Armico	58.146	Cumple	OK
10+060	11.516	6.547	0.02	5.78885568	0.013	1200	80	Armico	58.146	Cumple	OK
10+560	11.461	6.503	0.02	5.74989983	0.013	1200	80	Armico	58.146	Cumple	OK
11+060	6.856	3.775	0.02	4.80676992	0.013	1000	80	Armico	48.455	Cumple	OK

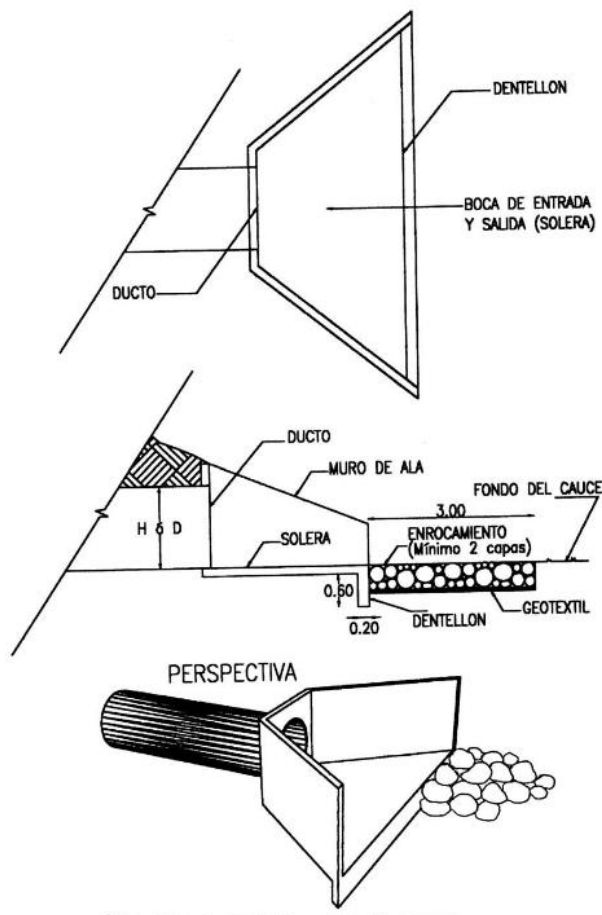
Fuente: Elaboración Propia.

El diseño de cada alcantarillado fue validado utilizando la fórmula de Manning, obteniendo caudales por tubería superiores al caudal de diseño, lo que confirma la capacidad hidráulica de las estructuras. Todas las tuberías cumplen tanto con el caudal requerido como con las velocidades aceptables, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro.

La propuesta de diseño garantiza un adecuado drenaje pluvial en la vía, considerando las características topográficas, las áreas de aporte y los caudales generados. La incorporación de disipadores de energía permite mitigar el impacto de las altas velocidades, diciendo el riesgo de erosión en las áreas de descarga.

Ilustración 42.

Alcantarillado.



Fuente: (MTOP, 2003).

4.8.Diseño geométrico

El diseño geométrico de la vía en estudio se desarrolló considerando las normativas vigentes y los estándares establecidos para garantizar la seguridad y funcionalidad del proyecto. Este diseño incluye la definición de las características principales de la vía, tales como el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical, y la sección transversal, las cuales se adaptan a las condiciones topográficas y al tipo de tránsito esperado.

4.8.1. Alineamiento horizontal

Se determinaron curvas horizontales necesarias para garantizar una conducción segura y cómoda considerando la velocidad de diseño establecida. Cada curva incluye los elementos básicos: radios, longitudes de transición y desarrollo, los cuales cumplen con los criterios con los criterios de visibilidad y peralte.

4.8.1.1.Velocidad de diseño

La velocidad de diseño seleccionado para el presente proyecto fue determinada con base en los criterios establecidos en la MTOP, utilizando, la tabla que relaciona al TPDA con la velocidad correspondiente.

En el análisis realizado, el TPDA del tramo se encuentra entre 300 a 1000 vehículos /día, lo que, de acuerdo con la normativa vigente, establece una velocidad de diseño de 40 km/h. este valor fue adoptado para garantizar que la vía cumpla con los estándares de seguridad y funcionalidad, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones: condición de tráfico, topografía del terreno y normativa y estándares.

La velocidad de diseño de 40 km/h adoptado para el proyecto garantiza el cumplimiento de las normativas del MTOP y responde a las condiciones específicas de tránsito y topografía del área. Este valor asegura una operación segura y eficiente de la vía, alineándose con los objetivos del diseño geométrico.

Ilustración 43.

Valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos



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	80	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.)					
Coficiente "K" para: ⁽²⁾																														
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3
Gradiente longitudinal ⁽³⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)	0,5%																													
Ancho de pavimento (m)	7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00						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 ⁽⁶⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						---					
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0					
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁵⁾ - 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																													
	SERA 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 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																														

vecinales de construcción.

Fuente: (MTO, 2003).

4.8.1.2. Radio mínimo de curva

El radio mínimo de curvatura se determinó en función de la velocidad de diseño seleccionada para la zona del proyecto, la cual fue establecida en 40 km/h de acuerdo con las características topográficas, el entorno y las condiciones operativas del tramo. Según la normativa de la (MTO, 2003), para esta velocidad de diseño correspondiente un radio mínimo de curva de 42 metros, asegurando estable, minimizando el riesgo de deslizamiento o pérdida de control. Este valor también toma en coeficiente de fricción, elementos que permiten optimizar el diseño geométrico y garantizar una experiencia de conducción segura y eficiente en las curvas.

Ilustración 44.

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



República del Ecuador
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

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

NORMAS	CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300 – 1 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100 – 300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾					
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 ⁽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	40	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	MÁXIMO = 10%																													
Coficiente "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 ⁽⁴⁾ 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 ⁽³⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						---					
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0					
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---					
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																													
Puentes	HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																													
	SERA 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 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																														

Fuente: (MTOP, 2003).

4.8.1.3. Distancia de frenado

La distancia de frenado es un parámetro clave en el diseño geométrico de carreteras, ya que asegura que los vehículos puedan detenerse de manera segura ante cualquier obstáculo o imprevisto. Esta distancia se calcula considerando la velocidad de diseño seleccionado para el proyecto, que en este caso es de 40 km/h, así como el tiempo de percepción-reacción del conductor, el coeficiente de fracción longitudinal y las características del pavimento

4.

Ecuación 30. Distancia de frenado.

$$D_f = \frac{V_d^2}{3.6} + t_r * \frac{V_d^2}{254 * f} = 49.94 \text{ m}$$

El valor calculado de la distancia de frenado tiene un 49.94 m, este representa la longitud mínima necesaria para que un vehículo que circula a 40 km/h pueda detenerse completamente ante un obstáculo.

4.8.1.4. Distancia de visibilidad de rebasamiento

La distancia de visibilidad de rebasamiento, según la normativa de la MTOP y la Ilustración 45, se determina con base en la velocidad de diseño seleccionado. Para este proyecto, con una velocidad de diseño de 40 km/h el cálculo arroja un valor de 268 m, siendo el valor recomendado de 270 m. esta distancia garantiza que los conductores puedan realizar maniobras de adelantamiento de forma segura, considerando los tiempos de percepción, aceleración y retorno al carril.

Ilustración 45.

Distancia de visibilidad de rebasamiento.

V ₀ , Km/h	VELOCIDADES DE LOS VEHICULOS, Km/h.		DISTANCIA MINIMA DE REBASAMIENTO, METROS	
	REBASADO	REBASANTE	CALCULADA	RECOMENDADA
25	24	40	----	(80)
30	28	44	----	(110)
35	33	49	----	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830 *
120	94	110	831	830

Fuente: (MTOP, 2003).

4.8.2. Alineación vertical

La alineación vertical del diseño geométrico de la carretera se enfoca en garantizar la seguridad, comodidad y funcionalidad del tránsito, considerando las pendientes y curvaturas del perfil longitudinal. Para este proyecto, se han establecido parámetros de diseño conforme a

la normativa de la MTOP, tomando en cuenta la velocidad de diseño de 40 km/h y las características topográficas del terreno.

4.8.3. Sobreancho

El sobreancho es un parámetro crucial en el diseño geométrico de curvas horizontales, ya que garantiza la seguridad de los vehículos al circular por ellas, especialmente al considerar la velocidad de diseño y el radio de curvatura. En este proyecto, utilizando la formula del MTOP y tomando en cuenta una velocidad de diseño de 40 km/h, un radio de 42 metros y un número de carriles de 2, la **Ecuación 6** es:

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 * \sqrt{R}} = 0.91 \text{ m}$$

El sobreancho calculado es de 0.91 metros asegura que los vehículos puedan tomar la curva de forma segura sin invadir el carril contrario, permitiendo que las maniobras sean cómodas y seguras. Este valor se distribuye a lo largo de la curva, permitiendo un diseño adecuado para mantener una circulación fluida y sin riesgos para mantener una circulación fluida y sin riesgos para los usuarios de la vía.

4.8.4. Peralte

El peralte es un aspecto fundamental en el diseño de curvas horizontales, ya que permite contrarrestar las fuerzas centrífugas que afectan a los vehículos al tomar una curva. Este valor de peralte se calcula mediante la **Ecuación 3**:

$$e = \frac{V_d^2}{g * R} = 3.88 \text{ m}$$

El peralte de 3.88 metros aplicado en la curva permitirá que los vehículos mantengan su estabilidad a lo largo de la trayectoria, proporcionando un viaje más seguro y cómodo. Este diseño también tiene en cuenta el confort del conductor.

4.9.Señalización

La señalización es un elemento crucial en el diseño de carreteras, ya que proporciona la información necesaria para guiar y advertir a los conductores sobre las condiciones de la vía, garantizando la seguridad y el orden en la circulación. En el contexto de este proyecto, la señalización se debe implementar de acuerdo con las normativas y estándares establecidos, con el objetivo de informar adecuadamente sobre los límites de velocidad, la existencia de curvas, el estado de la carretera y cualquier otro factor que pueda influir en la condición.

En los anexos del proyecto se incluirán los planos detallados que indican las abscisas específicas donde se ha colocado tanto la señalización horizontal como la vertical en el recorrido de la carretera.

5. Presupuesto referencial

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1		OBRAS PRELIMINARES				179.597.99
1.1	500004	Replanteo y nivelación de vías	ml	2.300.00	3.50	8.050.00
1.2	500010	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	14.958.00	1.96	29.317.68
1.3	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	74.79	12.53	937.12
1.4	500001	Cargado de material con cargadora	m3	19.542.63	1.37	26.773.40
1.5	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	19.542.63	2.22	43.384.63
1.6	500003	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-km	273.596.78	0.26	71.135.16
2		ESTRUCTURA VIAL				494.658.61
2.1	500005	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	16.100.00	1.31	21.091.00
2.2	500006	Pedraplén, conformación y compactación con equipo pesado	m3	161.00	25.01	4.026.61
2.3	500007	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	2.843.10	23.45	66.670.70
2.4	500040	Subbase conformación y compactación con equipo pesado	m3	2.415.00	29.69	71.701.35
2.5	500041	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	2.415.00	35.93	86.770.95
2.6	500011	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	16.100.00	1.22	19.642.00
2.7	500039	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	16.100.00	13.96	224.756.00
3		DRENAJES VIAL				46.066.02
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	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-km	80.00	0.26	20.80
3.6	552338	Cama de arena e=3cm	m2	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	2.300.00	4.62	10.626.00
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				16.746.00
4.1	500018	Señalización vertical	u	5.00	148.76	743.80

6. Conclusiones

El diseño geométrico y estructural de la vía Ramada-Río Curiquingue, entre las abscisas 9+200 y 11+500, representa una solución integral para mejorar la conectividad ente los cantones de Girón y Nabón. Este proyecto no solo responde a las deficiencias actuales de la infraestructura, sino que también garantiza una vía funcional y segura para el tránsito vehicular y peatonal, impactando positivamente en el desarrollo socioeconómico de la región.

La aplicación de las normativas técnicas como el MTOP y la metodología AASHTO 93 asegura que el diseño cumpla con estándares internacionales, logrando un equilibrio entre seguridad, durabilidad y eficiencia. Los resultados obtenidos en los levantamientos topográficos, análisis de tráfico y ensayos de laboratorio fueron fundamentales para definir los parámetros del diseño geométrico, estructural y de pavimentación.

El diseño de los sistemas de drenaje y pavimentación propuestos se enfoca en optimizar la evacuación de aguas pluviales y en proporcionar una superficie resistente al tráfico proyectado. Esto minimiza problemas como inundaciones, desgastes prematuro y riesgos de seguridad, garantizando una mayor vida útil de la infraestructura vial.

En conclusión, este proyecto no solo mejora la transitabilidad y funcional de la vía, sino que también contribuye al desarrollo regional al facilitar el acceso a servicios básicos y reducir los costos y tiempos de transporte. Su implementación es clave para el bienestar de las comunidades beneficiadas.

7. Recomendaciones

Es esencial que se priorice la ejecución del proyecto siguiendo los lineamientos establecidos en el diseño geométrico y estructural de la vía. Esto garantizara que los estándares de seguridad, durabilidad y funcionalidad se cumplan, permitiendo que la infraestructura responda de manera efectiva a las necesidades de tránsito vehicular y peatonal.

Se recomienda establecer un programa de monitoreo y mantenimiento periódico de la vía. Este plan debe incluir inspecciones regulares de los sistemas de drenaje, el pavimento y la señalización, con el objetivo de identificar y solucionar problemas de manera oportuna prolongado la vida útil de la infraestructura.

Es importante considerar la integración de estudios complementarios, como análisis ambientales y sociales más detallados, para asegurar que el proyecto no solo sea funcional, si no también sostenible en términos de impacto en el entorno natural y la comunidad local.

Finalmente, se sugiere promover iniciativas que aprovechen la mejora en la conectividad, como el fomento de actividades económicas y turísticas en la región. Esto permitirá maximizar los beneficios del proyecto y contribuir al desarrollo integral de los Cantones Girón Y Nabón.

8. Bibliografía

- (INVIAS), I. N. (2013). *Manual de diseño geometrico de carreteras*. Bogotá: INVIAS.
- AASHTO. (1993). *Guide for Desing of Paviment Structures*. Washington: D.C. AASHTO.
- Cardenas Grisales, J. (2013). *Diseño geometrico de carreteras. Fundamentos y aplicaciones*. Bogota: Ingenieria Vial .
- Colombia, M. d. (2015). *Normativa para el diseño e instalacion de señales de trnsito*. Colombia : Ministerio de Transporte .
- Craig, R. (2004). *Mecánica de Suelos*. España: McGraw-Hill.
- E, R. (2010). *Geotecnia y Cimientos*. Barcelona, España: Universidad Politecnica de Cataluña.
- Gaber, N. J. (2015). *Traffic highway engiineering*. . Boston.: Cengage Learning.
- Gómez, P. (2019). *Infraestructura Vial y Desarrollo Regional*. Loja: Andina.
- Gómez, P. (2019). *Mecanica de suelos y fundamentos de compactación*. México: Limusa.
- Gonzales, J. &. (2017). *Tecnologias avanzadas en levantamientos topograficos: LIDAR y sus aplicaciones en Ingenieria*. Madrid, España: Academica.
- Gonzáles, J. (2018). *Ingeniería Geotecnica: Fundamentos y Aplicaciones*. Madrd, España: Reverté.
- INAMHI. (2010). *Guía técnica para la recopilacion de datos climáticos en el Ecuador*. Quito, Ecuador: INAMHI.
- INEN. (2011). *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1: Requisitos para dispositivos de control del tránsito en calles y carreteras*. Quito, Ecuador: INEN.
- Martínez, J. &. (2015). *Normas y regulaciones en Ingenieria civil: Una guía para el cumplimiento técnico y legal* . Madrid, España: Técnicas.
- Martinez, J. (2020). *Mecanica de suelos aplicada al diseño vial*. Bogotá, Colombia: Alfaomega.
- MTOP. (2003). *Norma de diseñi geométrico para carreteras*. Quito: MTOP.
- N"2, I. v. (2013). *Volumen N"2 libro b norma para estudios y diseño vial*. Quito: INEN.
- Pérez, A. (2018). *Diseño y construcción*. Madrid: Técnico.
- Pérez, J. &. (2017). *Fundamentos y aplicaciones de la normativa tecnica en construccion*. Barcelona, España: Universidad.
- Pérez-sANCHEZ, J. A.-A. (2017). *Curvas IDF DE la ciudad de Cuenca*. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay.
- Rodríguez, L. (2020). *Geotecnia aplicada: Métodos y ensayos*. Bogotá, Colombia: Alfaomega.

9. Anexos

9.1. Topografía con Dron







9.2.TPDA

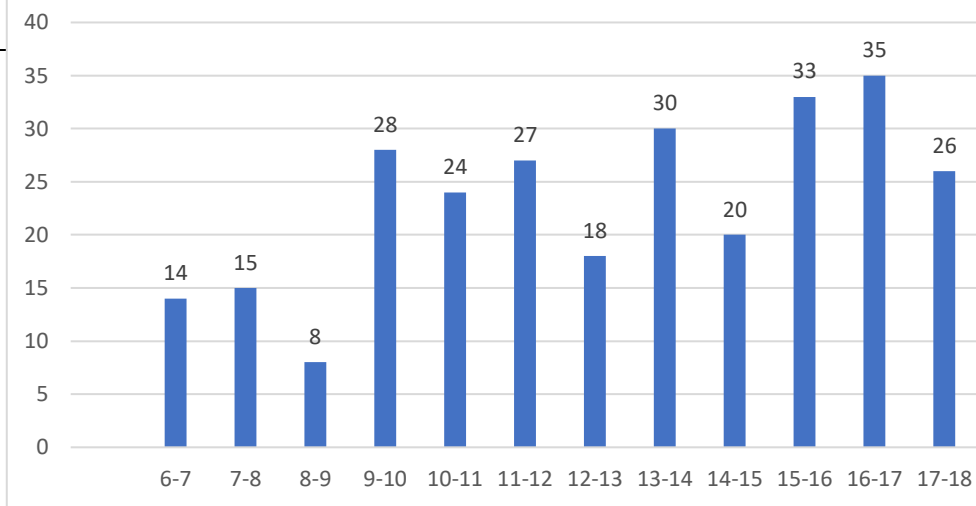
VOLUMEN HORARIO DE MAXIMA DEMANDA "VHMD"

Resumen para hora pico

HORA	SENTIDO		AMBOS SENTIDOS
	NORTE- SUR	SUR-NORTE	
6-7	7	7	14
7-8	8	7	15
8-9	8	0	8
9-10	14	14	28
10-11	24	0	24
11-12	14	13	27
12-13	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
fph =		0.39772727	Factor pico horario
V15 =		22	

VOLUMEN AMBOS SENTIDOS

117



Factor diario

Dia	N 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	
TPDS =	39.71	1.00

Factor Semanal

0.142857143

CONSUMO DE COMBUSTIBLE AÑO 2023

MES	87 OCTANOS	92 OCTANOS	DIESEL PREMIUM	SUMA
Enero	3.877.402	625.955	3.293.368	7.796.724
Febrero	3.330.550	564.913	3.179.790	7.075.253
Marzo	4.974.796	617.057	2.198.898	7.790.751
Abril	3.739.420	606.430	3.212.193	7.558.044
Mayo	4.073.673	615.065	3.278.495	7.967.233
Junio	3.907.999	592.657	2.909.649	7.410.305
Julio	4.215.636	580.536	3.417.977	8.214.149
Agosto	4.232.896	539.268	3.485.990	8.258.154
Septiembre	4.413.356	538.276	3.187.424	8.139.057
Octubre	4.753.796	615.704	2.999.186	8.368.687
Noviembre	4.380.682	660.749	3.406.909	8.448.340
Diciembre	5.229.493	563.770	2.961.265	8.754.528

51.129.699	7.120.380	37.531.146	95.781.225
COSTO PROMEDIO MENSUAL			7.981.769
FM			0.91173034

Resumen Conteo Vehicular

VEHICU LOS	LUN ES	MART ES	MIERCO LES	JUEV ES	VIERN ES	SABA DO	DOMIN GO	TOT AL	TOTAL, PROME DIO
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

PROYECCION DE TRAFICO

PROYECCIONES DE VEHICULOS LIVIANOS SEGÚN EL MODELO LOGISTICO

AÑ O	POBLACI ON	VEHICUL OS	Tm	Y=Ln (Ts/Tm -1)	Tm AJUSTAD O	VEH. AJUSTADO. LIVIANOS
	CUENCA	LIVIANOS				
1969	181.573	1.935	10.66	2.65	11.73	2.131
1970	188.132	2.435	12.94	2.44	13.04	2.453
1971	194.928	3.173	16.28	2.19	14.47	2.822
1972	201.970	3.529	17.47	2.11	16.05	3.242
1973	209.266	3.921	18.74	2.03	17.78	3.721
1974	216.826	4.638	21.39	1.88	19.67	4.264
1975	224.659	5.710	25.42	1.68	21.73	4.881
1976	233.221	6.588	28.25	1.55	23.96	5.589
1977	242.110	8.106	33.48	1.35	26.39	6.389
1978	251.337	8.877	35.32	1.28	29.01	7.291

197 9	260.916	11.193	42.90	1.02	31.83	8.304
198 0	270.860	6.435	23.76	1.76	34.85	9.439
198 1	281.183	12.070	42.93	1.02	38.07	10.705
198 2	291.899	17.169	58.82	0.56	41.49	12.112
198 3	303.024	14.695	48.49	0.85	45.11	13.670
198 4	306.391	15.453	50.44	0.79	48.92	14.989
198 5	309.795	16.113	52.01	0.75	52.90	16.389
198 6	313.237	18.887	60.30	0.52	57.05	17.869
198 7	316.717	17.792	56.18	0.63	61.33	19.425
198 8	320.236	18.806	58.73	0.56	65.74	21.052
198 9	323.793	23.028	71.12	0.25	70.24	22.743
199 0	327.391	20.648	63.07	0.45	74.81	24.492
199 1	331.028	22.202	67.07	0.35	79.42	26.290
199 2	338.490	18.888	55.80	0.64	84.04	28.447
199 3	346.119	22.504	65.02	0.40	88.64	30.681
199 4	353.921	21.940	61.99	0.48	93.19	32.983
199 5	361.899	25.658	70.90	0.25	97.67	35.346
199 6	370.056	27.067	73.14	0.19	102.04	37.760
199 7	378.397	30.957	81.81	-0.02	106.28	40.216
199 8	386.926	31.006	80.13	0.02	110.38	42.707
199 9	395.648	35.703	90.24	-0.23	114.30	45.224
200 0	404.566	42.924	106.1 0	-0.64	118.05	47.760
200 1	413.685	44.844	108.4 0	-0.70	121.61	50.309
200 2	423.010	45.513	107.5 9	-0.68	124.97	52.864
200 3	432.545	49.245	113.8 5	-0.86	128.13	55.422
200 4	442.294	58.775	132.8 9	-1.52	131.09	57.979
200 5	452.264	66.601	147.2 6	-2.30	133.84	60.532

200 6	462.458	74.657	161.4 4	-5.66	136.40	63.079
200 7	472.882	67.353	142.4 3	-1.98	138.76	65.619
200 8	483.541	74.846	154.7 9	-3.07	140.94	68.152
200 9	494.441	68.302	138.1 4	-1.76	142.95	70.679
201 0	505.585	73.703	145.7 8	-2.20	144.78	73.201
201 1	516.982	79.424	153.6 3	-2.91	146.46	75.719
201 2	528.635	83.675	158.2 9	-3.75	147.99	78.235
201 3	540.550	84.929	157.1 2	-3.47	149.39	80.751
201 4	552.735	84.644	153.1 4	-2.85	150.65	83.271
201 5	565.194	89.864	159.0 0	-3.97	151.80	85.796
201 6	577.933	85.961	148.7 4	-2.42	152.84	88.330
201 7	590.960	86.966	147.1 6	-2.29	153.78	90.875
201 8	604.281	92.906	153.7 5	-2.92	154.62	93.435
201 9	617.901	93.825	151.8 4	-2.70	155.39	96.013
202 0	631.829	94.251	149.1 7	-2.45	156.07	98.611
202 1	646.071	95.247	147.4 2	-2.31	156.69	101.233
202 2	660.634	99.890	151.2 0	-2.64	157.25	103.883
202 3	675.525				157.75	106.561
202 4	690.751				158.19	109.273
202 5	706.321		a =	2.550	158.60	112.020
202 6	722.242				158.96	114.805
202 7	738.522		b =	-0.114	159.28	117.631
202 8	755.169				159.57	120.501
202 9	772.190		r =	0.9175	159.83	123.417
203 0	789.596				160.06	126.381
203 1	807.394		r² =	0.8418191 1	160.27	129.397

203 2	825.593		160.45	132.467
203 3	844.202	Ts = 162	160.62	135.593
203 4	863.231		160.76	138.777
203 5	882.689	Y = a+bt	160.90	142.022
203 6	902.585		161.02	145.330
203 7	922.930	Y = 2.550 -0.114 t	161.12	148.703
203 8	943.733		161.22	152.144
203 9	965.005		161.30	155.655
204 0	986.757		161.37	159.238
204 1	1.008.999		161.44	162.895
204 2	1.031.742		161.50	166.628
204 3	1.054.998		161.56	170.441
204 4	1.078.778		161.60	174.334
204 5	1.103.094		161.65	178.311
204 6	1.127.959		161.68	182.373
204 7	1.153.384		161.72	186.523
204 8	1.179.381		161.75	190.763
204 9	1.205.965		161.78	195.096
205 0	1.233.148		161.80	199.523

Tabla: Factores de conversión (MOP, 2003)

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		

Tabla: Intensidad de tráfico transformada a vehículos livianos

CLASES	N 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
MOTOS	3	0.5	2

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%					
CLASE	TPD A (2024)	2024 - 2029	n	TPD A (2029)	2029 - 2034	n	TPDA (2034)	2034 - 2039	n	TPD A (2039)	2039 - 2044	n	TPD A (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

ESALs

DATOS DE TRAFICO

AÑO 2024		TOTAL	Porcentajes de Vehículos	
TPD TOTAL		346		
AUTOS		300	86.7%	
BUSES		0	0.0%	
CAMIONES		46	13.3%	
30%	2DA	44	12.7%	Distribución Camiones 2200.0%
70%	2DB	2	0.6%	100.0%
	3 - A	0	0.0%	0.0%

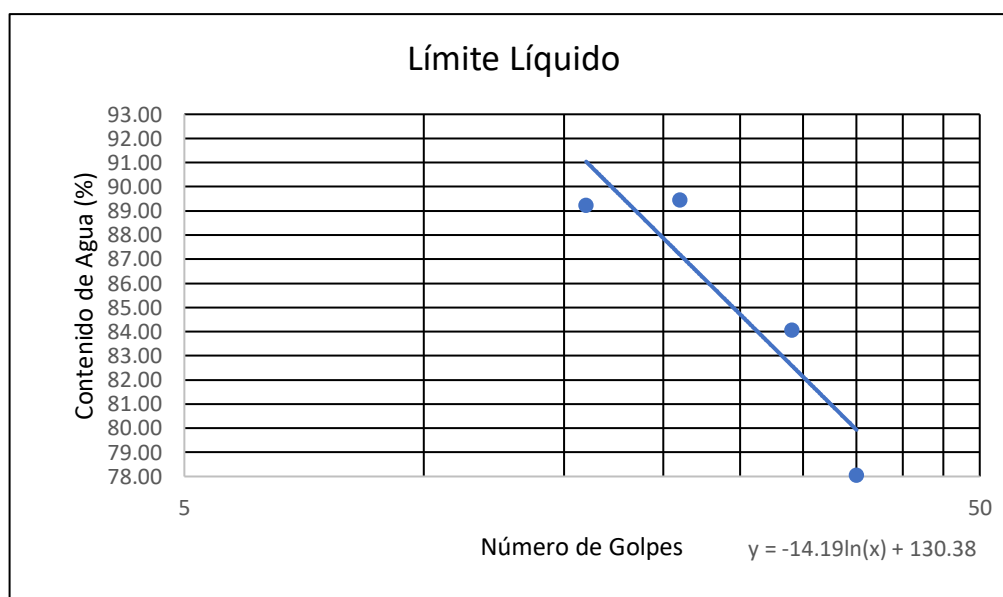
2 0 2 4	2. 4 6 %	0. 0 0 %	2. 25 %	2. 25 %	3 4 6	3 0 0	0	44	2	4 4	2	0	0	0	0	0	0	0	12. 50 2	6. 2 5 1
2 0 2 5	2. 4 6 %	0. 0 0 %	2. 25 %	2. 25 %	3 5 4	3 0 7	0	45	2	4 5	2	0	0	0	0	0	0	0	25. 21 2	1 2. 6 0 6 1
2 0 2 6	2. 4 6 %	0. 0 0 %	2. 25 %	2. 25 %	3 6 3	3 1 5	0	46	2	4 6	2	0	0	0	0	0	0	0	38. 13 4	9. 0 6 7 2
2 0 2 7	2. 4 6 %	0. 0 0 %	2. 25 %	2. 25 %	3 7 2	3 2 3	0	47	2	4 7	2	0	0	0	0	0	0	0	51. 27 3	5. 6 3 6 3
2 0 2 8	2. 4 6 %	0. 0 0 %	2. 25 %	2. 25 %	3 8 1	3 3 1	0	48	2	4 8	2	0	0	0	0	0	0	0	64. 63 4	2. 3 1 7 3
2 0 2 9	2. 3 7 %	0. 0 0 %	2. 25 %	2. 25 %	3 9 0	3 3 9	0	49	2	4 9	2	0	0	0	0	0	0	0	78. 22 2	9. 1 1 1 4
2 0 3 0	2. 3 7 %	0. 0 0 %	2. 25 %	2. 25 %	3 9 9	3 4 7	0	50	2	5 0	2	0	0	0	0	0	0	0	92. 04 3	6. 0 2 1 5
2 0 3 1	2. 3 7 %	0. 0 0 %	2. 25 %	2. 25 %	4 0 9	3 5 5	0	51	2	5 1	2	0	0	0	0	0	0	0	10 6.1 01	3. 0 5 0 6
2 0 3 2	2. 3 7 %	0. 0 0 %	2. 25 %	2. 25 %	4 1 8	3 6 3	0	53	2	5 3	2	0	0	0	0	0	0	0	12 0.4 01	0. 2 0 1 6
2 0 3 3	2. 3 7 %	0. 0 0 %	2. 25 %	2. 25 %	4 2 8	3 7 2	0	54	2	5 4	2	0	0	0	0	0	0	0	13 4.9 50	7. 4 7 5 7
2 0 3 4	2. 3 2 %	0. 0 0 %	2. 25 %	2. 25 %	4 3 8	3 8 0	0	55	2	5 5	2	0	0	0	0	0	0	0	14 9.7 53	4. 8 7 6 8
2 0 3 5	2. 3 2 %	0. 0 0 %	2. 25 %	2. 25 %	4 4 8	3 8 9	0	56	3	5 6	2	0	0	0	0	0	0	0	16 4.8 15	2. 4 0 8

2036	2.32%	0.0%	2.25%	2.25%	48	38	0	57	3	57	2	0	0	0	0	0	0	0	180.143	90.7197
2037	2.32%	0.0%	2.25%	2.25%	49	48	0	59	3	59	2	0	0	0	0	0	0	0	195.742	7.871105809138912
2038	2.32%	0.0%	2.25%	2.25%	48	41	0	60	3	60	2	0	0	0	0	0	0	0	211.618	5.809138912
2039	2.29%	0.0%	2.25%	2.25%	49	27	0	61	3	61	2	0	0	0	0	0	0	0	227.779	3.88912
2040	2.29%	0.0%	2.25%	2.25%	50	36	0	63	3	63	2	0	0	0	0	0	0	0	244.229	2.115130488139013
2041	2.29%	0.0%	2.25%	2.25%	51	46	0	64	3	64	2	0	0	0	0	0	0	0	260.976	0.488139013
2042	2.29%	0.0%	2.25%	2.25%	52	57	0	66	3	66	2	0	0	0	0	0	0	0	278.027	9.013148516
2043	2.29%	0.0%	2.25%	2.25%	53	67	0	67	3	67	3	0	0	0	0	0	0	0	297.032	8.516
2044	2.29%	0.0%	2.25%	2.25%	55	78	0	69	3	69	3	0	0	0	0	0	0	0	316.353	158.177

9.3. Ensayos de Laboratorio

9.3.1. Límite líquido Tramo 1

Tramo 1								
No. Tara	Numero de Golpes	Peso de Tara (g)	Peso de Tara + Suelo Húmedo (g)	Suelo Húmedo (g)	Peso de Tara + Suelo Seco (g)	Peso de Suelo Seco (g)	Masa de Agua (g)	Contenido de Agua (%)
1	16	27.66	45.39	17.73	37.03	9.37	8.36	89.22
2	21	27.55	41.36	13.81	34.84	7.29	6.52	89.44
3	29	27.39	47.36	19.97	38.24	10.85	9.12	84.06
4	35	27.67	44.46	16.79	37.1	9.43	7.36	78.05



N° de Golpe	25
Límite Líquido	84.70 %

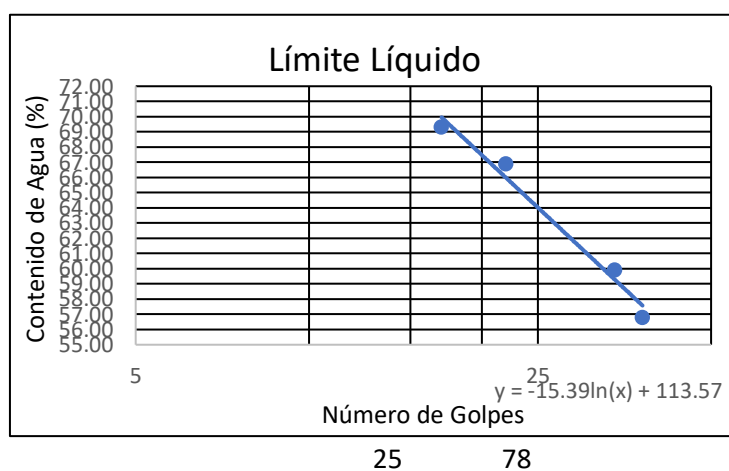
9.3.2. Límite Plástico y Índice Plástico Tramo 1

Tramo 1							
No. Tara	Peso de Tara (g)	Peso de Tara + Suelo Húmedo (g)	Suelo Húmedo (g)	Peso de Tara + Suelo Seco (g)	Peso de Suelo Seco (g)	Peso de Agua (g)	Contenido de Agua (%)
1	27.72	30.04	2.32	29.46	1.74	0.58	33.33
2	27.81	30.67	2.86	29.75	1.94	0.92	47.42

3	27.6	30.17	2.57	29.55	1.95	0.62	31.79
Límite Plástico			37.52	Índice Plástico	47.19		

9.3.3. Límite líquido Tramo 2

Tramo 2								
No. Tara	Numero de Golpes	Peso de Tara (g)	Peso de Tara + Suelo Húmedo (g)	Suelo Húmedo (g)	Peso de Tara + Suelo Seco (g)	Peso de Suelo Seco (g)	Masa de Agua (g)	Contenido de Agua (%)
1	17	27.41	58.1	30.69	45.54	18.13	12.56	69.28
2	22	28.02	58.79	30.77	46.46	18.44	12.33	66.87
3	34	27.56	55.43	27.87	44.99	17.43	10.44	59.90
4	38	27.78	50.48	22.7	42.26	14.48	8.22	56.77



N° de Golpe 25

Límite Líquido	64.03 %
-----------------------	---------

9.3.4. Límite Plástico y Índice Plástico Tramo 2

Tramo 1							
No. Tara	Peso de Tara (g)	Peso de Tara + Suelo Húmedo (g)	Suelo Húmedo (g)	Peso de Tara + Suelo Seco (g)	Peso de Suelo Seco (g)	Peso de Agua (g)	Contenido de Agua (%)
1	27.74	29.51	1.77	28.98	1.24	0.53	42.74
2	27.61	29.22	1.61	28.72	1.11	0.5	45.05
3	27.79	30.76	2.97	29.81	2.02	0.95	47.03
Límite Plástico			44.94	Índice Plástico		19.09	

9.3.5. Proctor Tramo 1

P1			
Diámetro	15.25	cm	
Altura	11.69	cm	
Peso	5427.20	cm	
Volumen del Molde P1	2134.87	cm ³	

P2			
Diámetro	15.17	cm	
Altura	11.66	cm	
Peso	5425.20	cm	
Volumen del Molde P2	2107.63	cm ³	

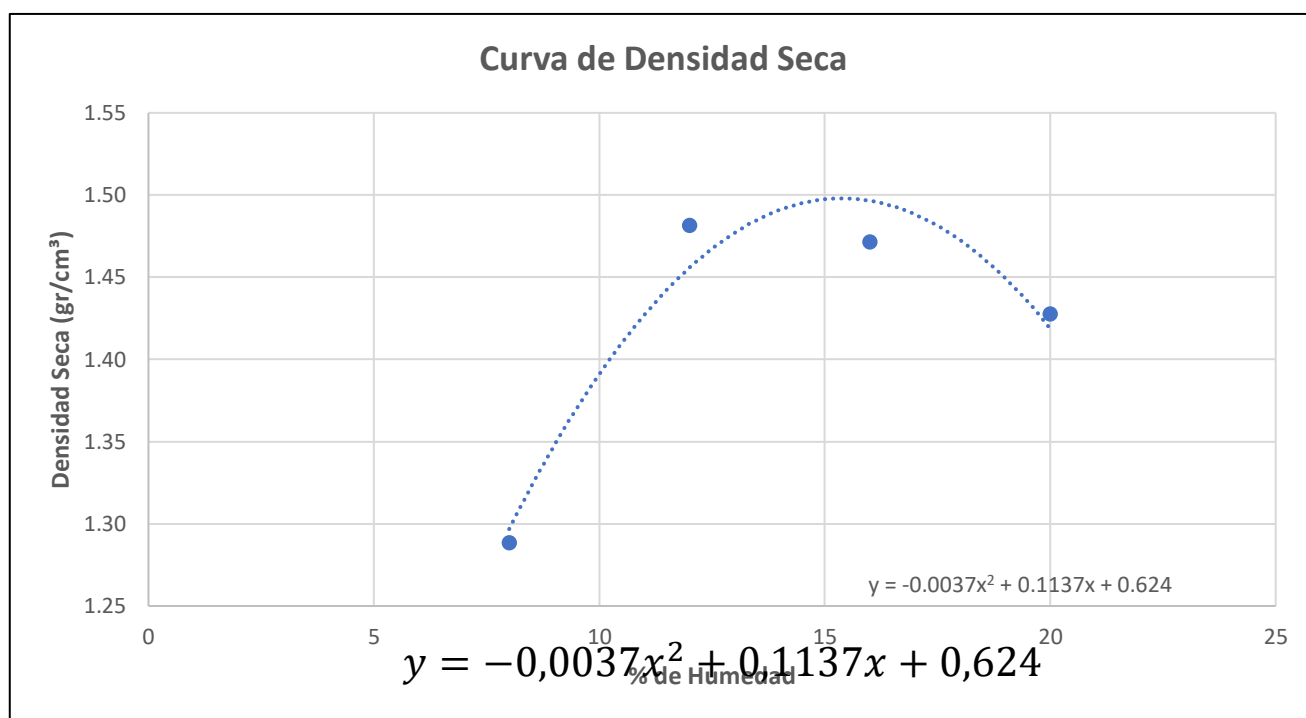
Muestra	N°	MUESTRA 1		
		1	2	3
Peso del suelo húmedo + Molde	gr		8669.5	
Peso del molde	gr		5427.20	
Peso del suelo húmedo compactado	gr		3242.30	
Peso suelo húmedo + Tara	gr	69.22	74.14	74.02
Peso del suelo seco + Tara	gr	62.92	67.05	67.17
Tara	gr	28.09	28.03	27.77
Peso del agua	gr	6.3	7.09	6.85

Peso del suelo seco	gr	34.83	39.02	39.4
Contenido de agua	%	18.09	18.17	17.39
Densidad de suelo húmedo	gr/cm ³	1.519	1.519	1.519
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.286	1.285	1.294

Muestra	N°	MUESTRA 2		
		1	2	3
Peso del suelo húmedo + Molde	gr		9249.64	
Peso del molde	gr		5425.20	
Peso del suelo húmedo compactado	gr		3824.44	
Peso suelo húmedo + Tara	gr	63.3	58.45	63.64
Peso del suelo seco + Tara	gr	56.35	56.79	52.9
Tara	gr	27.61	27.75	28.13
Peso del agua	gr	6.95	1.66	10.74
Peso del suelo seco	gr	28.74	29.04	24.77
Contenido de agua	%	24.18	5.72	43.36
Densidad de suelo húmedo	gr/cm ³	1.815	1.815	1.815
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.461	1.716	1.266

Muestra	N°	MUESTRA 2		
		1	2	3
Peso del suelo húmedo + Molde	gr		9402.9	
Peso del molde	gr		5427.20	
Peso del suelo húmedo compactado	gr		3975.7	
Peso suelo húmedo + Tara	gr	60.17	68.36	56.32
Peso del suelo seco + Tara	gr	53.28	59.75	50.4
Tara	gr	27.55	27.59	27.81
Peso del agua	gr	6.89	8.61	5.92
Peso del suelo seco	gr	25.73	32.16	22.59
Contenido de agua	%	26.78	26.77	26.21
Densidad de suelo húmedo	gr/cm ³	1.862	1.862	1.862
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.469	1.469	1.476

		1	2	3
Peso del suelo húmedo + Molde	gr		9368.5	
Peso del molde	gr		5425.20	
Peso del suelo húmedo compactado	gr		3943.3	
Peso suelo húmedo + Tara	gr	54.86	68.89	51.95
Peso del suelo seco + Tara	gr	48.35	59.38	46.3
Tara	gr	28.13	27.83	28.02
Peso del agua	gr	6.51	9.51	5.65
Peso del suelo seco	gr	20.22	31.55	18.28
Contenido de agua	%	32.20	30.14	30.91
Densidad de suelo húmedo	gr/cm ³	1.871	1.871	1.871
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.415	1.438	1.429
		1.48	12	
		1.47	16	
		1.43	20	



Humedad Optima	15.27	%
Densidad Máxima Seca	1.49749	gr/cm ³

9.3.6. CBR Tramo 1

N° de Molde	3	2	1
N° de capas	3	3	3
N° de golpes por capa	56	25	12

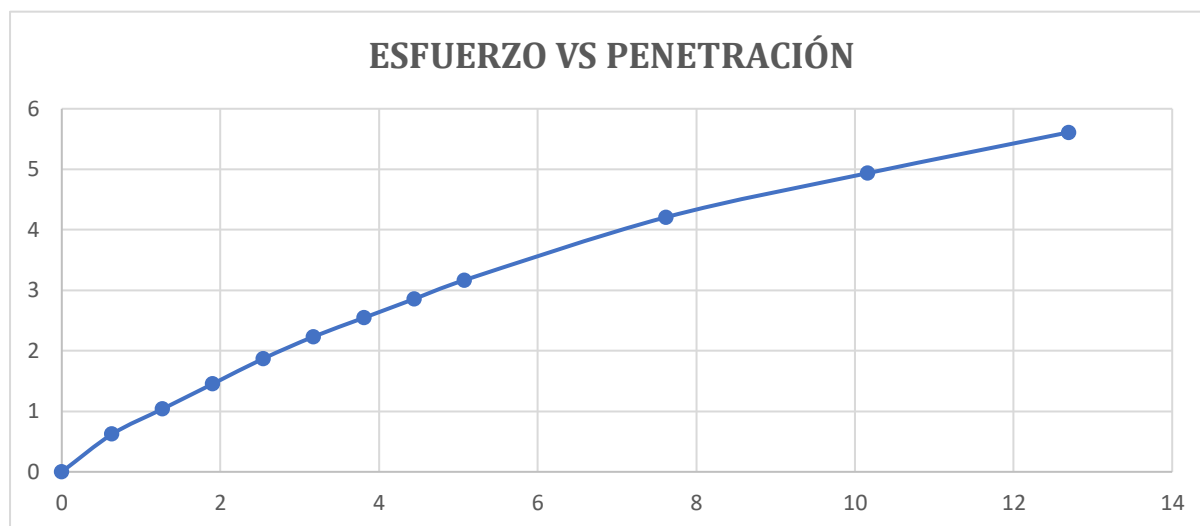
CONDICION DE LA MUESTRA		SIN HUMEDA D	HUMEDA A	SIN HUMEDA D	HUMEDA A	SIN HUMEDA D	HUMEDA A
Peso molde + suelo húmedo	g	7983	8233.8	7711.4	8032.3	6708.2	7107.5
Peso del molde	g	4065.5	4065.5	4054.5	4054.5	3333.2	3333.2
Peso del suelo húmedo	g	3917.5	4168.3	3656.9	3977.8	3375	3774.3
Volumen molde	g	3200.20	3200.20 1366	3241.785 886	3241.78 5886	3255.367 485	3255.36 7485
Densidad humedad	gr/c m ³	1.224	2.573	1.128	2.478	1.037	2.183

Muestra	N°	MUESTRA 1 - 56			MUESTRA 2-25			MUESTRA 3 - 12		
		GOLPES			GOLPES			GOLPES		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso suelo húmedo + Tara	gr	71.6 9	67.4 2	82.6 2	74.4 4	72.3 6	75.0 1	66.0 4	66.9 5	59.1 4
Peso del suelo seco + Tara	gr	60.2 3	58.6 1	70.5 6	61.0 2	62.0 1	64.0 1	55.3 7	56.6 6	50.9 8
Tara	gr	27.4	27.6 4	27.7 1	27.1 7	27.8 1	27.4 3	27.4 7	27.6 4	27.5 7
Peso del agua	gr	11.4 6	8.81	12.0 6	13.4 2	10.3 5	11 11	10.6 7	10.2 9	8.16
Peso del suelo húmedo	gr	44.2 9	39.7 8	54.9 1	47.2 7	44.5 5	47.5 8	38.5 7	39.3 1	31.5 7
Peso del suelo seco	gr	32.8 3	30.9 7	42.8 5	33.8 5	34.2 34.2	36.5 8	27.9 27.9	29.0 2	23.4 1
Contenido de agua	%	34.9 1	28.4 5	28.1 4	39.6 5	30.2 6	30.0 7	38.2 4	35.4 6	34.8 6
Contenido de agua Promedio	%		31.68			33.33			36.19	
Densidad del suelo seco	gr/c m ³		0.930			0.846			0.761	

ENSAYO A 56 GOLPES

Carga Estándar Kg/cm2	PENETRACION (mm)	Carga (KN)	Esfuerzo (kg)	Esfuerzo (kg/cm2)	% CBR
	0	0	0	0	
	0.635	0.12	12.2328	0.623486239	
	1.27	0.2	20.388	1.039143731	
	1.905	0.28	28.5432	1.454801223	
70.307	2.54	0.36	36.6984	1.870458716	2.660416055
	3.175	0.43	43.8342	2.234159021	
	3.81	0.49	49.9506	2.545902141	

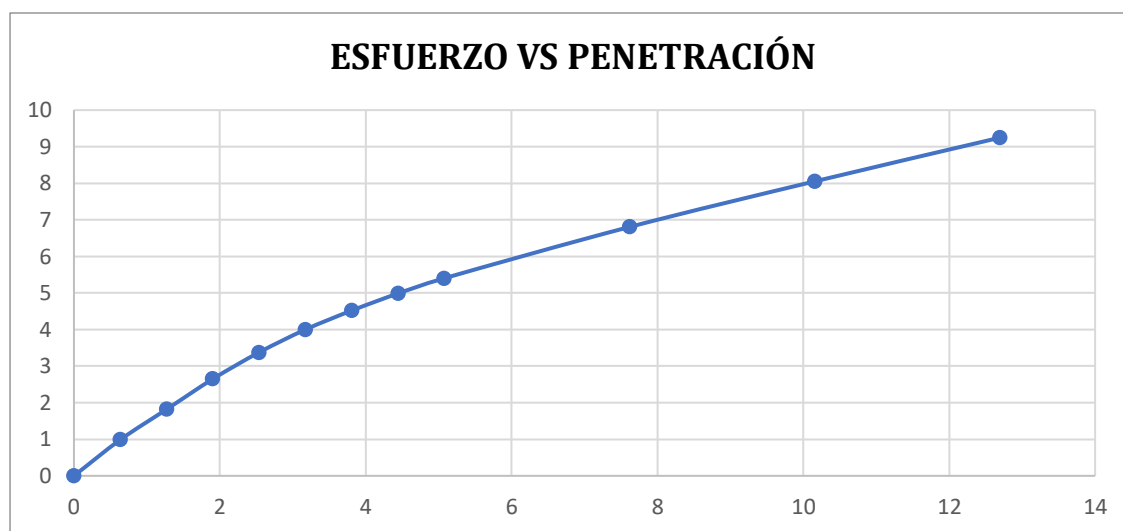
	4.445	0.55	56.067	2.85764526	
105.46	5.08	0.61	62.1834	3.169388379	3.005299051
	7.62	0.81	82.5714	4.20853211	
	10.16	0.95	96.843	4.935932722	
	12.7	1.08	110.0952	5.611376147	



ENSAYO A 25 GOLPES

Carga Estándar Kg/cm2	PENETRACION (mm)	Carga (KN)	Esfuerzo (kg)	Esfuerzo (kg/cm2)	% CBR
	0	0	0	0	
	0.635	0.19	19.3686	0.98718654	
	1.27	0.35	35.679	1.81850153	
	1.905	0.51	51.9894	2.64981651	
70.307	2.54	0.65	66.261	3.37721713	4.803529
	3.175	0.77	78.4938	4.00070336	
	3.81	0.87	88.6878	4.52027523	

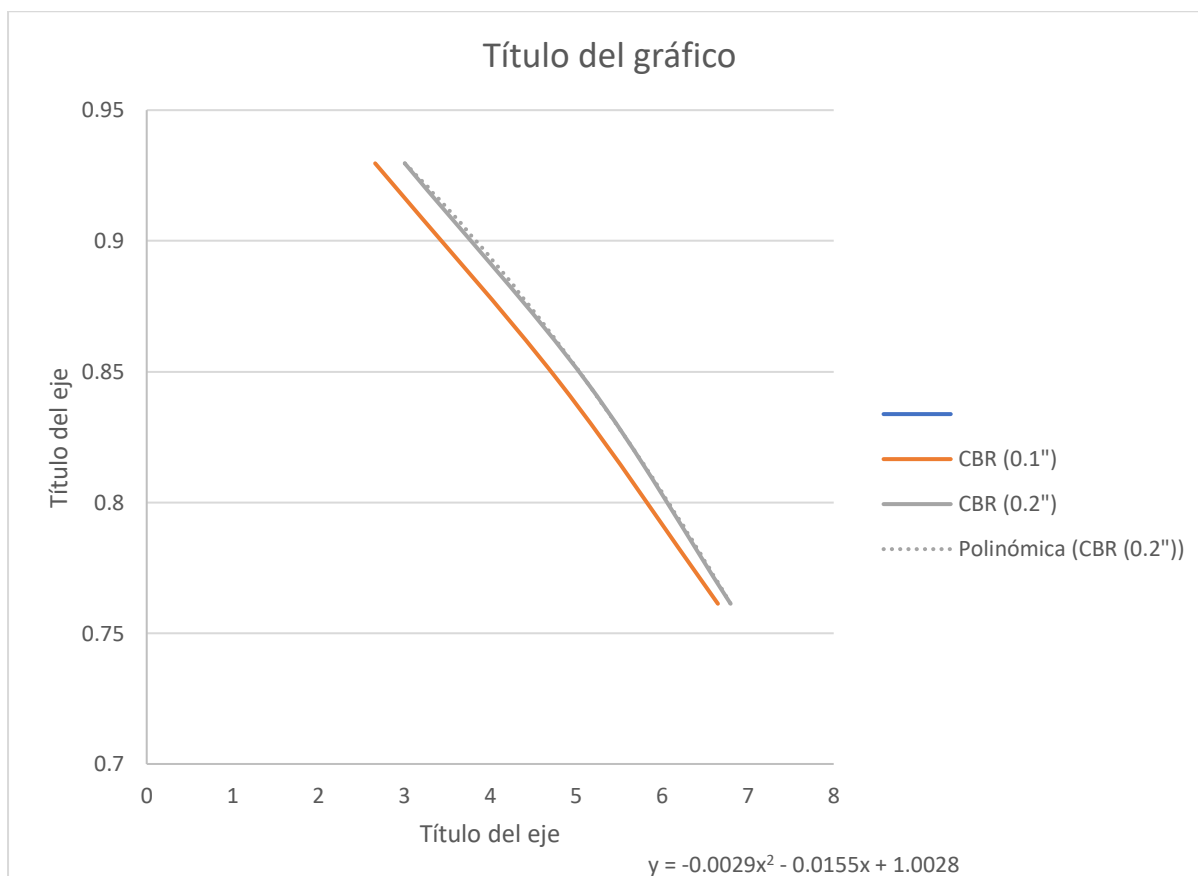
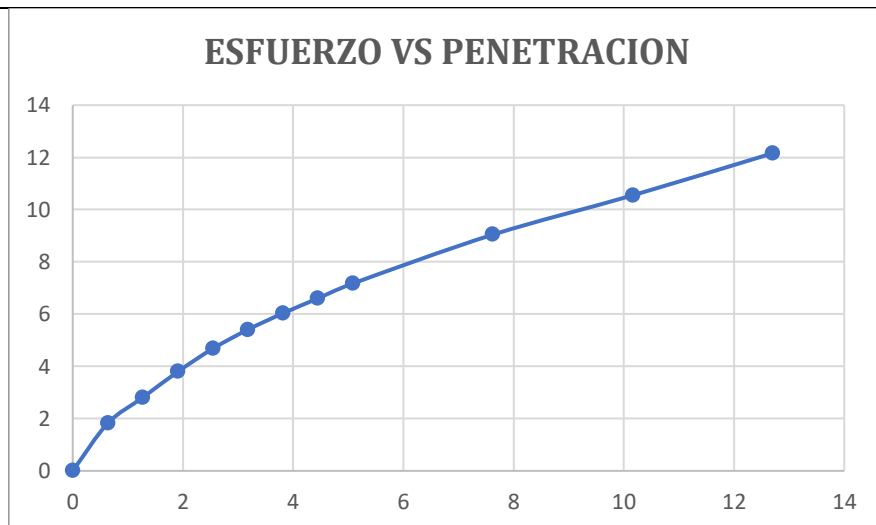
	4.445	0.96	97.8624	4.98788991	
105.46	5.08	1.04	106.0176	5.4035474	5.123789
	7.62	1.31	133.5414	6.80639144	
	10.16	1.55	158.007	8.05336391	
	12.7	1.78	181.4532	9.2483792	



ENSAYO A 12 GOLPES

Carga Estándar Kg/cm2	PENETRACION (mm)	Carga (KN)	Esfuerzo (kg)	Esfuerzo (kg/cm2)	% CBR
	0	0	0	0	
	0.635	0.35	35.679	1.81850153	
	1.27	0.54	55.0476	2.80568807	
	1.905	0.73	74.4162	3.79287462	
70.307	2.54	0.9	91.746	4.67614679	6.65104
	3.175	1.04	106.0176	5.4035474	
	3.81	1.16	118.2504	6.02703364	

	4.445	1.27	129.4638	6.59856269	
105.46	5.08	1.38	140.6772	7.17009174	6.798873
	7.62	1.74	177.3756	9.04055046	
	10.16	2.03	206.9382	10.5473089	
	12.7	2.34	238.5396	12.1579817	



DATOS FINALES

GOLPES	Densidad Seca	CBR (0.1")	CBR (0.2")
56	0.93	2.660416	3.005299
25	0.85	4.803529	5.123789
12	0.76	6.65104	6.798873

DENSIDAD PROCTOR MODIFICADO	CBR	PORCENTAJE
=	1.50	6.798873
DENSIDAD AL 95%	1.422618	6.45893
		100%
		95%

6.45893	RESPUESTAS
----------------	-------------------

9.3.7. Proctor Tramo 2

P3		
Diámetro	15.14	cm
Altura	11.71	cm
Peso	5476.90	cm
Volumen del Molde P1	2107.42	cm ³

Diámetro	15.18	cm
Altura	11.69	cm
Peso	5424.90	cm
Volumen del Molde P2	2115.10	cm ³

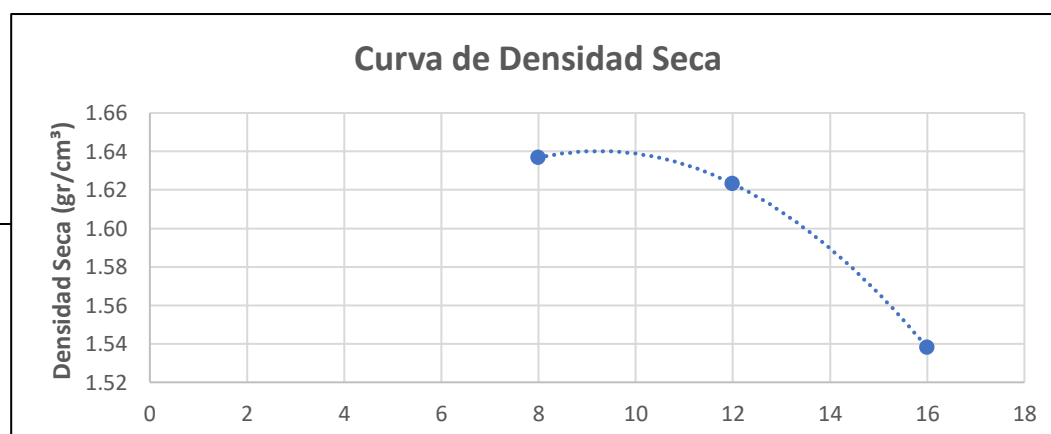
Muestra	N°	MUESTRA 1		
		1	2	3
Peso del suelo húmedo + Molde	gr		9258.8	
Peso del molde	gr		5476.90	
Peso del suelo húmedo compactado	gr		3781.90	
Peso suelo húmedo + Tara	gr	70.73	69.75	66.38
Peso del suelo seco + Tara	gr	65.45	69.13	61.56
Tara	gr	28.24	27.7	27.8
Peso del agua	gr	5.28	0.62	4.82
Peso del suelo seco	gr	37.21	41.43	33.76
Contenido de agua	%	14.19	1.50	14.28

Densidad de suelo húmedo	gr/cm ³	1.795	1.795	1.795
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.572	1.768	1.570

Muestra	N°	MUESTRA 2		
		1	2	3
Peso del suelo húmedo + Molde	gr		9479.5	
Peso del molde	gr		5424.90	
Peso del suelo húmedo compactado	gr		4054.6	
Peso suelo húmedo + Tara	gr	67.29	81.9	71.34
Peso del suelo seco + Tara	gr	61.3	73.22	64.92
Tara	gr	27.82	27.85	27.81
Peso del agua	gr	5.99	8.68	6.42
Peso del suelo seco	gr	33.48	45.37	37.11
Contenido de agua	%	17.89	19.13	17.30
Densidad de suelo húmedo	gr/cm ³	1.917	1.917	1.917
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.626	1.609	1.634

Muestra	N°	MUESTRA 3		
		1	2	3
Peso del suelo húmedo + Molde	gr		9420.6	
Peso del molde	gr		5476.90	
Peso del suelo húmedo compactado	gr		3943.7	
Peso suelo húmedo + Tara	gr	63.43	59.93	60.36
Peso del suelo seco + Tara	gr	56.96	54.81	54.2
Tara	gr	28.09	28.2	27.91
Peso del agua	gr	6.47	5.12	6.16
Peso del suelo seco	gr	28.87	26.61	26.29
Contenido de agua	%	22.41	19.24	23.43
Densidad de suelo húmedo	gr/cm ³	1.871	1.871	1.871
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.529	1.569	1.516

Densidad Seca Promedio	% Humedad
1.64	8
1.62	12
1.54	16



$$y = -0,0022x^2 + 0,0413x + 1,4491$$

Humedad Optima	10.4	%
Densidad Máxima Seca	1.64293	gr/cm ³

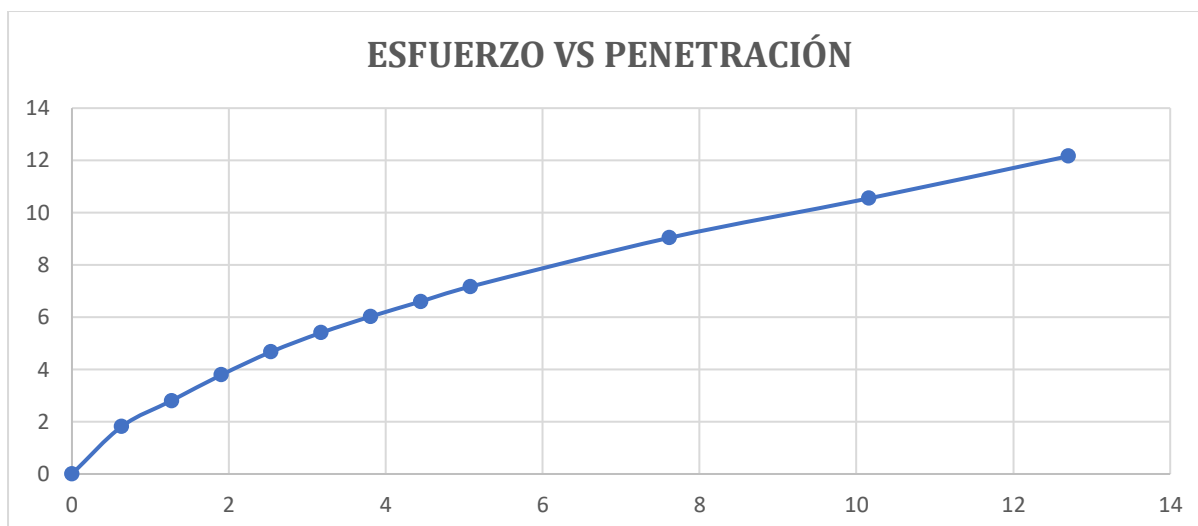
9.3.8. CBR Tramo 2

N° de Molde		3		2		1	
N° de capas		3		3		3	
N° de golpes por capa		56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA		SIN HUMEDA D	HUMED A	SIN HUMEDA D	HUMED A	SIN HUMEDA D	HUMED A
Peso molde + suelo húmedo	g	10668.9	8233.8	10293.3	8032.3	9605.9	11224
Peso del molde	g	6881.2	6881.2	6896.1	6896.1	6317.6	6317.6
Peso del suelo húmedo	g	3787.7	1352.6	3397.2	1136.2	3288.3	4906.4
Volumen molde	g	3200.20	3200.20	3241.785	3241.78	3255.367	3255.36
Densidad humedad	gr/c m ³	1.184	2.573	1.048	2.478	1.010	3.448

Muestra	N°	MUESTRA 1 - 56 GOLPES			MUESTRA 2-25 GOLPES			MUESTRA 3 - 12 GOLPES		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso suelo húmedo + Tara	gr	67.4 5	60.7	97.1 1	71.0 5	62.3 2	68.2 3	62.8 2	62.4 4	59.2 5

Peso del suelo seco + Tara	gr	57.7	50.2	82.2	60.3	54.1	58.3	53.8	54	51.2
Tara	gr	27.6 9	27.7 3	27.3 8	27.5 1	28.0 3	27.4 2	27.8	27.8 5	27.5 6
Peso del agua	gr	9.75	10.5	14.9 1	10.7 5	8.22	9.93	9.02	8.44	8.05
Peso del suelo húmedo	gr	39.7 6	32.9 7	69.7 3	43.5 4	34.2 9	40.8 1	35.0 2	34.5 9	31.6 9
Peso del suelo seco	gr	30.0 1	22.4 7	54.8 2	32.7 9	26.0 7	30.8 8	26	26.1 5	23.6 4
Contenido de agua	%	32.4 9	46.7 3	27.2 0	32.7 8	31.5 3	32.1 6	34.6 9	32.2 8	34.0 5
Contenido de agua Promedio	%		39.61			32.16			33.67	
Densidad del suelo seco	gr/c m ³		0.848			0.793			0.756	

Carga Estándar Kg/cm2	PENETRACION (mm)	Carga (KN)	Esfuerzo (kg)	Esfuerzo (kg/cm2)	% CBR
	0	0	0	0	
	0.635	0.35	35.679	1.818501529	
	1.27	0.54	55.0476	2.805688073	
	1.905	0.73	74.4162	3.792874618	
70.307	2.54	0.9	91.746	4.676146789	6.651040137
	3.175	1.04	106.0176	5.403547401	
	3.81	1.16	118.2504	6.027033639	
	4.445	1.27	129.4638	6.598562691	
105.46	5.08	1.38	140.6772	7.170091743	6.798873263
	7.62	1.74	177.3756	9.040550459	
	10.16	2.03	206.9382	10.54730887	
	12.7	2.34	238.5396	12.15798165	



ENSAYO A 25 GOLPES

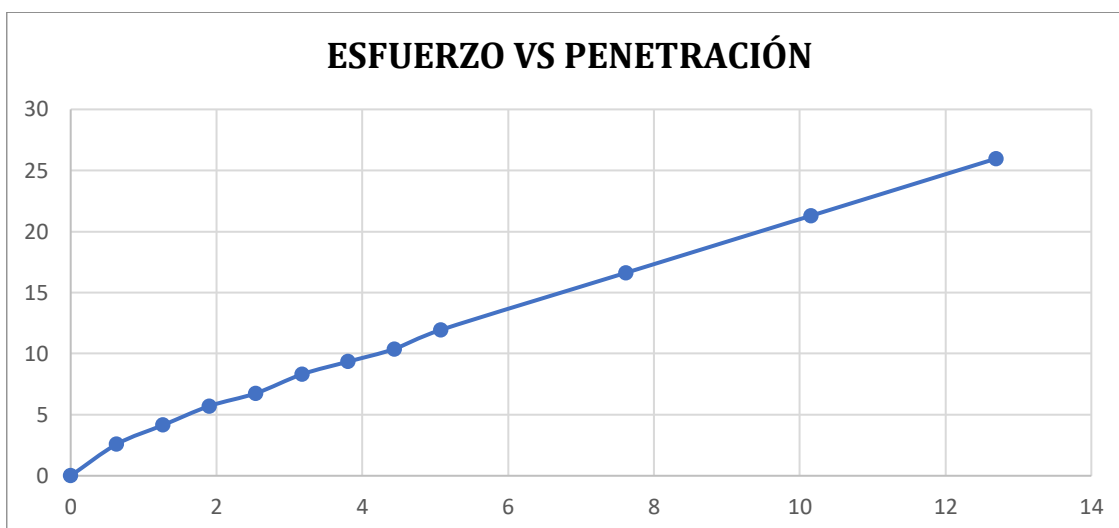
Carga Estándar Kg/cm2	PENETRACION (mm)	Carga (KN)	Esfuerzo (kg)	Esfuerzo (kg/cm2)	% CBR
	0	0	0	0	
	0.635	0.5	50.97	2.59785933	
	1.27	0.8	81.552	4.15657492	
	1.905	1.1	112.134	5.71529052	
70.307	2.54	1.3	132.522	6.75443425	9.607058
	3.175	1.6	163.104	8.31314985	
	3.81	1.8	183.492	9.35229358	
	4.445	2	203.88	10.3914373	
105.46	5.08	2.3	234.462	11.9501529	11.33146
	7.62	3.2	326.208	16.6262997	
	10.16	4.1	417.954	21.3024465	

12.7

5

509.7

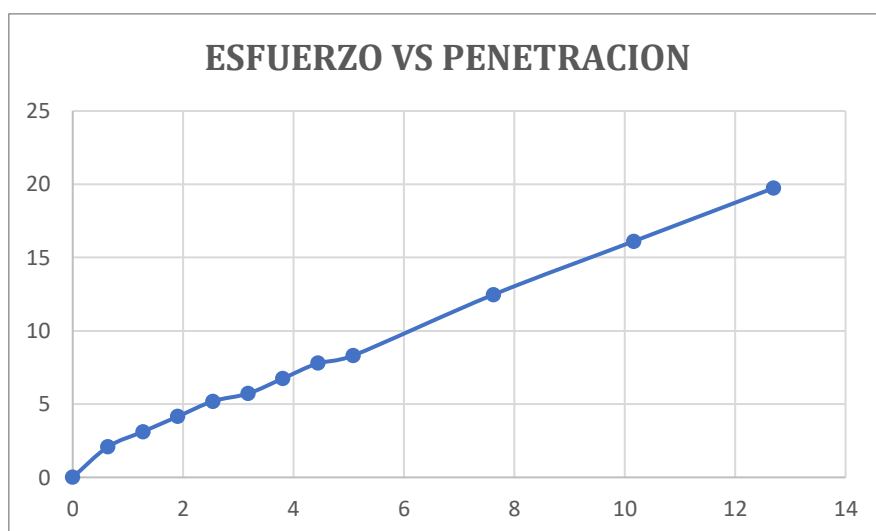
25.9785933

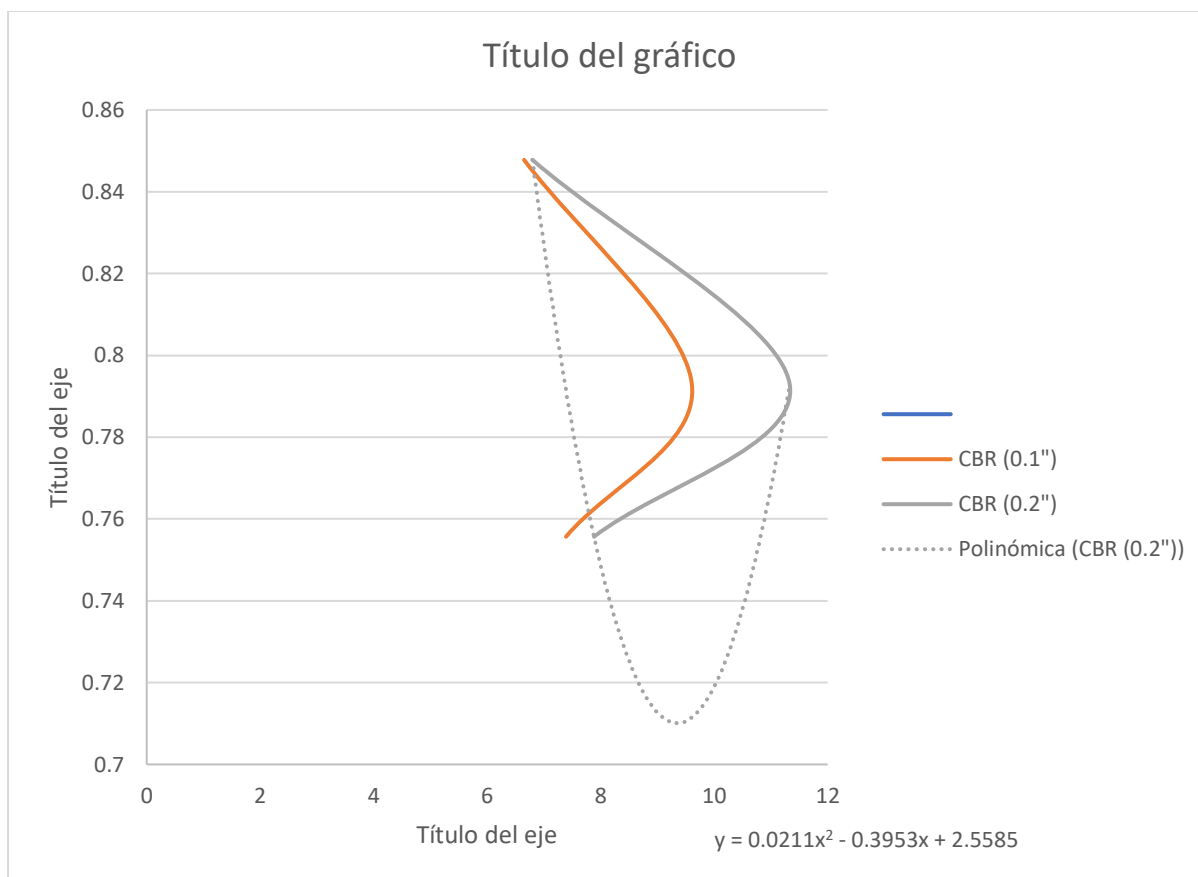


ENSAYO A 12 GOLPES

Carga Estándar Kg/cm2	PENETRACION (mm)	Carga (KN)	Esfuerzo (kg)	Esfuerzo (kg/cm2)	% CBR
	0	0	0	0	
	0.635	0.4	40.776	2.07828746	
	1.27	0.6	61.164	3.11743119	
	1.905	0.8	81.552	4.15657492	
70.307	2.54	1	101.94	5.19571865	7.390045
	3.175	1.1	112.134	5.71529052	
	3.81	1.3	132.522	6.75443425	
	4.445	1.5	152.91	7.79357798	
105.46	5.08	1.6	163.104	8.31314985	7.882752
	7.62	2.4	244.656	12.4697248	

10.16	3.1	316.014	16.1067278
12.7	3.8	387.372	19.7437309





DATOS FINALES

GOLPES	Densidad Seca	CBR (0.1'')	CBR (0.2'')
56	0.85	6.65104	6.798873
25	0.79	9.607058	11.33146
12	0.76	7.390045	7.882752

DENSIDAD PROCTOR MODIFICADO	CBR	PORCENTAJE
=	1.50	7.882752
DENSIDAD AL 95%	1.422618	7.488614

7.488614 RESPUESTAS

9.4. Cunetas

Instituto nacional de meteorología e hidrología

Características climáticas

Los datos fueron obtenidos de los anuarios del
INAMHI

Nombre de la estación: Girón
Estación: M0419
Ubicado en las coordenadas geográficas
Latitud: 3°9'14"S
Longitud: 79°8'58"W
Altitud: 2130 m.s.n.m

Los valores históricos de precipitación del INAMHI

Anuario meteorológico

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: INAMHI (1995-2013)

INSTIT. PROPIET	INAH MI	COORDENADAS UTM, ZONA 17 S	LATITUD	3°9'14"S	GG-MM. SS	ZONA HIDRO	28
ESTACION	M0419		LONGITUD	79°8'58"W	GG-MM. SS	PROVINCIA	1
NOMBRE ESTACION	GIRON		ALTITUD	2130	m.s.n.m		

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
M													
A	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
X	90	80	00	.30	0	80							

DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES PLUVIOMÉTRICAS MEDIANTE GUMBEL												
Cálculo variables probabilísticas	U	Nº	Año	Mes	Precipitación (mm)		PRECIPITACION MÁXIMA DIARIA					
				Max. Precip.	xi	(xi - x)^2	Periodo	Variable	Precip.	Prob. de	Corrección	
$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$	217.72	mm	1	1995	95.80	95.80	14.863.46	Retorno	Reducida	(mm)	ocurre	intervalo fijo
$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$			2	1996	203.10	203.10	213.62	Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
			3	1997	173.70	173.70	1.937.39	2	0.37	204.64	0.50	231.25
			4	1998	193.40	193.40	591.26	5	1.50	274.97	0.80	310.72
			5	1999	273.10	273.10	3.067.41	10	2.25	321.53	0.90	363.33
	79.58	mm	6	2000	332.00	332.00	13.060.88	25	3.20	380.37	0.96	429.81
$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s =$			7	2001	224.70	224.70	48.78	50	3.90	424.01	0.98	479.13
			8	2002	131.50	131.50	7.433.16	100	4.60	467.34	0.99	528.09
	62.05	mm	9	2003	128.10	128.10	8.030.99					
$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha =$			10	2004	143.00	143.00	5.582.45					
			11	2005	258.40	258.40	1.655.20					
	181.90	mm	12	2006	211.60	211.60	37.40					
			13	2007	144.40	144.40	5.375.20					
			14	2008	281.90	281.90	4.119.61					
			15	2009	195.10	195.10	511.47					
			16	2010	313.90	313.90	9.251.40					
			17	2011	313.30	313.30	9.136.34					
			18	2012	372.80	372.80	24.051.11					
		19	2013	146.80	146.80	5.029.05						
		19		Suma	4136.6	113996.2						

PRECIPITACIÓN MÁXIMA PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DURACION DE LLUVIAS

<i>Duraciones</i>		<i>Duración (h)</i>	<i>Cociente</i>	<i>Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración</i>					
<i>Hora</i>	<i>Factor</i>			<i>2 años</i>	<i>5 años</i>	<i>10 años</i>	<i>25 años</i>	<i>50 años</i>	<i>100 años</i>
1	0.30	1	X1 = 30%	69.37	93.22	109.00	128.94	143.74	158.43
2	0.39	2	X2 = 39%	90.19	121.18	141.70	167.63	186.86	205.95
3	0.46	3	X3 = 46%	106.37	142.93	167.13	197.71	220.40	242.92
4	0.52	4	X4 = 52%	120.25	161.57	188.93	223.50	249.15	274.61
5	0.57	5	X5 = 57%	131.81	177.11	207.10	244.99	273.11	301.01
6	0.61	6	X6 = 61%	141.06	189.54	221.63	262.19	292.27	322.13
8	0.68	8	X8 = 68%	157.25	211.29	247.07	292.27	325.81	359.10
12	0.80	12	X12 = 80%	185.00	248.57	290.67	343.85	383.31	422.47
18	0.91	18	X18 = 91%	210.43	282.75	330.63	391.13	436.01	480.56
24	1.00	24	X24=100%	231.25	310.72	363.33	429.81	479.13	528.09

INTENSIDAD DE LLUVIA

<i>Tiempo de duración</i>		<i>Intensidad de la lluvia según el Periodo de Retorno (mm/h)</i>					
<i>Hora</i>	<i>Minuto</i>	<i>2 años</i>	<i>5 años</i>	<i>10 años</i>	<i>25 años</i>	<i>50 años</i>	<i>100 años</i>
1	60	69.3739	93.2151	109.0001	128.9444	143.7402	158.4268
2	120	45.0931	60.5898	70.8500	83.8139	93.4311	102.9774
3	180	35.4578	47.6433	55.7111	65.9049	73.4672	80.9737
4	240	30.0620	40.3932	47.2334	55.8759	62.2874	68.6516
5	300	26.3621	35.4217	41.4200	48.9989	54.6213	60.2022
6	360	23.5101	31.5896	36.9389	43.6978	48.7120	53.6891
8	480	19.6559	26.4110	30.8834	36.5342	40.7264	44.8876
12	720	15.4164	20.7145	24.2222	28.6543	31.9423	35.2060
18	1080	11.6908	15.7085	18.3685	21.7295	24.2229	26.6979
24	1440	9.6353	12.9465	15.1389	17.9089	19.9639	22.0037

Periodo de retorno para $T = 2$ años

N.º	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	9.635	7.272	2.265	16.475	52.888
2	1080	11.691	6.985	2.459	17.174	48.786
3	720	15.416	6.579	2.735	17.997	43.287
4	480	19.656	6.174	2.978	18.388	38.116
5	360	23.510	5.886	3.157	18.585	34.646
6	300	26.362	5.704	3.272	18.662	32.533
7	240	30.062	5.481	3.403	18.652	30.037
8	180	35.458	5.193	3.568	18.530	26.967
9	120	45.093	4.787	3.809	18.234	22.920
10	60	69.374	4.094	4.240	17.358	16.764
10	4980	286.257	58.155	31.887	180.056	346.944
Ln (d) =	6.7733	d =	874.2330	n =	-0.6164	

Periodo de retorno para $T = 5$ años

N.º	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	12.947	7.272	2.561	18.623	52.888
2	1080	15.708	6.985	2.754	19.237	48.786
3	720	20.714	6.579	3.031	19.941	43.287
4	480	26.411	6.174	3.274	20.212	38.116
5	360	31.590	5.886	3.453	20.324	34.646
6	300	35.422	5.704	3.567	20.347	32.533
7	240	40.393	5.481	3.699	20.271	30.037
8	180	47.643	5.193	3.864	20.064	26.967
9	120	60.590	4.787	4.104	19.648	22.920
10	60	93.215	4.094	4.535	18.567	16.764
10	4980	384.633	58.155	34.841	197.235	346.944
Ln (d) =	7.0687	d =	1174.6738	n =	-0.6164	

Periodo de retorno para $T = 10$ años

$N.º$	x	y	$\ln x$	$\ln y$	$\ln x \cdot \ln y$	$(\ln x)^2$
1	1440	15.1389	7.2724	2.7173	19.7611	52.8878
2	1080	18.3685	6.9847	2.9106	20.3300	48.7863
3	720	24.2222	6.5793	3.1873	20.9699	43.2865
4	480	30.8834	6.1738	3.4302	21.1774	38.1156
5	360	36.9389	5.8861	3.6093	21.2445	34.6462
6	300	41.4200	5.7038	3.7238	21.2395	32.5331
7	240	47.2334	5.4806	3.8551	21.1284	30.0374
8	180	55.7111	5.1930	4.0202	20.8766	26.9668
9	120	70.8500	4.7875	4.2606	20.3974	22.9201
10	60	109.0001	4.0943	4.6913	19.2080	16.7637
10	4980	449.7666	58.1555	36.4056	206.3328	346.9435
$\ln(d) =$	7.2252		$d =$	1373.5917	$n =$	-0.6164

Periodo de retorno para $T = 25$ años

$N.º$	x	y	$\ln x$	$\ln y$	$\ln x \cdot \ln y$	$(\ln x)^2$
1	1440	17.9089	7.2724	2.8853	20.9831	52.8878
2	1080	21.7295	6.9847	3.0787	21.5036	48.7863
3	720	28.6543	6.5793	3.3553	22.0754	43.2865
4	480	36.5342	6.1738	3.5982	22.2148	38.1156
5	360	43.6978	5.8861	3.7773	22.2336	34.6462
6	300	48.9989	5.7038	3.8918	22.1980	32.5331
7	240	55.8759	5.4806	4.0231	22.0493	30.0374
8	180	65.9049	5.1930	4.1882	21.7492	26.9668
9	120	83.8139	4.7875	4.4286	21.2019	22.9201
10	60	128.9444	4.0943	4.8594	19.8960	16.7637
10	4980	532.0627	58.1555	38.0859	216.1049	346.9435
$\ln(d) =$	7.3932		$d =$	1624.9250	$n =$	-0.6164

Periodo de retorno para $T = 50$ años

N.º	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	19.9639	7.2724	2.9939	21.7730	52.8878
2	1080	24.2229	6.9847	3.1873	22.2624	48.7863
3	720	31.9423	6.5793	3.4639	22.7901	43.2865
4	480	40.7264	6.1738	3.7069	22.8855	38.1156
5	360	48.7120	5.8861	3.8859	22.8730	34.6462
6	300	54.6213	5.7038	4.0004	22.8175	32.5331
7	240	62.2874	5.4806	4.1318	22.6447	30.0374
8	180	73.4672	5.1930	4.2968	22.3133	26.9668
9	120	93.4311	4.7875	4.5372	21.7219	22.9201
10	60	143.7402	4.0943	4.9680	20.3407	16.7637
10	4980	593.1147	58.1555	39.1722	222.4221	346.9435
Ln (d) =	7.5018	d =	1811.3785	n =	-0.6164	

Periodo de retorno para $T = 100$ años

N.º	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	22.0037	7.2724	3.0912	22.4805	52.8878
2	1080	26.6979	6.9847	3.2846	22.9419	48.7863
3	720	35.2060	6.5793	3.5612	23.4301	43.2865
4	480	44.8876	6.1738	3.8042	23.4861	38.1156
5	360	53.6891	5.8861	3.9832	23.4456	34.6462
6	300	60.2022	5.7038	4.0977	23.3724	32.5331
7	240	68.6516	5.4806	4.2290	23.1779	30.0374
8	180	80.9737	5.1930	4.3941	22.8185	26.9668
9	120	102.9774	4.7875	4.6345	22.1877	22.9201
10	60	158.4268	4.0943	5.0653	20.7391	16.7637
10	4980	653.7159	58.1555	40.1451	228.0797	346.9435
Ln (d) =	7.5991	d =	1996.4551	n =	-0.6164	

Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de Retorno (años)	Término cte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	874.233	-0.6164
5	1174.674	-0.6164
10	1373.592	-0.6164
25	1624.925	-0.6164
50	1811.378	-0.6164
100	1996.455	-0.6164
Promedio	1475.876	-0.6164

Regresión potencial						
N.º	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	874.2330	0.6931	6.7733	4.6949	0.4805
2	5	1174.6738	1.6094	7.0687	11.3767	2.5903
3	10	1373.5917	2.3026	7.2252	16.6366	5.3019
4	25	1624.9250	3.2189	7.3932	23.7978	10.3612
5	50	1811.3785	3.9120	7.5018	29.3474	15.3039
6	100	1996.4551	4.6052	7.5991	34.9953	21.2076
6	192	8855.2571	16.3412	43.5615	120.8487	55.2453
Ln (K) = 6.7004 K = 812.7695 m = 0.2055						

COEFICIENTES DE LA CURVAS

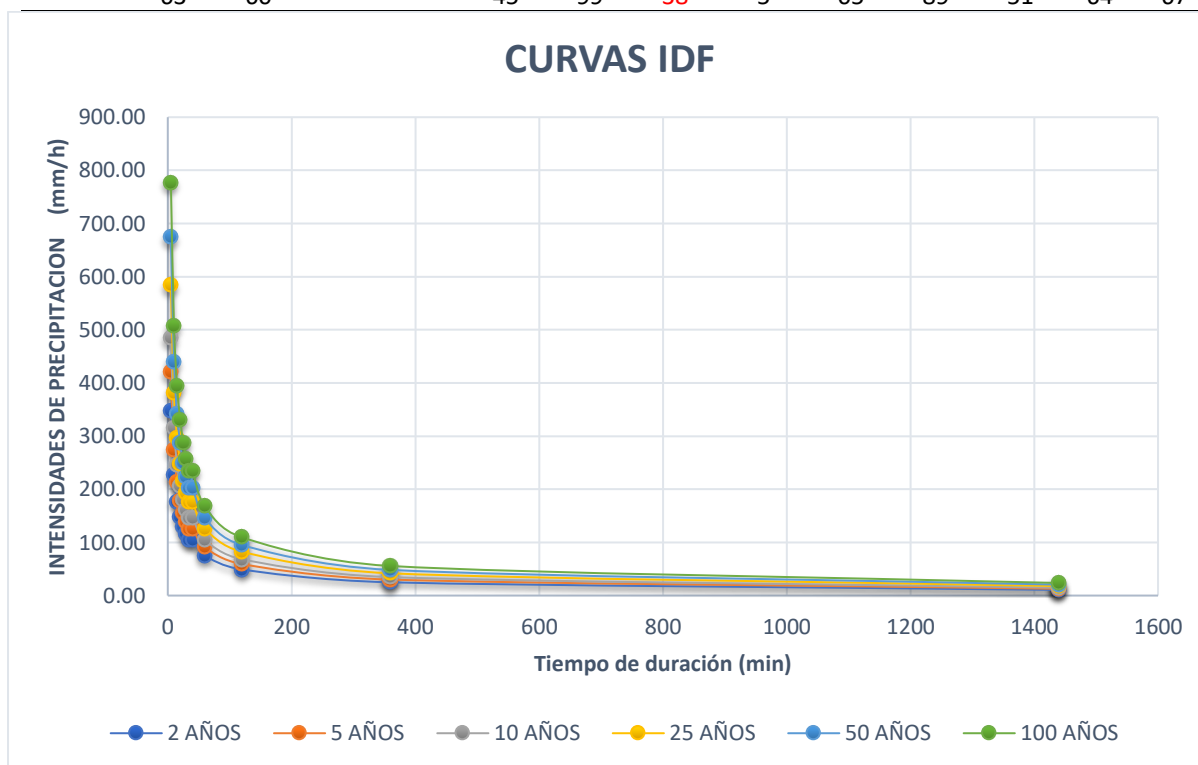
	IDF
K	812.7695
m	0.205540
n	0.61639

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Periodo de retorno o T 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	234.0 5	234. 05	167. 89	109. 51	55. 64	23. 67
-----	------------	------------	--------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----------	-----------



DISEÑO DE CUNETAS TRIANGULARES

CUNETAS:

El material que se usara para la construcción de cunetas es:

Hormigón Simple	Donde su rugosidad es:	n=	0.02	Rugosidad
Tipo de sección	Triangular.			
Taludes	Za= 6	Zb=	5	
Intensidad máxima (mm/h)	257.38	e n	TR 100 en 30	años min
Área Cuenca	0.312			km ²
L=	2			km
L=	2000			m

Diseño de la cuneta lado izquierdo:

imax=	257.38	[mm/h]	Coeficiente de escorrentía "C"
Aap=	0.3120	[km ²]	C= 0.500
5			Según tabla IX.5

Se aplicará el método racional para determinar el caudal de diseño de las cunetas y las alcantarillas de alivio.

$$Q = \frac{CxIxA}{3.6}$$

$$Q = 11.655$$

Donde
:

$$Qd = 11.7 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$\begin{aligned} C &= 0.5 \\ Aap &= 0.31205 \text{ [km}^2\text{]} \\ i &= 257.4 \text{ [mm/h]} \end{aligned}$$

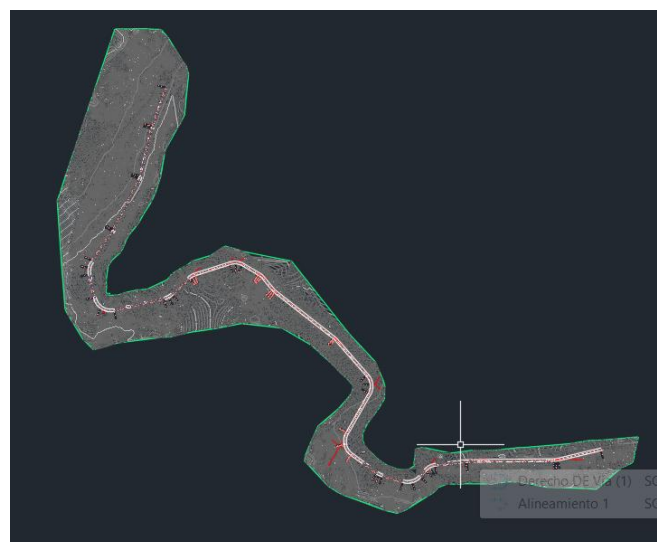
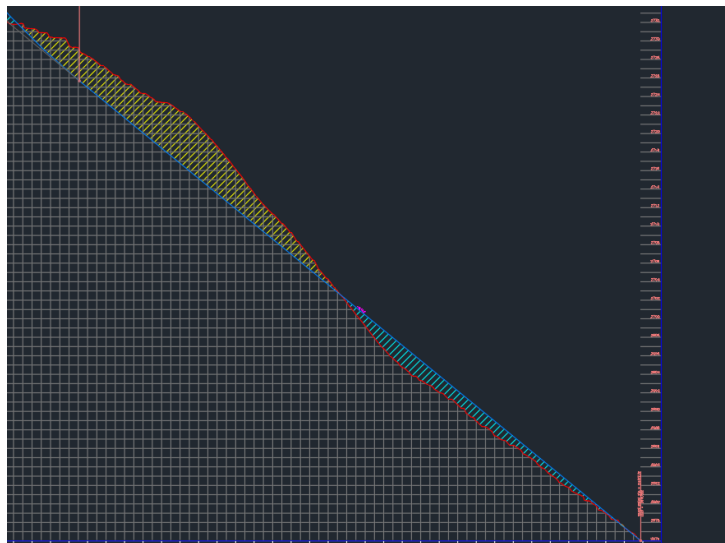
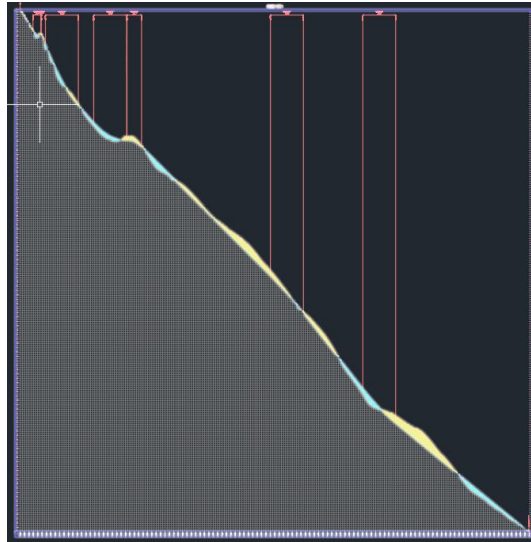
Abscisa	Área de aporte Alcantarillas		
	Vegetación [m2]	Pavimento [m2]	
		Derecha	Izquierda
9+200	50.600	9600	9600
9+600	104600	10060	10060
10+060	104600	10560	10560
10+560	103550	11060	11060
11+060	57000	11560	11560

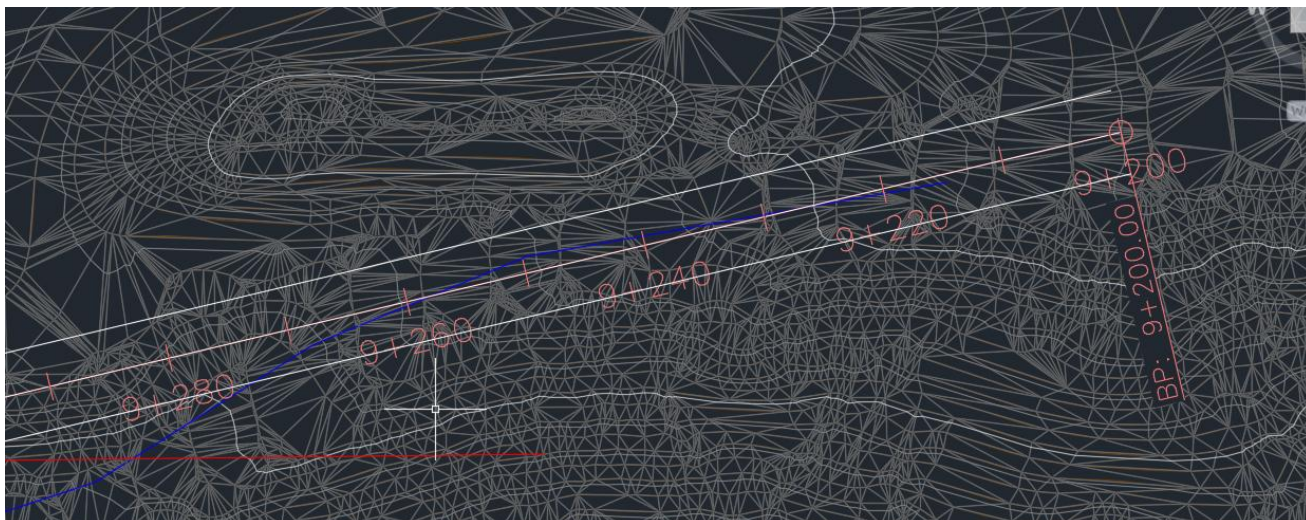
Abscisa	Área de aporte cunetas			Caudal cunetas		Área cuenca [km2]
	Vegetación [ha]	Pavimento [ha]		Q [m3/s]	Q [m3/s]	
		Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	
9+200	5.060	0.960	0.960	3.328	0.566	0.060
9+600	3.568	1.006	1.006	2.464	0.593	0.046
10+060	10.460	1.056	1.056	6.547	0.623	0.115
10+560	10.355	1.106	1.106	6.503	0.652	0.115
11+060	5.700	1.156	1.156	3.775	0.682	0.069
I=[mm/h]	257.38					

Abscisa	Área de aporte			Caudal alcantarillas		Caudal Salida Alcantarilla [m3/s]
	Vegetación [ha]	Pavimento [ha]		Q [m3/s]	Q [m3/s]	
		Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	
9+200	5.060	0.960	0.960	3.328	0.566	3.894
9+600	10.460	1.006	1.006	6.529	0.593	7.123
10+060	10.460	1.056	1.056	6.547	0.623	7.170
10+560	10.355	1.106	1.106	6.503	0.652	7.155
11+060	5.700	1.156	1.156	3.775	0.682	4.457
I=[mm/h]	257.378					

Abscisa	Lado	S	Za	Zb	a [m]	I [m]	V [m/s]
9+200	Derecha	0.105	5.000	4.000	0.750	2.000	6.690
	Izquierda	0.110	0.000	4.000	0.750	1.200	4.860
9+600	Derecha	0.100	5.000	3.000	0.750	2.000	7.75
	Izquierda	0.100	0.000	4.000	0.750	1.200	4.950
10+060	Derecha	0.100	5.000	4.000	0.750	2.100	7.75
	Izquierda	0.100	0.000	4.000	0.750	1.200	5.010
10+560	Derecha	0.100	5.000	3.000	0.750	2.000	7.65
	Izquierda	0.100	0.000	4.000	0.750	1.200	4.980
11+060	Derecha	0.100	5.000	3.000	0.750	2.200	7.75
	Izquierda	0.100	0.000	4.000	0.750	1.200	4.890

9.5. Diseño geométrico





9.5.1. Alignment: alineamiento 1

9.5.2. Description:

Tangent Data

Length:	143.934	Course:	S 79° 39' 36.1347" W
---------	---------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	10° 18' 10.3764"	Type:	RIGHT
Radius:	150.000		
Length:	26.973	Tangent:	13.523
Mid-Ord:	0.606	External:	0.608
Chord:	26.937	Course:	S 84° 48' 41.3229" W

Tangent Data

Length:	124.438	Course:	S 89° 57' 46.5111" W
---------	---------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	05° 24' 20.2803"	Type:	LEFT
Radius:	200.000		
Length:	18.869	Tangent:	9.442
Mid-Ord:	0.222	External:	0.223
Chord:	18.862	Course:	S 87° 15' 36.3710" W

Tangent Data

Length:	108.146	Course:	S 84° 33' 26.2308" W
---------	---------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	41° 08' 31.2340"	Type:	LEFT
Radius:	50.000		
Length:	35.903	Tangent:	18.765
Mid-Ord:	3.188	External:	3.405
Chord:	35.137	Course:	S 63° 59' 10.6138" W

Tangent Data

Length:	16.058	Course:	S 43° 24' 54.9968" W
---------	--------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	61° 16' 07.0617"	Type:	RIGHT
Radius:	47.000		
Length:	50.259	Tangent:	27.834
Mid-Ord:	6.559	External:	7.623
Chord:	47.898	Course:	S 74° 02' 58.5277" W

Tangent Data

Length: 46.442 Course: N 75° 18' 57.9415" W

Circular Curve Data

Delta:	15° 43' 28.9042"	Type:	RIGHT
Radius:	55.000		
Length:	15.095	Tangent:	7.595
Mid-Ord:	0.517	External:	0.522
Chord:	15.047	Course:	N 67° 27' 13.4894" W

Tangent Data

Length: 47.625 Course: N 59° 35' 29.0373" W

Circular Curve Data

Delta:	91° 20' 21.9352"	Type:	RIGHT
Radius:	78.000		
Length:	124.346	Tangent:	79.845
Mid-Ord:	23.494	External:	33.621
Chord:	111.590	Course:	N 13° 55' 18.0697" W

Tangent Data

Length: 76.730 Course: N 31° 44' 52.8979" E

Circular Curve Data

Delta:	74° 42' 39.7681"	Type:	LEFT
Radius:	47.000		
Length:	61.286	Tangent:	35.876
Mid-Ord:	9.640	External:	12.128

Chord:	57.035	Course:	N 05° 36' 26.9862" W
--------	--------	---------	----------------------

Tangent Data

Length:	116.107	Course:	N 42° 57' 46.8702" W
---------	---------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	09° 07' 08.2188"	Type:	LEFT
Radius:	120.000		
Length:	19.099	Tangent:	9.570
Mid-Ord:	0.380	External:	0.381
Chord:	19.079	Course:	N 47° 31' 20.9796" W

Tangent Data

Length:	171.258	Course:	N 52° 04' 55.0890" W
---------	---------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	15° 12' 48.8011"	Type:	RIGHT
Radius:	75.000		
Length:	19.914	Tangent:	10.016
Mid-Ord:	0.660	External:	0.666
Chord:	19.856	Course:	N 44° 28' 30.6884" W

Tangent Data

Length:	30.395	Course:	N 36° 52' 06.2879" W
---------	--------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	25° 32' 26.0890"	Type:	LEFT
--------	------------------	-------	------

Radius:	50.000		
Length:	22.288	Tangent:	11.332
Mid-Ord:	1.237	External:	1.268
Chord:	22.104	Course:	N 49° 38' 19.3324" W

Tangent Data

Length:	37.442	Course:	N 62° 24' 32.3769" W
---------	--------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	44° 40' 52.1672"	Type:	LEFT
Radius:	55.000		
Length:	42.891	Tangent:	22.603
Mid-Ord:	4.128	External:	4.463
Chord:	41.812	Course:	N 84° 44' 58.4605" W

Tangent Data

Length:	80.478	Course:	S 72° 54' 35.4559" W
---------	--------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	27° 49' 06.0518"	Type:	LEFT
Radius:	55.000		
Length:	26.704	Tangent:	13.620
Mid-Ord:	1.613	External:	1.661
Chord:	26.442	Course:	S 59° 00' 02.4300" W

Tangent Data

Length:	45.646	Course:	S 45° 05' 29.4041" W
---------	--------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	31° 05' 08.7715"	Type:	RIGHT
Radius:	55.000		
Length:	29.840	Tangent:	15.297
Mid-Ord:	2.011	External:	2.088
Chord:	29.476	Course:	S 60° 38' 03.7898" W

Tangent Data

Length:	131.788	Course:	S 76° 10' 38.1756" W
---------	---------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	95° 24' 11.6574"	Type:	RIGHT
Radius:	47.000		
Length:	78.260	Tangent:	51.655
Mid-Ord:	15.369	External:	22.837
Chord:	69.527	Course:	N 56° 07' 15.9957" W

Tangent Data

Length:	48.809	Course:	N 08° 25' 10.1670" W
---------	--------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	41° 46' 13.2073"	Type:	RIGHT
Radius:	50.000		
Length:	36.451	Tangent:	19.078
Mid-Ord:	3.285	External:	3.516
Chord:	35.650	Course:	N 12° 27' 56.4366" E

Tangent Data

Length:	96.634	Course:	N 33° 21' 03.0403" E
---------	--------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	08° 06' 09.6526"	Type:	LEFT
Radius:	120.000		
Length:	16.970	Tangent:	8.499
Mid-Ord:	0.300	External:	0.301
Chord:	16.956	Course:	N 29° 17' 58.2140" E

Tangent Data

Length:	129.505	Course:	N 25° 14' 53.3877" E
---------	---------	---------	----------------------

Circular Curve Data

Delta:	08° 29' 03.1752"	Type:	LEFT
Radius:	150.000		
Length:	22.212	Tangent:	11.126
Mid-Ord:	0.411	External:	0.412
Chord:	22.191	Course:	N 21° 00' 21.8001" E

Tangent Data

Length:	218.993	Course:	N 16° 45' 50.2125" E
---------	---------	---------	----------------------

Profile Vertical Curve Report

Vertical Alignment: _rasante

Description:

Station Range: Start: 9+200.00, End: 11+517.79

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	9+261.14	Elevation:	2,904.552m
PVI Station:	9+268.74	Elevation:	2,903.255m
PVT Station:	9+276.35	Elevation:	2,902.983m
Low Point:	9+276.35	Elevation:	2,902.983m
Grade in:	-17.07%	Grade out:	-3.58%
Change:	13.49%	K:	1.127m
Curve Length:	15.206m	Curve Radius	112.717m
Headlight Distance: 25.761m			

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	9+310.09	Elevation:	2,901.776m
PVI Station:	9+320.09	Elevation:	2,901.419m
PVT Station:	9+330.09	Elevation:	2,898.503m
High Point:	9+310.09	Elevation:	2,901.776m
Grade in:	-3.58%	Grade out:	-29.15%
Change:	25.58%	K:	0.782m
Curve Length:	20.000m	Curve Radius	78.199m
Passing Distance:	70.462m	Stopping Distance:	35.985m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	9+355.76	Elevation:	2,891.019m
PVI Station:	9+365.76	Elevation:	2,888.104m

PVT Station:	9+375.76	Elevation:	2,885.524m
Low Point:	9+375.76	Elevation:	2,885.524m
Grade in:	-29.15%	Grade out:	-25.80%
Change:	3.35%	K:	5.965m
Curve Length:	20.000m	Curve Radius	596.501m
Headlight Distance: 145.286m			
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	9+382.76	Elevation:	2,883.719m
PVI Station:	9+391.76	Elevation:	2,881.397m
PVT Station:	9+400.76	Elevation:	2,880.362m
Low Point:	9+400.76	Elevation:	2,880.362m
Grade in:	-25.80%	Grade out:	-11.50%
Change:	14.30%	K:	1.259m
Curve Length:	18.000m	Curve Radius	125.903m
Headlight Distance: 26.186m			
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	9+435.60	Elevation:	2,876.354m
PVI Station:	9+443.10	Elevation:	2,875.491m
PVT Station:	9+450.60	Elevation:	2,874.281m
High Point:	9+435.60	Elevation:	2,876.354m
Grade in:	-11.50%	Grade out:	-16.14%
Change:	4.64%	K:	3.233m
Curve Length:	15.000m	Curve Radius	323.322m
Passing Distance: 340.815m		Stopping Distance: 150.748m	

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	9+487.18	Elevation:	2,868.377m
PVI Station:	9+494.68	Elevation:	2,867.166m
PVT Station:	9+502.18	Elevation:	2,866.288m
Low Point:	9+502.18	Elevation:	2,866.288m
Grade in:	-16.14%	Grade out:	-11.70%
Change:	4.44%	K:	3.379m
Curve Length:	15.000m	Curve Radius	337.902m
Headlight Distance: 86.609m			

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	9+581.89	Elevation:	2,856.961m
PVI Station:	9+592.89	Elevation:	2,855.673m
PVT Station:	9+603.89	Elevation:	2,855.365m
Low Point:	9+603.89	Elevation:	2,855.365m
Grade in:	-11.70%	Grade out:	-2.80%
Change:	8.90%	K:	2.472m
Curve Length:	22.000m	Curve Radius	247.243m
Headlight Distance: 41.646m			

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	9+630.89	Elevation:	2,854.608m
PVI Station:	9+645.89	Elevation:	2,854.187m
PVT Station:	9+660.89	Elevation:	2,855.031m
Low Point:	9+640.86	Elevation:	2,854.468m
Grade in:	-2.80%	Grade out:	5.63%
Change:	8.43%	K:	3.557m

Curve Length:	30.000m	Curve Radius	355.741m
Headlight Distance:	48.821m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	9+686.55	Elevation:	2,856.476m
PVI Station:	9+709.05	Elevation:	2,857.743m
PVT Station:	9+731.55	Elevation:	2,854.883m
High Point:	9+700.37	Elevation:	2,856.865m
Grade in:	5.63%	Grade out:	-12.71%
Change:	18.34%	K:	2.454m
Curve Length:	45.000m	Curve Radius	245.387m
Passing Distance:	106.824m	Stopping Distance:	58.740m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	9+752.63	Elevation:	2,852.204m
PVI Station:	9+772.63	Elevation:	2,849.662m
PVT Station:	9+792.63	Elevation:	2,847.017m
High Point:	9+752.63	Elevation:	2,852.204m
Grade in:	-12.71%	Grade out:	-13.23%
Change:	0.52%	K:	77.072m
Curve Length:	40.000m	Curve Radius	7,707.219m
Passing Distance:	2,999.538m	Stopping Distance:	1,300.506m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	9+809.02	Elevation:	2,844.849m
PVI Station:	9+834.02	Elevation:	2,841.541m
PVT Station:	9+859.02	Elevation:	2,839.818m

Low Point:	9+859.02	Elevation:	2,839.818m
Grade in:	-13.23%	Grade out:	-6.89%
Change:	6.33%	K:	7.893m
Curve Length:	50.000m	Curve Radius	789.283m
Headlight Distance: 78.088m			
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	9+877.33	Elevation:	2,838.556m
PVI Station:	9+907.33	Elevation:	2,836.488m
PVT Station:	9+937.33	Elevation:	2,833.715m
High Point:	9+877.33	Elevation:	2,838.556m
Grade in:	-6.89%	Grade out:	-9.24%
Change:	2.35%	K:	25.536m
Curve Length:	60.000m	Curve Radius	2,553.649m
Passing Distance: 688.144m		Stopping Distance:	312.849m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	9+973.34	Elevation:	2,830.386m
PVI Station:	9+988.34	Elevation:	2,829.000m
PVT Station:	10+003.34	Elevation:	2,827.292m
High Point:	9+973.34	Elevation:	2,830.386m
Grade in:	-9.24%	Grade out:	-11.38%
Change:	2.14%	K:	14.008m
Curve Length:	30.000m	Curve Radius	1,400.760m
Passing Distance: 737.027m		Stopping Distance:	325.303m
Vertical Curve Information:(sag curve)			

PVC Station:	10+048.86	Elevation:	2,822.109m
PVI Station:	10+063.86	Elevation:	2,820.402m
PVT Station:	10+078.86	Elevation:	2,819.287m
Low Point:	10+078.86	Elevation:	2,819.287m
Grade in:	-11.38%	Grade out:	-7.43%
Change:	3.95%	K:	7.589m
Curve Length:	30.000m	Curve Radius	758.929m
Headlight Distance: 117.464m			

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	10+177.86	Elevation:	2,811.929m
PVI Station:	10+198.86	Elevation:	2,810.369m
PVT Station:	10+219.86	Elevation:	2,808.448m
High Point:	10+177.86	Elevation:	2,811.929m
Grade in:	-7.43%	Grade out:	-9.15%
Change:	1.72%	K:	24.484m
Curve Length:	42.000m	Curve Radius	2,448.395m
Passing Distance: 922.454m		Stopping Distance: 408.415m	

Vertical Curve Information:(crest curve)

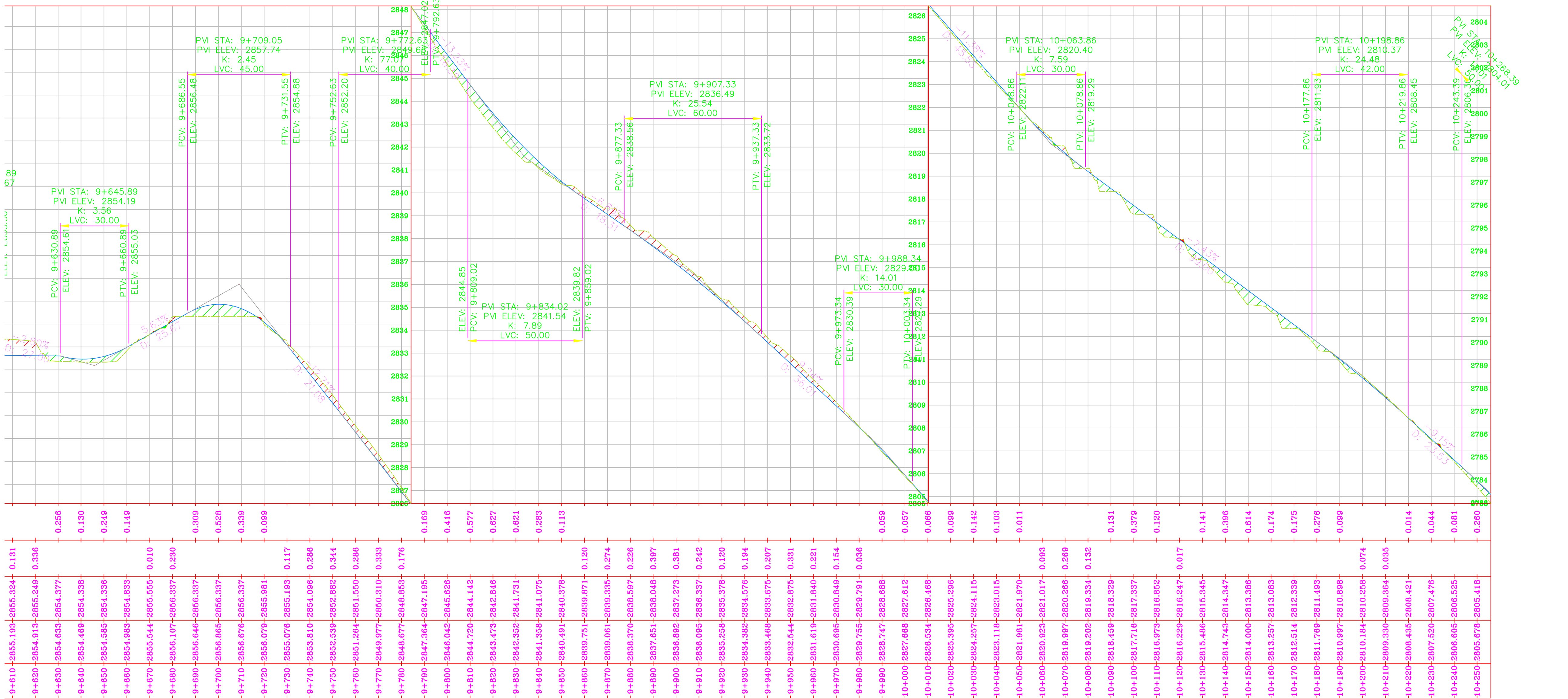
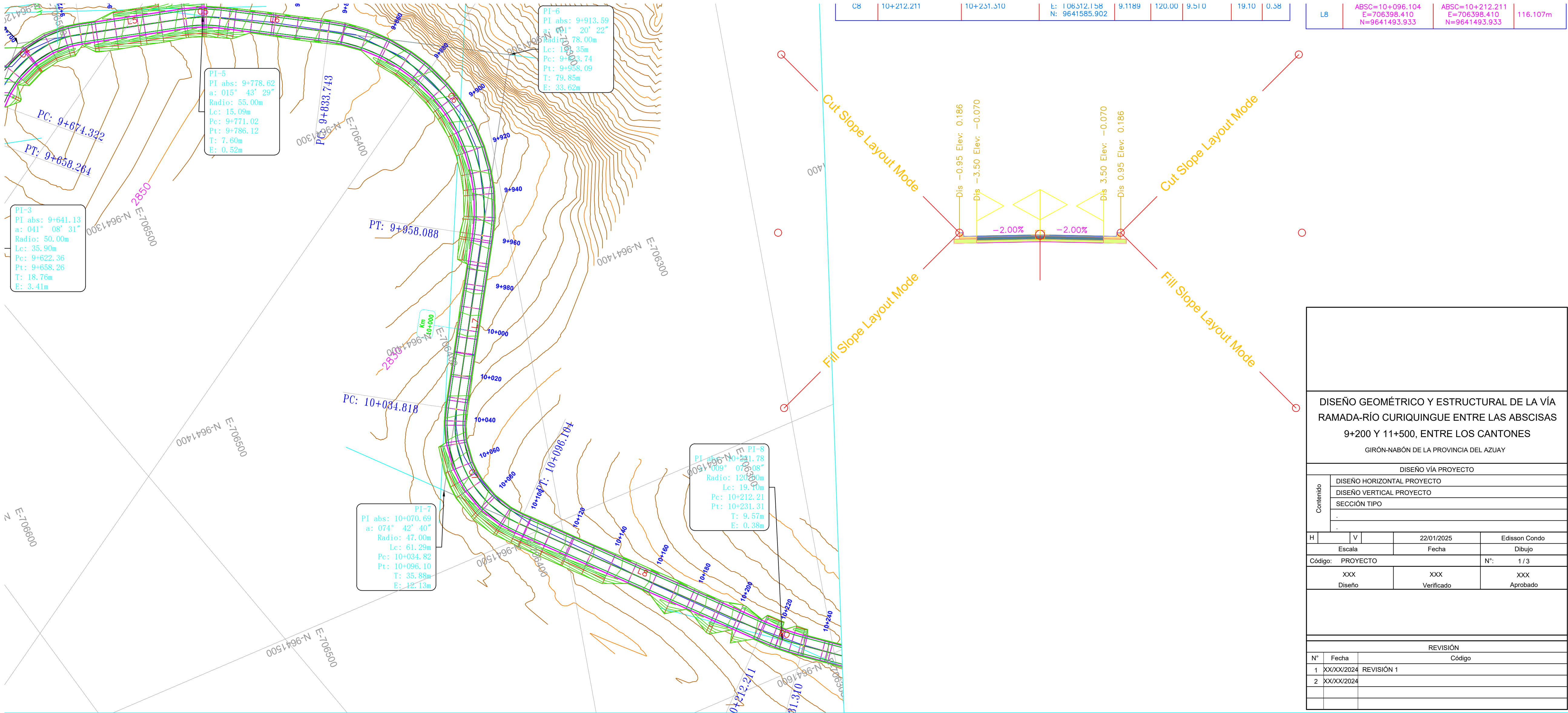
PVC Station:	10+243.39	Elevation:	2,806.296m
PVI Station:	10+268.39	Elevation:	2,804.009m
PVT Station:	10+293.39	Elevation:	2,800.987m
High Point:	10+243.39	Elevation:	2,806.296m
Grade in:	-9.15%	Grade out:	-12.09%
Change:	2.94%	K:	17.008m

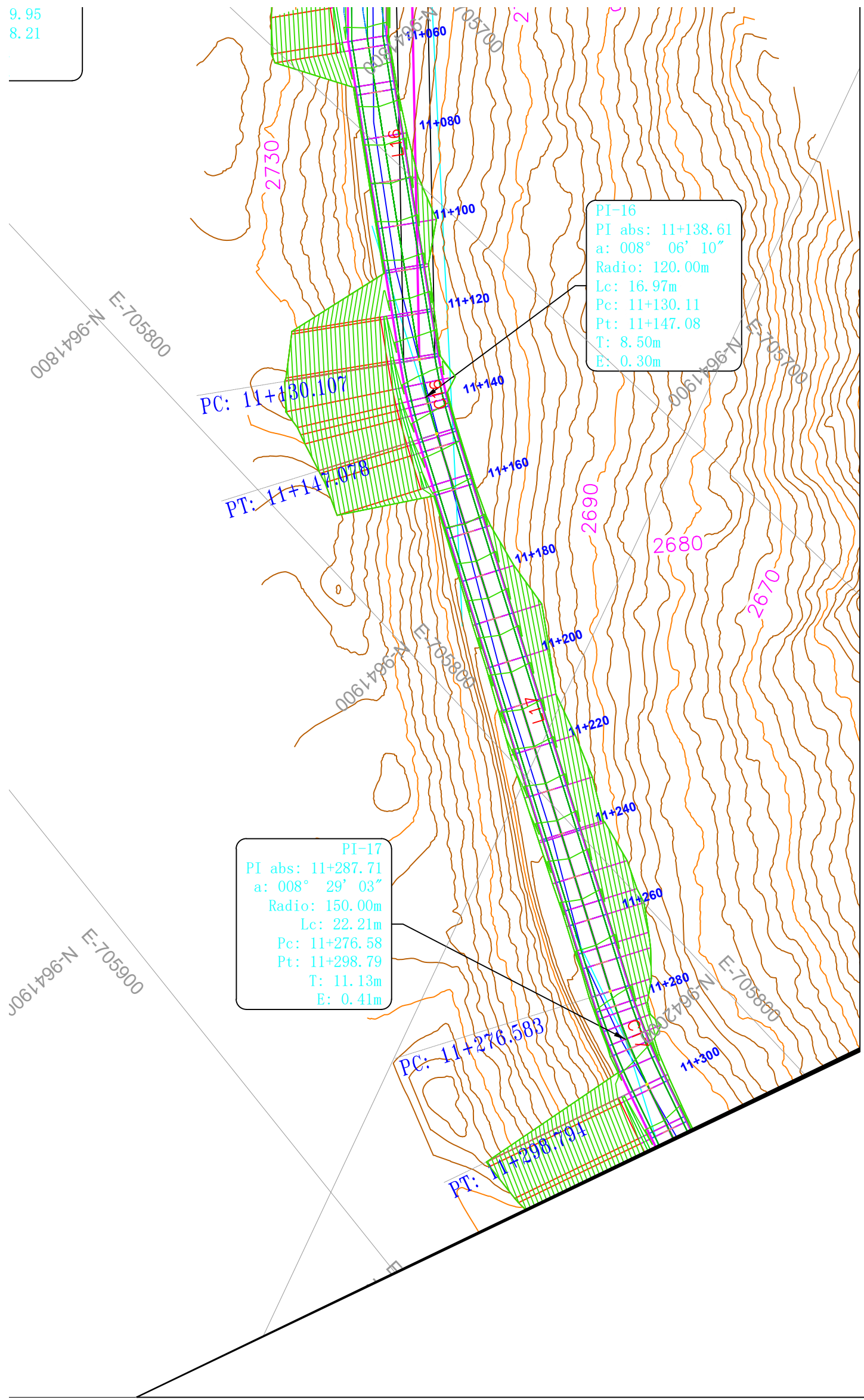
Curve Length:	50.000m	Curve Radius	1,700.779m
Passing Distance:	551.004m	Stopping Distance:	251.059m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	10+325.13	Elevation:	2,797.150m
PVI Station:	10+340.13	Elevation:	2,795.337m
PVT Station:	10+355.13	Elevation:	2,793.258m
High Point:	10+325.13	Elevation:	2,797.150m
Grade in:	-12.09%	Grade out:	-13.86%
Change:	1.78%	K:	16.895m
Curve Length:	30.000m	Curve Radius	1,689.457m
Passing Distance:	885.837m	Stopping Distance:	389.257m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	10+449.91	Elevation:	2,780.119m
PVI Station:	10+469.91	Elevation:	2,777.346m
PVT Station:	10+489.91	Elevation:	2,775.540m
Low Point:	10+489.91	Elevation:	2,775.540m
Grade in:	-13.86%	Grade out:	-9.03%
Change:	4.83%	K:	8.277m
Curve Length:	40.000m	Curve Radius	827.696m
Headlight Distance:	96.092m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	10+534.66	Elevation:	2,771.499m
PVI Station:	10+564.66	Elevation:	2,768.790m
PVT Station:	10+594.66	Elevation:	2,763.702m

High Point:	10+534.66	Elevation:	2,771.499m
Grade in:	-9.03%	Grade out:	-16.96%
Change:	7.93%	K:	7.569m
Curve Length:	60.000m	Curve Radius	756.866m
Passing Distance:	225.065m	Stopping Distance:	113.832m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	10+623.90	Elevation:	2,758.744m
PVI Station:	10+641.40	Elevation:	2,755.776m
PVT Station:	10+658.90	Elevation:	2,753.167m
Low Point:	10+658.90	Elevation:	2,753.167m
Grade in:	-16.96%	Grade out:	-14.91%
Change:	2.05%	K:	17.072m
Curve Length:	35.000m	Curve Radius	1,707.174m
Headlight Distance:	774.221m		
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	10+738.27	Elevation:	2,741.335m
PVI Station:	10+778.27	Elevation:	2,735.372m
PVT Station:	10+818.27	Elevation:	2,733.221m
Low Point:	10+818.27	Elevation:	2,733.221m
Grade in:	-14.91%	Grade out:	-5.38%
Change:	9.53%	K:	8.395m
Curve Length:	80.000m	Curve Radius	839.485m
Headlight Distance:	74.425m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			

PVC Station:	10+978.15	Elevation:	2,724.623m
PVI Station:	11+023.15	Elevation:	2,722.203m
PVT Station:	11+068.15	Elevation:	2,716.978m
High Point:	10+978.15	Elevation:	2,724.623m
Grade in:	-5.38%	Grade out:	-11.61%
Change:	6.23%	K:	14.435m
Curve Length:	90.000m	Curve Radius	1,443.503m
Passing Distance:	293.020m	Stopping Distance:	151.591m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	11+240.44	Elevation:	2,696.971m
PVI Station:	11+262.44	Elevation:	2,694.416m
PVT Station:	11+284.44	Elevation:	2,692.936m
Low Point:	11+284.44	Elevation:	2,692.936m
Grade in:	-11.61%	Grade out:	-6.73%
Change:	4.89%	K:	9.005m
Curve Length:	44.000m	Curve Radius	900.495m
Headlight Distance:	97.907m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	11+319.81	Elevation:	2,690.557m
PVI Station:	11+329.81	Elevation:	2,689.884m
PVT Station:	11+339.81	Elevation:	2,689.142m
High Point:	11+319.81	Elevation:	2,690.557m
Grade in:	-6.73%	Grade out:	-7.42%
Change:	0.70%	K:	28.696m

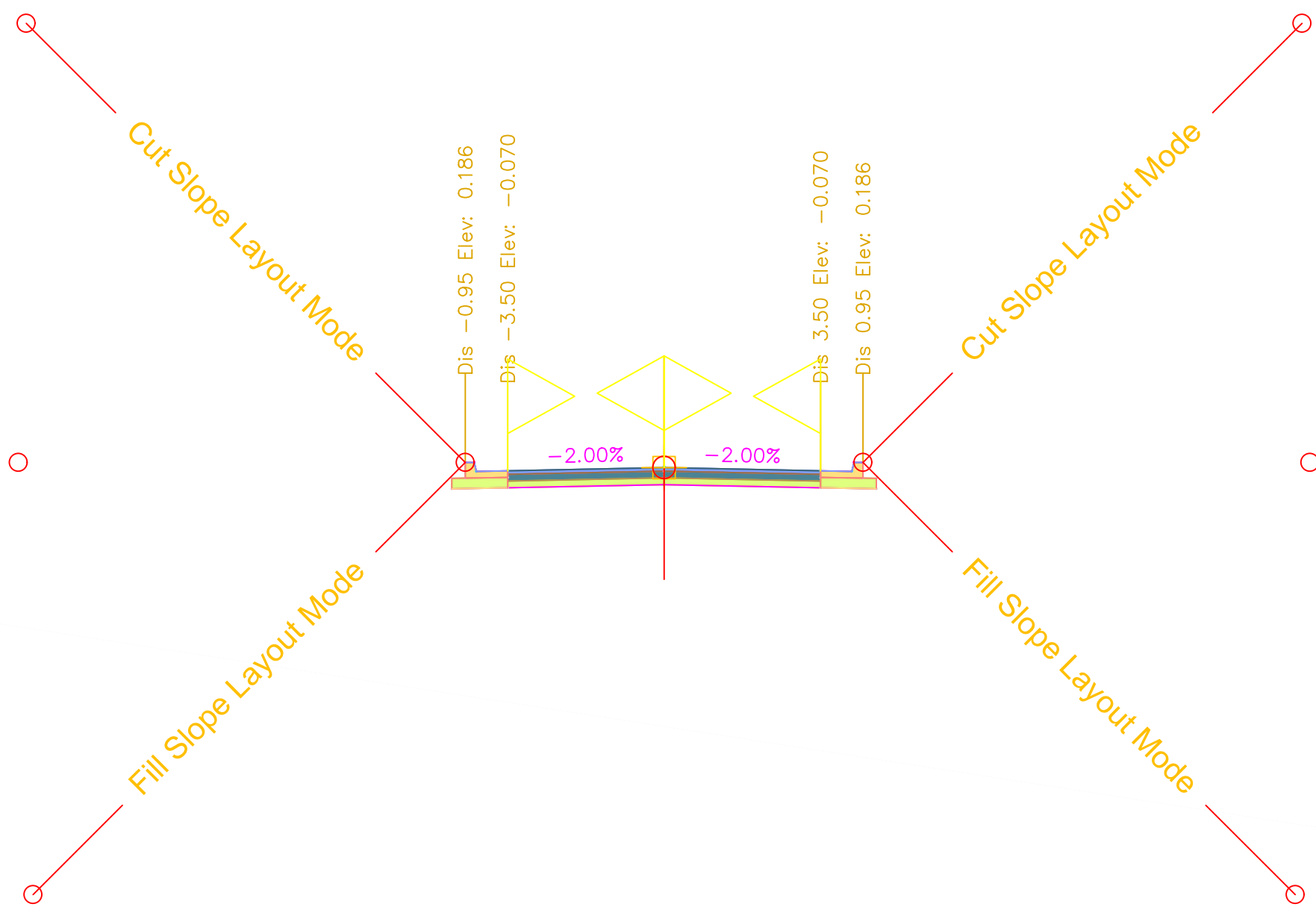
Curve Length:	20.000m	Curve Radius	2,869.613m
Passing Distance:	2,228.731m	Stopping Distance:	963.537m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	11+389.58	Elevation:	2,685.447m
PVI Station:	11+404.58	Elevation:	2,684.334m
PVT Station:	11+419.58	Elevation:	2,683.216m
High Point:	11+389.58	Elevation:	2,685.447m
Grade in:	-7.42%	Grade out:	-7.45%
Change:	0.03%	K:	1,009.037m
Curve Length:	30.000m	Curve Radius	100,903.707m
Passing Distance:	52,026.234m	Stopping Distance:	22,367.698m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	11+452.23	Elevation:	2,680.782m
PVI Station:	11+472.23	Elevation:	2,679.292m
PVT Station:	11+492.23	Elevation:	2,677.704m
High Point:	11+452.23	Elevation:	2,680.782m
Grade in:	-7.45%	Grade out:	-7.94%
Change:	0.48%	K:	82.632m
Curve Length:	40.000m	Curve Radius	8,263.151m
Passing Distance:	3,214.457m	Stopping Distance:	1,392.871m



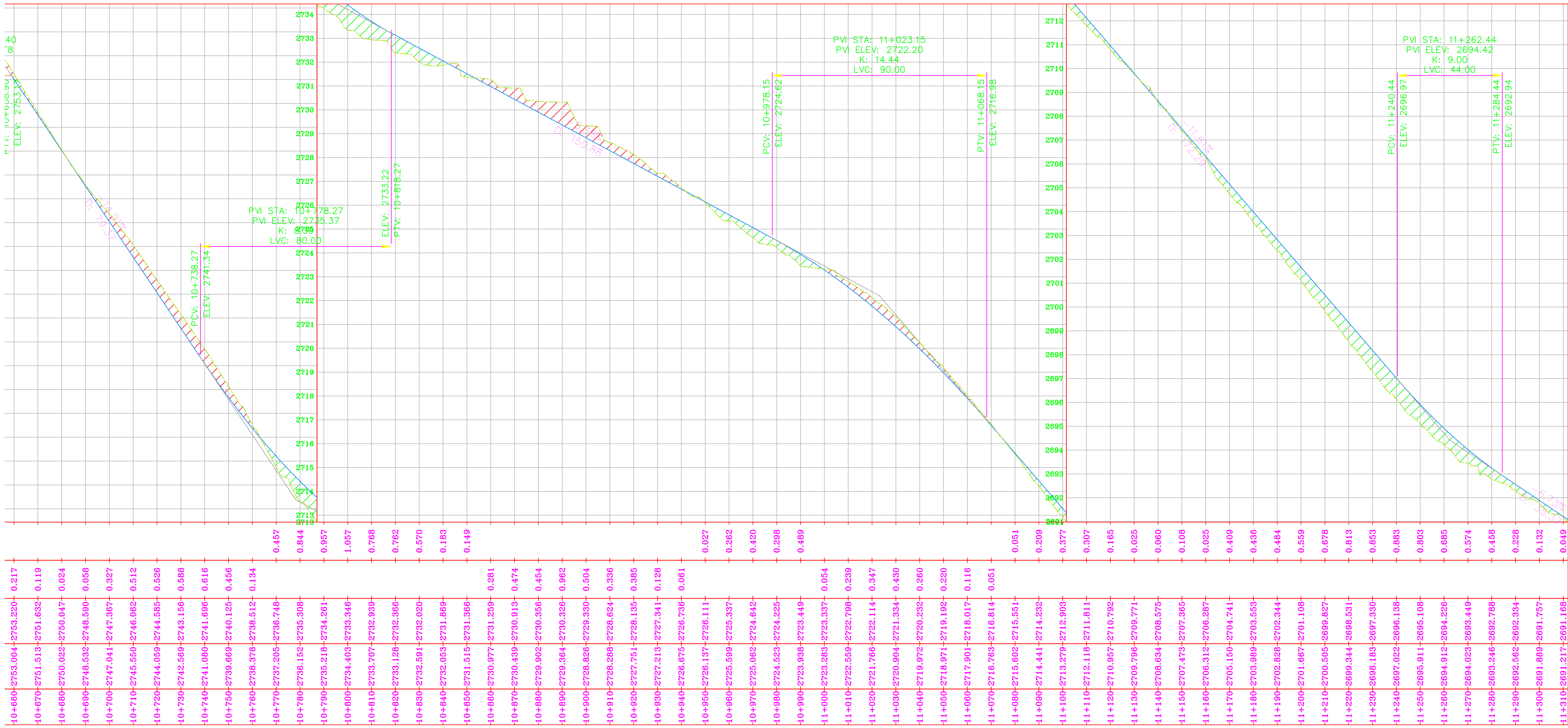


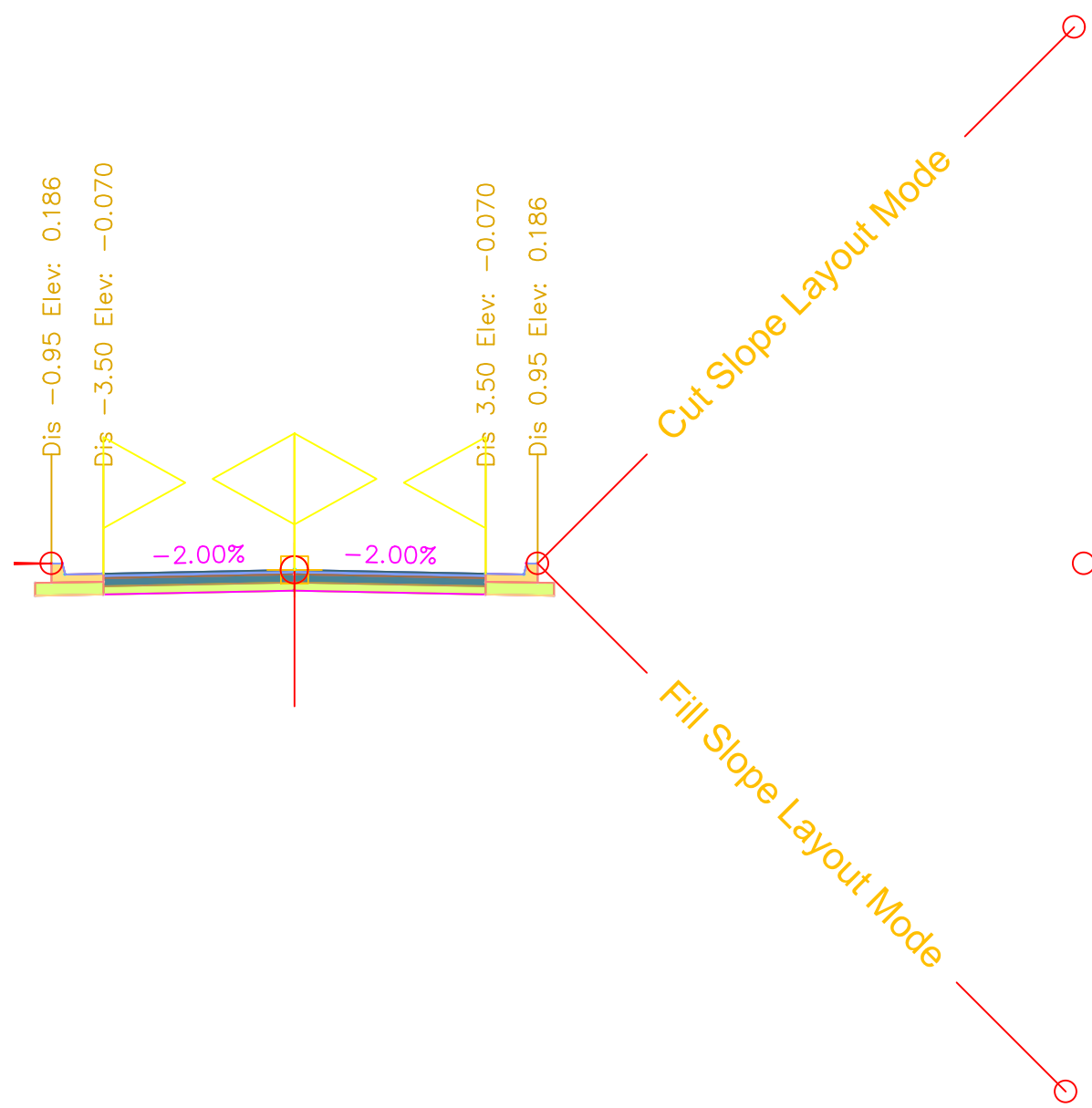
C14	10+869.953	10+948.213	ABSC: 10+921.609 E: 705710.558 N: 9641643.217	95.4032	47.00	51.655	78.26	22.84
C15	10+997.022	11+033.474	ABSC: 11+016.101 E: 705693.054 N: 9641761.471	41.7703	50.00	19.078	36.45	3.52
C16	11+130.107	11+147.078	ABSC: 11+138.607 E: 705781.541 N: 9641865.227	8.1027	120.00	8.499	16.97	0.30
C17	11+276.583	11+298.794	ABSC: 11+287.709 E: 705824.951 N: 9642003.111	8.4842	150.00	11.126	22.21	0.41

L14	11+904+11.233+1.24 ABSC=10+738.165 E=705688.686 N=9641687.045	11+904+11.233+1.24 ABSC=10+869.953 E=705688.686 N=9641687.045	131.786m
L15	ABSC=10+948.213 E=705702.894 N=9641694.315	ABSC=10+997.022 E=705702.894 N=9641694.315	48.809m
L16	ABSC=11+033.474 E=705703.543 N=9641777.408	ABSC=11+130.107 E=705703.543 N=9641777.408	96.634m
L17	ABSC=11+147.078 E=705764.866 N=9641872.915	ABSC=11+276.583 E=705764.866 N=9641872.915	129.505m

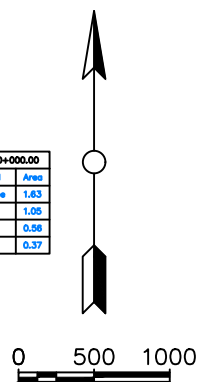


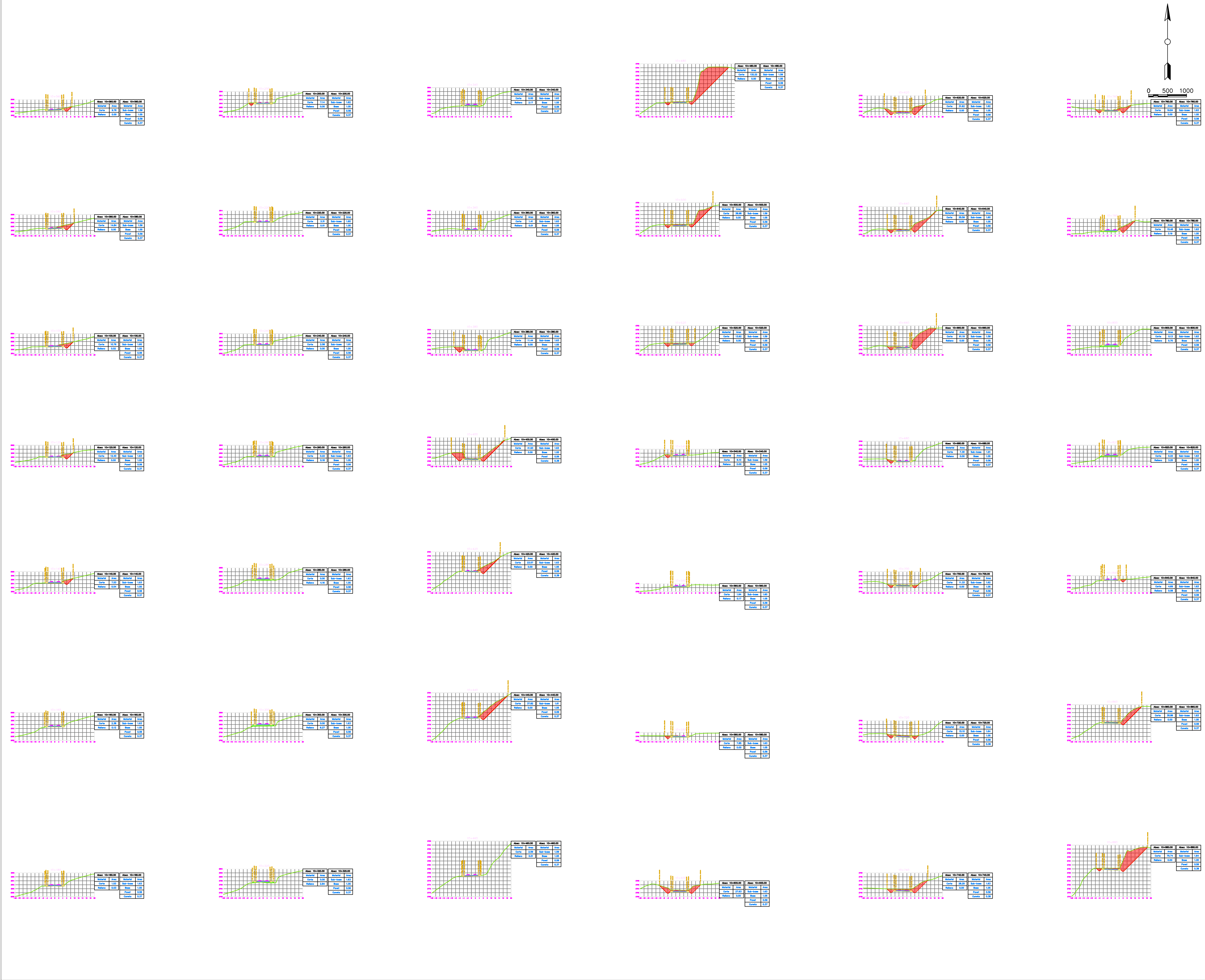
DISEÑO VÍA PROYECTO			
DISEÑO HORIZONTAL PROYECTO			
DISEÑO VERTICAL PROYECTO			
SECCIÓN TIPO			
H	V	22/01/2025	Edison Condo
Escala	Fecha	Dibujo	
Código: PROYECTO	Nº: 2/3		
XXX Diseño	XXX Verificado	XXX Aprobado	
REVISIÓN			
Nº	Fecha	Código	
1	XXXX/2024	REVISIÓN 1	
2	XXXX/2024		

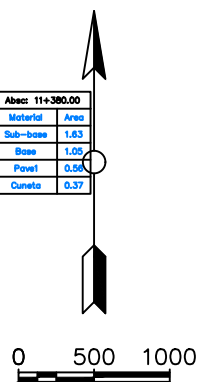


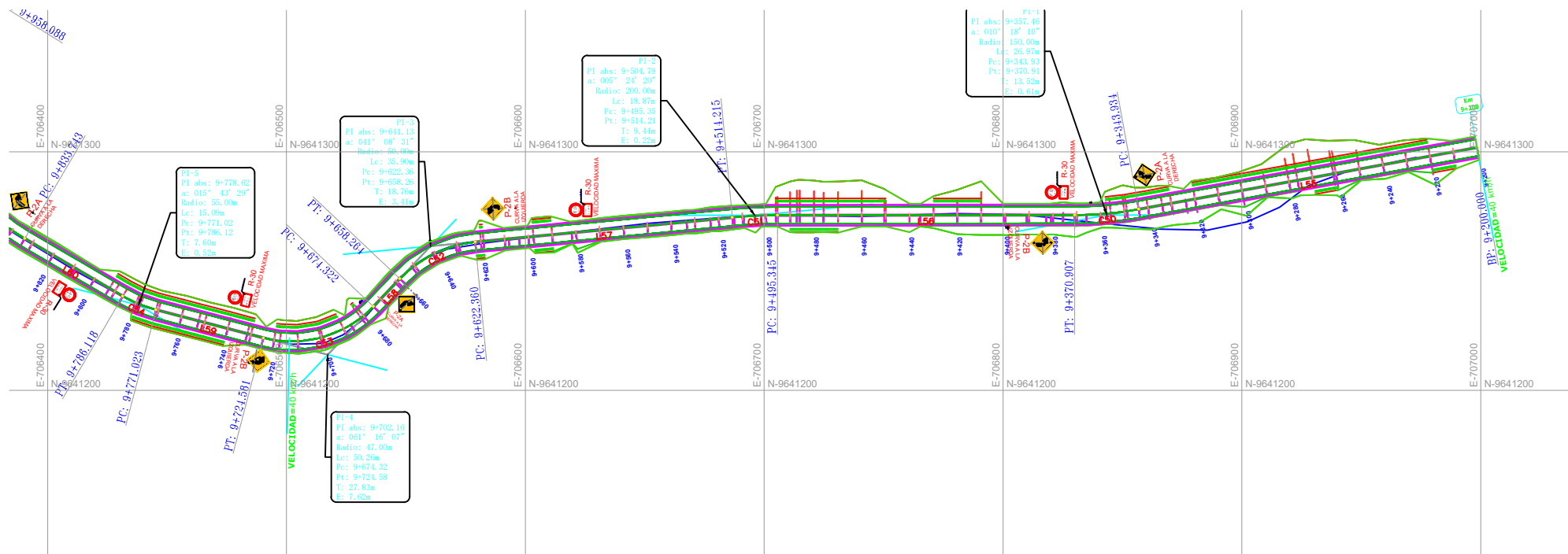


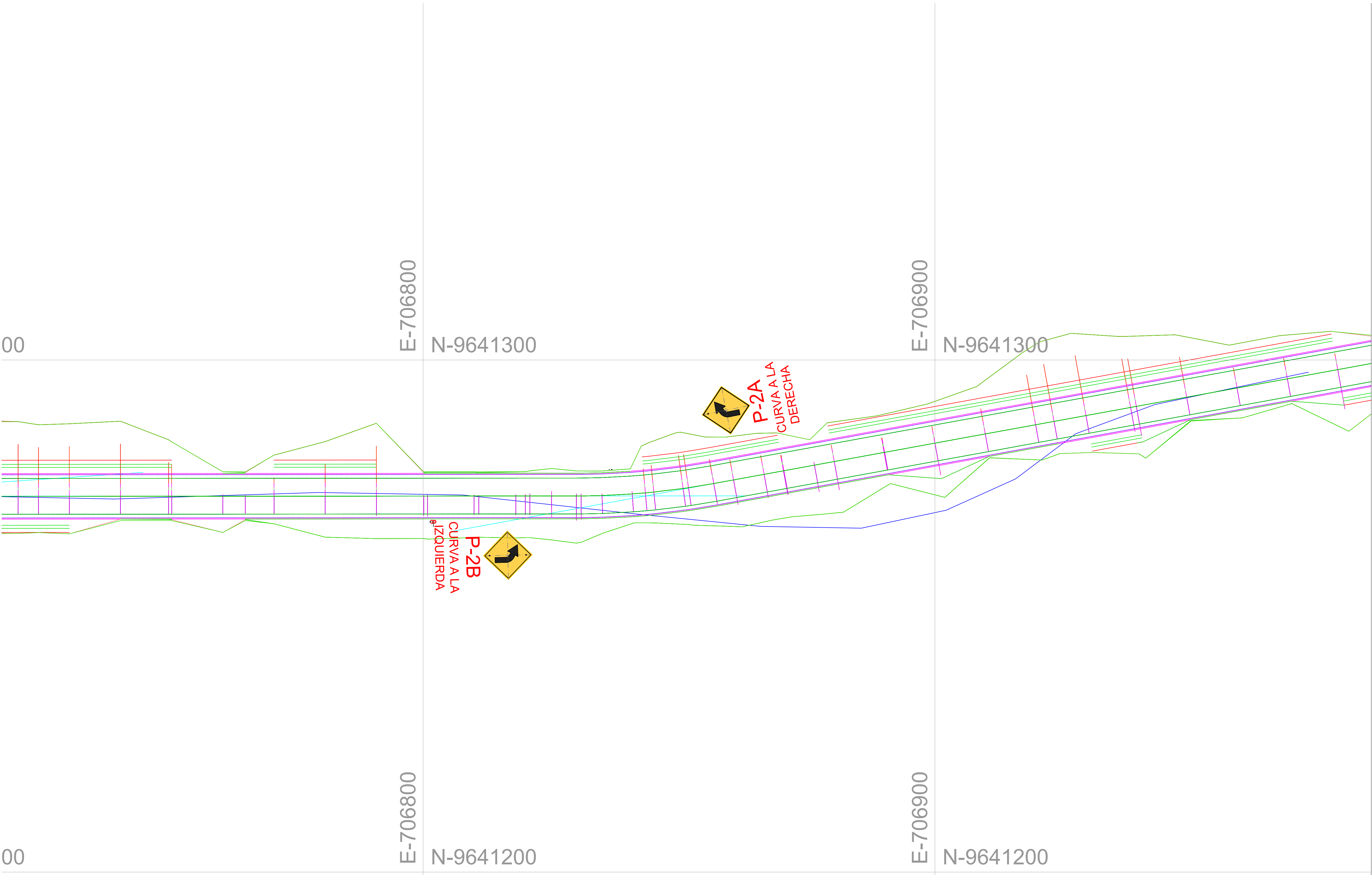
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA RAMADA-RÍO CURIQUINGUE ENTRE LAS ABCISAS 9+200 Y 11+500, ENTRE LOS CANTONES GIRÓN-NABÓN DE LA PROVINCIA DEL AZUAY			
DISEÑO VÍA PROYECTO			
Contenido	DISEÑO HORIZONTAL PROYECTO		
	DISEÑO VERTICAL PROYECTO		
	SECCIÓN TIPO		
H	V	22/01/2025	Edison Condo
Escala		Fecha	Dibujo
Código: PROYECTO		N°	3 / 3
XXX Diseño		XXX Verificado	XXX Aprobado
REVISIÓN			
N°	Fecha	Código	
1	XX/XX/2024	REVISIÓN 1	
2	XX/XX/2024		







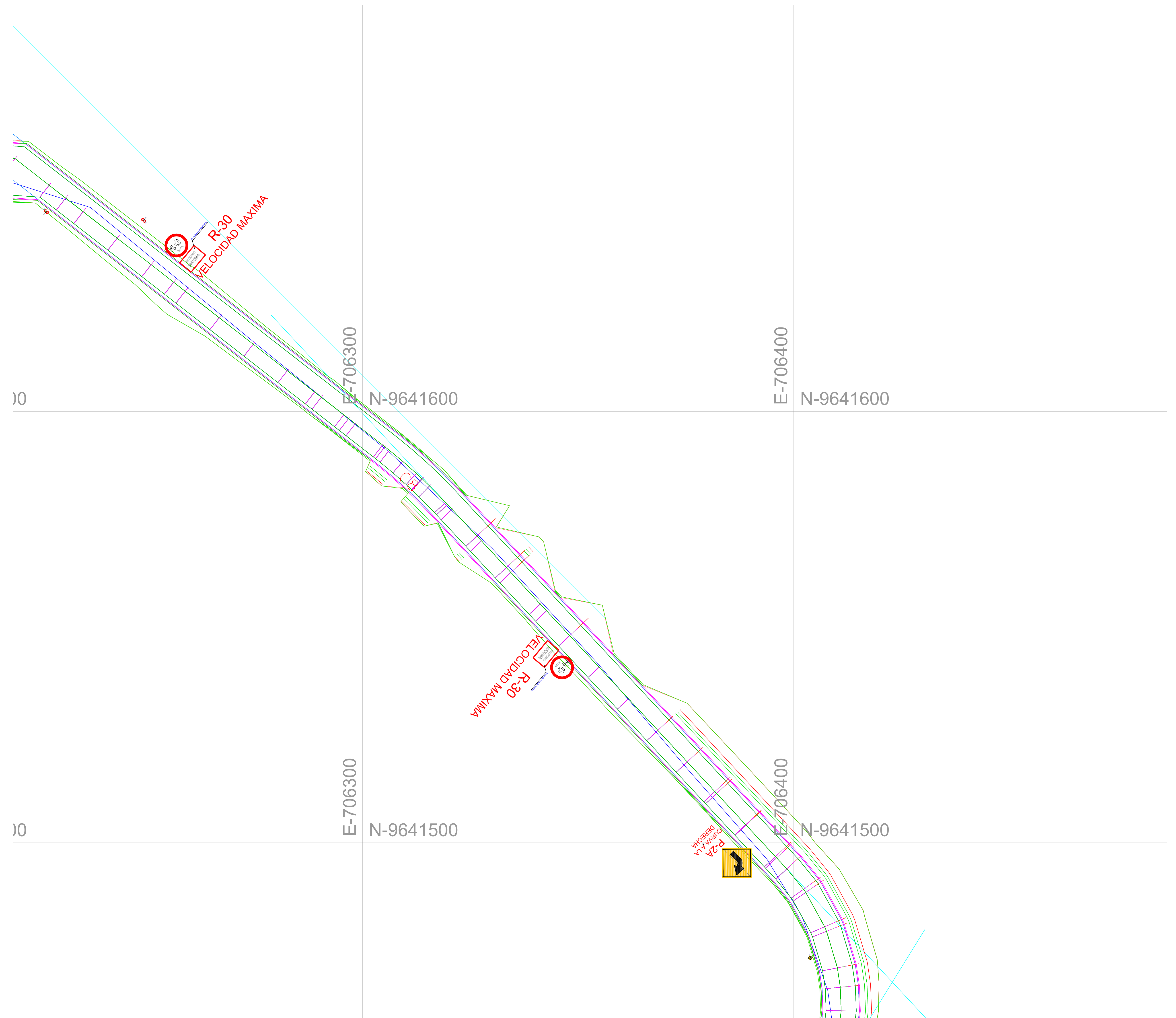




Realizado: disson Condo	Fecha: 23/01/2025	
----------------------------	----------------------	--

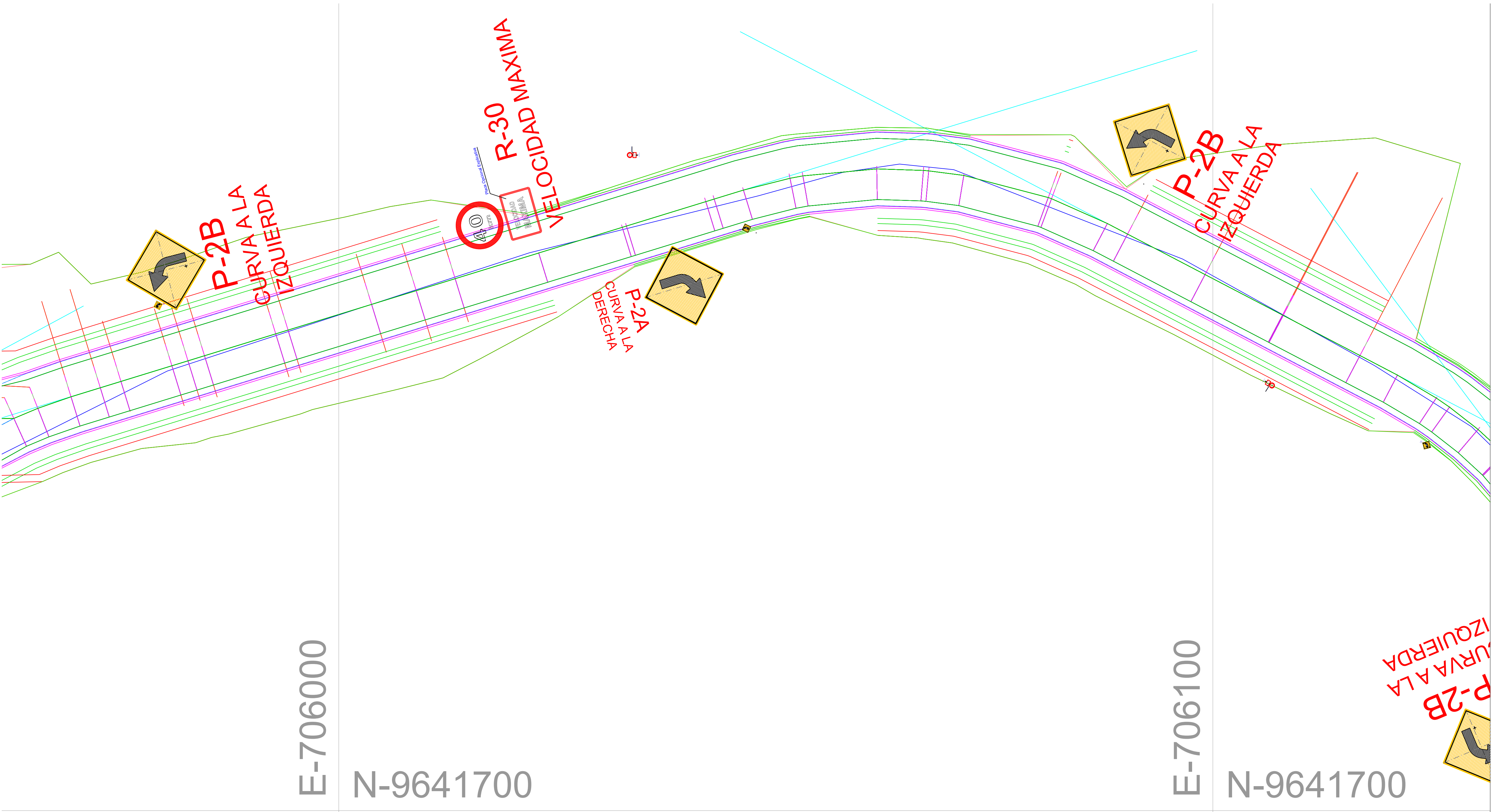


Realizado: disson Condo	Fecha: 23/01/2025	
----------------------------	----------------------	--

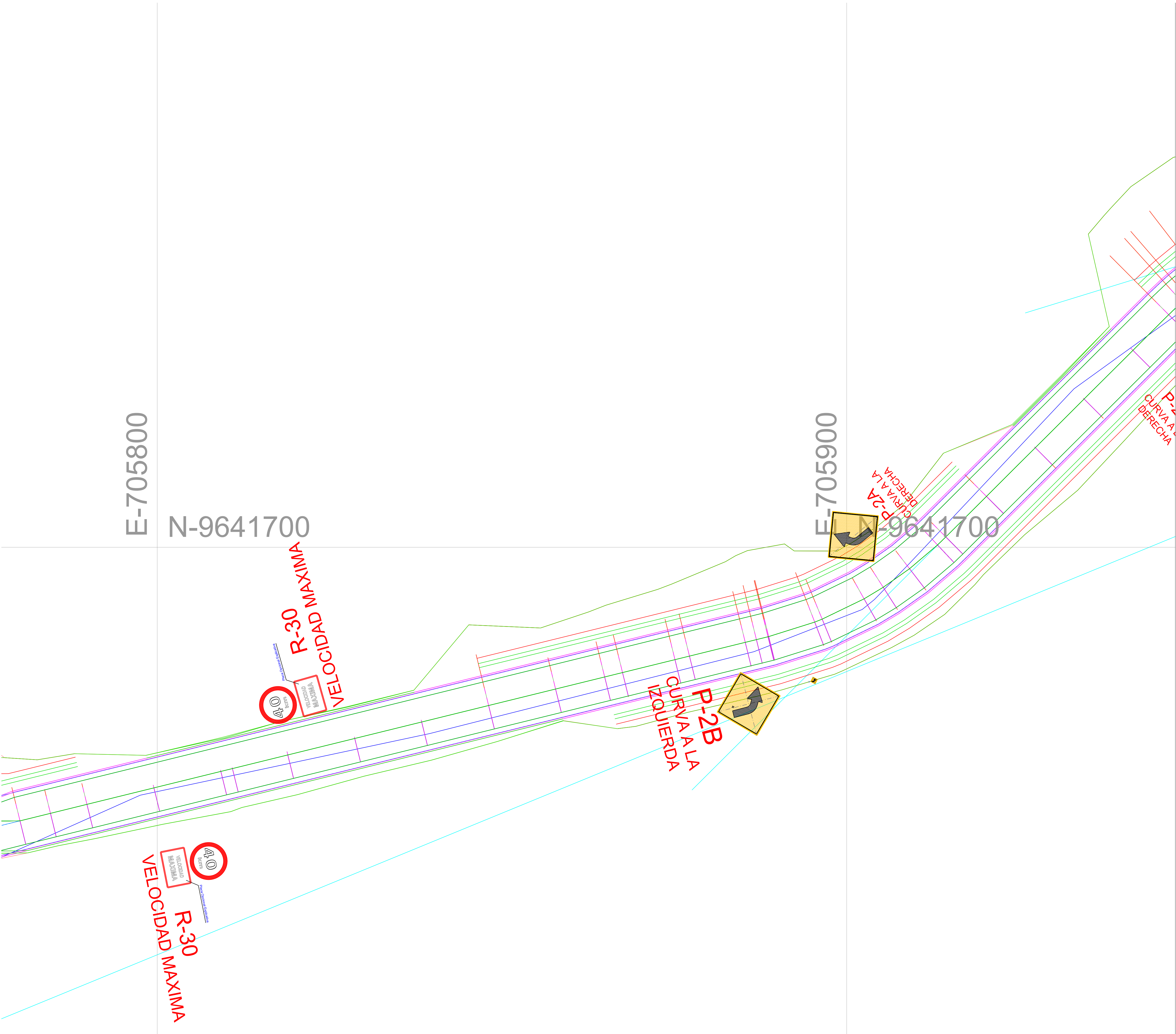


Realizado:
Disson Condo

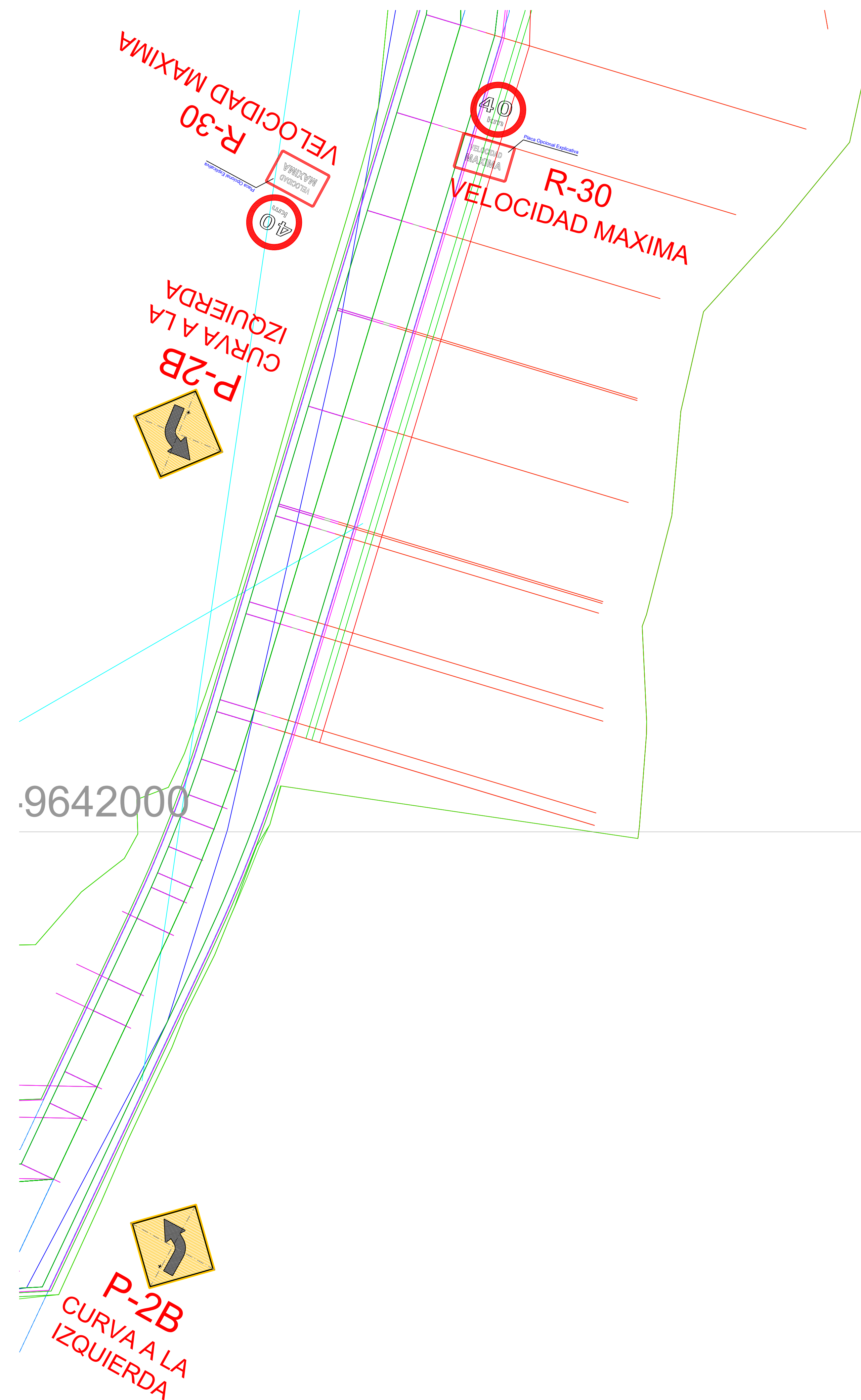
Fecha:
23/01/2025



Realizado: Disson Condo	Fecha: 23/01/2025	
----------------------------	----------------------	--



Realizado: disson Condo	Fecha: 23/01/2025	
----------------------------	----------------------	--



Realizado:
Disson Condo

Fecha:
23/01/2025

