



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA GIRÓN
CURIQUINGUE DE LA ABSCISA 19+260 HASTA LA ABSCISA 21+400 KM,
PERTENECIENTE AL CANTÓN GIRÓN, PROVINCIA DE AZUAY

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

AUTORES: EDGAR VALENTÍN GARCÍA ÁLVAREZ

JORGE DAVID GUEVARA GUERRERO

TUTOR: ING. IVÁN ALEJANDRO MEJÍA REGALADO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2024

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

Nosotros, Edgar Valentín García Álvarez con documento de identificación N° 0105320311 y Jorge David Guevara Guerrero con documento de identificación N° 0107554420; manifestamos que:

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

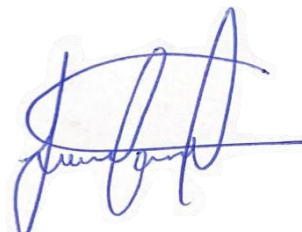
Cuenca, 29 de enero del 2024

Atentamente,



Edgar Valentín García Álvarez

0105320311



Jorge David Guevara Guerrero

0107554420

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

Nosotros, Edgar Valentín García Álvarez con documento de identificación N° 0105320311 y Jorge David Guevara Guerrero con documento de identificación N° 0107554420, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño geométrico y estructural de la vía Girón Curiquingue de la abscisa 19+260 hasta la abscisa 21+400 Km, perteneciente al cantón Girón, provincia de 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, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 29 de enero del 2024

Atentamente,

Edgar Valentín García Álvarez

0105320311

Jorge David Guevara Guerrero

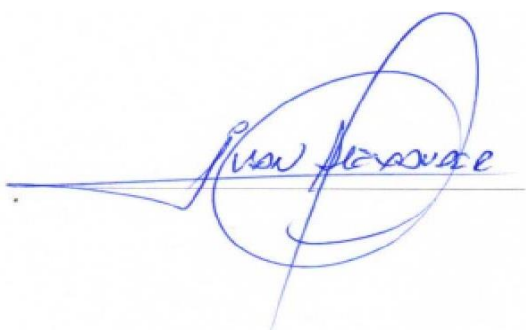
0107554420

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Iván Alejandro Mejía Regalado con documento de identificación N° 0101883841, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaró que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA GIRÓN CURIQUINGUE DE LA ABSCISA 19+260 HASTA LA ABSCISA 21+400 KM, PERTENECIENTE AL CANTÓN GIRÓN, PROVINCIA DE AZUAY, realizado por Edgar Valentín García Álvarez con documento de identificación N° 0105320311 y por Jorge David Guevara Guerrero con documento de identificación N° 0107554420, 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, 29 de enero del 2024

Atentamente,



Ing. Iván Alejandro Mejía Regalado, MSc.
0101883841

DEDICATORIA

A Dios por guiarme, darme la fuerza y la sabiduría en los momentos difíciles, y por bendecirme con la oportunidad de adquirir conocimientos y crecer como persona.

Dedico este logro a mis padres Valentín y Rosa, cuyo amor, apoyo incondicional y sacrificios han sido la luz que guio cada paso de este viaje académico.

A mi querida hermana Lore que ha sido un ejemplo para seguir y siempre estuvo apoyándome; A mi familia, a Carlos, Narcisa, Joseline, Carlitos, Gloria, quienes siempre estuvieron a mi lado apoyándome, dándome consejos. Su aliento constante y comprensión han sido un pilar fundamental en este viaje.

A Erika por sus consejos y apoyo inquebrantable, David, Fernando y Diego quienes han enriquecido mi experiencia académica con risas, aprendizaje conjunto y amistad verdadera. Juntos hemos superado obstáculos y celebrados triunfos.

Finalmente dedico a toda mi familia y amigos; Este logro no es solo mío, sino es de todos ustedes, gracias por creer en mí y ser mi red de apoyo.

EDGAR VALENTÍN

En primer lugar, dedico este trabajo de titulación a Dios por ayudarme en los momentos difíciles, por darme fuerza para poder culminar mis estudios. A mis padres Justo Ramiro y Gladys Piedad, quienes han sido mi fuente constante de inspiración y apoyo a lo largo de este arduo pero gratificante viaje académico. Su aliento incondicional y sabios consejos han sido la brújula que me ha guiado en momentos de incertidumbre. A mi hermano José quien de una u otra manera siempre ha estado presente a lo largo de mi vida académica.

A Cris que a lo largo de este trayecto se ha convertido en una persona importante, gracias a sus consejos y apoyo pude lograr este objetivo A mi familia y amigos Edgar, Diego y Fernando, a quienes agradezco por su comprensión, paciencia y amor inquebrantable. A todos aquellos que, de una manera u otra, han contribuido a mi crecimiento personal y profesional, les dedico con gratitud este logro. Este trabajo no solo lleva mi esfuerzo, sino también la huella de cada persona que ha formado parte de mi trayectoria académica. ¡Gracias por ser parte de este capítulo de mi vida!

JORGE DAVID

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
GLOSARIO.....	XVI
INTRODUCCIÓN	1
1 EL PROBLEMA DE ESTUDIO.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Ubicación Micro del Proyecto.....	3
1.4 Población.....	4
1.5 Justificación.....	4
1.6 Estado del arte.....	5
Objetivo general :	6
Objetivos específicos :	7
CAPITULO 2	7
2 MARCO TEORICO	7
2.1 Carreteras.....	7
2.1.1 Carreteras de primer orden	8
2.1.2 Carreteras de segundo orden.....	8
2.1.3 Carreteras de tercer orden	8
2.2 Tráfico	8
2.2.1 Tráfico promedio diario anual	9
2.2.2 Tipos de conteo	10
2.2.3 Variaciones de tráfico.....	10
2.2.4 Tráfico futuro	11
2.2.5 Crecimiento normal del tráfico actual	12
2.2.6 Relación del tráfico vehicular con la población	13
2.2.7 Relación de tráfico vehicular con la producción.....	14
2.2.8 Proyección en base a la tasa de crecimiento poblacional	14
2.2.9 Tráfico generado	15

2.2.10	Tráfico por desarrollo	16
2.3	Clasificación de carreteras de acuerdo con el tráfico	16
2.4	Señalización	17
2.4.1	Formas	18
2.4.2	Colores	19
2.4.3	Uniformidad de ubicación	21
2.4.4	Retro reflectividad e iluminación	21
2.4.5	Señales Regulatorias	22
2.5	Diseño	22
2.5.1	Forma, color y mensaje	22
2.5.2	Dimensiones	22
2.6	Clasificación de las señales regulatorias	22
2.6.1	Serie de prioridad de paso R1	23
2.6.2	Serie de movimiento y dirección R2	23
2.6.3	Serie de límites máximos R4	24
2.6.4	Serie de estacionamientos R5	25
2.7	Señales Preventivas	25
2.7.1	Clasificación de las señales preventivas	25
2.8	DISEÑO GEOMÉTRICO	29
2.9	Velocidad de diseño	29
2.10	Relación con la velocidad de circulación	29
2.11	Alineamiento horizontal	30
2.12	Tangentes	31
2.13	Curvas circulares	31
2.14	Curvas de transición	32
2.15	Peralte	33
2.15.1	Sobreancho	34
2.16	Distancias de visibilidad	35
2.17	Distancia de visibilidad en las curvas horizontales	35
2.18	Distancia de visibilidad lateral	36
2.19	Distancia de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo	37
2.20	Alineamiento vertical	38
2.21	Gradientes	38
2.22	Curvas verticales	38
2.23	Precipitaciones	38

2.23.1	Precipitaciones puntuales y espaciales	39
2.23.2	Precipitaciones diarias y horarias	39
2.23.3	Interpretación de registro de lluvia	39
2.23.4	Curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF.....	39
2.23.5	Cálculo de curvas IDF por método simplificado	40
2.24	Drenaje Vial.....	40
2.24.1	Clasificación del Drenaje Vial.....	40
2.24.2	Drenaje Superficial.....	41
2.24.3	Drenaje Subterráneo.....	41
2.25	Tipos y usos del subdrenaje en carreteras	42
2.25.1	Drenes longitudinales	42
2.26	Cunetas.....	43
2.26.1	Tipos de cunetas.....	44
2.27	Parámetros y normas de diseño	45
2.28	Alcantarillas.....	46
2.28.1	Elementos de las alcantarillas.....	46
2.28.2	Tipos de alcantarillas	49
2.28.3	Consideraciones de diseño.....	49
2.29	Cbr	52
2.30	Pavimentos	53
2.30.1	Componentes.....	53
2.30.2	Tipos de pavimentos.....	54
CAPÍTULO 3		55
3	METODOLOGÍA	55
3.1	Fases de estudio.....	55
3.1.1	Factibilidad.	55
3.1.2	Prefactibilidad.....	55
3.1.3	Diseño Definitivo.....	55
3.2	Materiales y equipos usados.....	55
3.2.1	Medición en tiempo real cinemático (RTK).....	56
3.2.2	Flexómetro.....	56
3.2.3	Computadora.....	56
3.2.4	Radios	56
3.3	Recopilación de datos.....	56
3.3.1	Levantamiento de la información.....	56

3.4	Ubicación del proyecto.....	57
3.5	Coordenadas del proyecto.....	57
CAPÍTULO 4		58
4	CÁLCULOS	58
4.1	Conteo Vehicular para el cálculo del TPDA.....	58
4.1.1	Cálculo de Factores.....	58
4.1.2	Cálculo del factor del TPDA.....	60
4.1.3	Corrección de tráfico en las estaciones.....	60
4.2	Proyecciones de tráfico.....	61
4.3	Tasa de crecimiento Vehicular.....	62
4.4	Cálculo del ESALS.....	64
4.5	Diseño de pavimento flexible.....	66
4.6	CBR	66
4.7	Cálculo del parámetro de confiabilidad.....	67
4.7.1	Cálculo del módulo resiliente.....	68
4.8	Cálculo del módulo resiliente y coeficientes estructurales.....	69
4.9	Cálculo del módulo de resiliente para la mezcla asfáltica.....	70
4.10	Cálculo de los coeficientes de Drenaje.....	70
4.11	Cálculo del número estructural requerido.....	71
4.12	Levantamiento Topográfico.....	72
4.12.1	Planteamiento del GPD diferencial.....	72
4.13	Diseño Geométrico.....	73
4.14	Alineamiento Horizontal.....	74
4.14.1	Velocidad de diseño.....	74
4.14.2	Radio mínimo de curvatura.....	74
4.14.3	Distancia de frenado.....	76
4.14.4	Distancia de visibilidad en curvas horizontales.....	76
4.14.5	Distancia de visibilidad lateral.....	76
4.14.6	Distancia de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo.....	77
4.14.7	Curvas circulares.....	77
4.15	Alineamiento Vertical.....	81
4.16	Sobreechancho.....	85
4.17	Peralte.....	87
4.18	Presupuesto.....	88
5	CONCLUSIONES.....	91

6	RECOMENDACIONES.....	92
7	BIBLIOGRAFÍA.....	93
8	ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tasas de crecimiento de tráfico.....	13
Tabla 2. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado	16
Tabla 3. Relaciones entre velocidades de circulación y de diseño	30
Tabla 4. Distancia mínima de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo.	37
Tabla 5. Dimensiones de diferentes cabezales.	47
Tabla 6 Clasificación del SUELO CBR.....	52
Tabla 7 Coordenadas del proyecto.....	57
Tabla 8 Proyección de consumo de combustible año 2022	60
Tabla 9 Corrección de tráfico en las estaciones	60
Tabla 10 Tabla de saturación.....	62
Tabla 11 Tasa de crecimiento vehicular.....	62
Tabla 12 Tasa de crecimiento para un periodo de 30 años	63
Tabla 13 Factor Equivalente por tipo de carga.....	64
Tabla 14 Factor de distribución de carriles	65
Tabla 15 TPDA total.....	65
Tabla 16 Cálculo número de ejes equivalentes a 8.2 toneladas.....	66
Tabla 17 Ensayo de laboratorio determinación CBR	66
Tabla 18 Ensayo de laboratorio determinación CBR	67
Tabla 19 Ensayo de laboratorio determinación CBR	67
Tabla 20 Determinación de los niveles de confiabilidad R.....	67
Tabla 21 Determinación de Zr.....	68
Tabla 22 Determinación Nivel Serviciabilidad So	68
Tabla 23 Rodadura.....	70
Tabla 24 Calidad de drenaje según el tiempo de exposición	70
Tabla 25. Resumen parámetros utilizados.....	71
Tabla 26. Cálculo de los números estructurales requeridos	71
Tabla 27. Espesores	71
Tabla 28. Comprobación parámetros de diseño	72
Tabla 29. Calculo de las velocidades de circulación	74
Tabla 30, Curvas horizontales	81
Tabla 31, Cuevas Verticales	84
Tabla 32, Calculo del sobrancho en los vehículos de tipo rígido	86
Tabla 33. Presupuesto	89
Tabla 34 Cronograma Valorado	90
Tabla 35. Ruta crítica	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cantón Girón	3
Figura 2. Octágono.....	18
Figura 3. Triángulo equilátero con un vértice hacia abajo	18
Figura 4. Rectángulo con el eje mayor vertical	19
Figura 5. Círculo	19
Figura 6. Señal Pare R1-1)	23
Figura 7. Señal una vía izquierda (R2-1), o derecha (R2-1D).....	23
Figura 8. Señal doble vía (R2-2).....	24
Figura 11. Señal de velocidad máxima (R4-1).....	24
Figura 12. Señal de reduzca la velocidad (R4-4).....	25
Figura 13. Señal de no estacionar (R5-1).....	25
Figura 15. Señal de curva cerrada izquierda (P1-1I) o derecha (P1-1D).....	26
Figura 16. . Señal de incorporación de tránsito izquierda (P2-8I) o derecha (P2-8D) ..	27
Figura 17. Señal de cruce peatonal con prioridad (P3-5).....	27
Figura 18. Señal de puente angosto (P4-1)	28
Figura 19. Señal de dos sentidos de circulación (P5-2)	28
Figura 20. Señal de resalto/reductor de velocidad (P6-2).....	29
Figura 21. Elementos de la curva circular simple Elementos de la curva circular simple	32
Figura 22. Curvas de transición.	33
Figura 23. Estabilidad del vehículo en las curvas.....	33
Figura 24. Sobreechancho de un carril en una curva	35
Figura 25. Distancia de visibilidad en curvas horizontales	36
Figura 26. Curvas típicas intensidad-duración-frecuencia, IDF	40
Figura 27. Sistema de Drenaje Vial.	41
Figura 28. Esquema de dren colector longitudinal.	43
Figura 29. Representación de cunetas en la vía.	44
Figura 30. Tipología general de cunetas	45
Figura 31. Esquema de cabezal	48
Figura 32. Longitud de alcantarillas	51
Figura 33. Estructura típica de un pavimento.....	53
Figura 34 Ubicación del proyecto.....	57
Figura 35 Estimación del número estructural de la subrasante	69
Figura 36 Estimación del número estructural de la base y sub base.....	69
Figura 37. Planteamiento del RTK	73
Figura 38. Coeficiente de fricción	75
Figura 39. Localización Alcantarillas	102

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hito.....	95
Anexo 2. Estación total	95
Anexo 3. Topografía con RTK.....	95
Anexo 4. Tasa de crecimiento vehicular	96
Anexo 5. Proyección del tráfico	96
Anexo 6. Tasa de crecimiento vehicular	99
Anexo 7. Tráfico	99
Anexo 8. TPDA Total.....	100
Anexo 9. Cálculo del número de ejes.....	101
Anexo 10. Registro de Alcantarilla.....	101
Anexo 11. Registro Alcantarilla.....	102
Anexo 12. Diseño del Pavimento.....	103
Anexo 13, Parámetros iniciales- Diseño Geométrico	106
Anexo 14. Coeficiente de fricción- Diseño Geométrico	106
Anexo 15. Distancia de frenado-Diseño Geométrico.....	106
Anexo 16. Distancia de Rebasamiento-Diseño Geométrico	107
Anexo 17. Rectas Tangentes-Diseño Geométrico.....	107
Anexo 18. Radios de Curvas-Diseño Geométrico	108
Anexo 19. Cálculo de curvas horizontales-Diseño Geométrico	108
Anexo 20. Cálculo de curvas horizontales-Diseño Geométrico	109
Anexo 21. Cálculo de curvas horizontales-Diseño Geométrico	109
Anexo 22. Cálculo de curvas horizontales-Diseño Geométrico	110
Anexo 23. Sobreechancho-Peralte- Diseño Geométrico	110
Anexo 24. Diseño Geométrico Vertical.....	111
Anexo 25. Cálculo de curvas verticales- Diseño Geométrico.....	111
Anexo 26. Cálculo de curvas verticales- Diseño Geométrico.....	112
Anexo 27. Cálculo de curvas verticales- Diseño Geométrico.....	112
Anexo 28. Cálculo de curvas verticales- Diseño Geométrico.....	113
Anexo 29. Cálculo de curvas verticales- Diseño Geométrico.....	113

RESUMEN

En la actualidad el tema de la vialidad es uno de los temas de suma importancia que se genera en la sociedad, debido a que, gracias a esto a lo largo de los años se han logrado contactar a pueblos y así satisfacer diversas necesidades de la ciudadanía como puede ser de un trabajo, una buena educación, alimentación, salud, ayudando así que conlleve a un progreso en su forma de vida, por tanto, el propósito del presente proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, es realizar el diseño geométrico y estructural de la vía girón curiquireque de la abscisa 19+260 hasta la abscisa 21+400 km perteneciente al cantón girón, provincia del Azuay, y así lograr una vía con las condiciones óptimas cumpliendo con todos los parámetros y normativas de diseño, para que la comunidad pueda desarrollar sus actividades de mejor manera.

Se cumplió con un estudio previo de la comunidad para conocer en qué condiciones se encuentra la vía, que problemas presenta, y a su vez se realizó el conteo vehicular para conocer el tráfico que transita por la vía curiquireque.

Para realizar el diseño geométrico de la vía, utilizamos la normativa MTOP, a su vez para el diseño estructural tomamos en cuenta la normativa AASHTO 93, por tanto, estas son las normas utilizadas en el Ecuador.

Palabras clave: Diseño geométrico y pavimentos, TPDA, Normativa, conteo vehicular.

ABSTRACT

Currently, the issue of roads is one of the most important issues that arises in society, because, thanks to it, over the years it has been possible to contact the towns and thus satisfy various needs of the citizens. such as a job, a good education, food, health, thus contributing to leading to progress in their way of life, therefore, the purpose of this project prior to obtaining the title of Civil Engineer, is to carry out the geometric design and structural. of the Girón Curiquingue road from the abscissa 19+260 to the abscissa 21+400 km belonging to the Girón canton, province of Azuay, and thus achieve a road in optimal conditions, complying with all the design parameters and regulations, so that the community can better develop its activities.

A previous study of the community was carried out to find out what condition the road is in, what problems it presents, and at the same time a vehicle count was carried out to know the traffic that travels along the Curiquingue road.

To carry out the geometric design of the road we use the MTOP regulations, in turn for the structural design we take into account the AASHTO 93 regulations, therefore, these are the standards used in Ecuador.

Keywords: Geometric design and pavements, TPDA, Regulations, vehicle counting.

GLOSARIO

Calle: Vía destinada a la circulación de los peatones y vehículos.

Fh: Factor horario.

Fd: Factor diario.

Fs: Factor semanal.

Fm: Factor mensual.

Intersección: Área de calzadas que se cruzan o convergen.

Rotonda o redondel: Área común de calzadas que cuyo tránsito interno se desarrolla en forma circular.

Señalización: Indica la forma correcta por donde deben transitar los usuarios de las vías.

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual

To: Tráfico inicial en un período de tiempo.

Tránsito: Circulación de peatones y/o vehículos por vías de uso público.

Vía: Calle, camino u otro lugar destinado al tránsito.

Velocidad de diseño: Diseño de una vía, que corresponde a la máxima velocidad a la que un vehículo puede circular con seguridad en condiciones de flujo libre.

CBR: Ensayo para verificar el porcentaje de la calidad del suelo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Una carretera es una vía de comunicación terrestre especialmente diseñada y construida para facilitar el transporte de vehículos, como automóviles, camiones, motocicletas, bicicletas, y peatones. Generalmente, las carreteras están pavimentadas y cuentan con señalización y marcación para guiar y regular el flujo del tráfico. Estas vías pueden conectarse entre ciudades, pueblos o regiones, formando una red extensa que facilita el movimiento de personas y mercancías.

En el plan global de una carretera, el diseño geométrico es esencial, ya que mediante ella se define su disposición tridimensional, con el objetivo de lograr que la vía sea práctica, segura, confortable, visualmente atractiva, eficiente económicamente y respetuosa con el entorno.

La vía será funcional de acuerdo con sus características geométricas y volúmenes de tránsito, para ofrecer una adecuada movilidad a través de una velocidad de operación suficiente

Los factores o requerimientos del diseño para realizar se agruparán en externos o previamente existentes, propios de la vía.(Cárdenas, 2013)

1 EL PROBLEMA DE ESTUDIO.

1.1 Planteamiento del problema.

La comunidad de Curiquingue cuenta con una vía que le sirve a la población para transportarse a ser sus actividades diarias, esta vía conecta a la comunidad con el cantón girón. La vía existente presenta varias afecciones, ya que, al no ser una vía pavimentada y no contar con un diseño geométrico adecuado, por los factores climáticos esta llega a tener complicaciones más que todo cuando es invierno, lo que genera un malestar a la comunidad que en su mayoría se dedica a realizar actividades agrícolas, así también al existir en la zona una laguna que es turística, no se ha llegado activar el turismo por los problemas existentes en la vía.

1.2 Antecedentes.

A nivel global, las carreteras simbolizan avances en distintos ámbitos, englobando aspectos económicos, demográficos, sociales y de salud. Este fenómeno se atribuye a la mejora de la calidad de vida, fundamentada en la existencia de vías de alta calidad que facilitan la conexión entre lugares, ya sea a través de rutas extensas o tramos más cortos. En este contexto, dichas carreteras representan una inversión que se recupera con el tiempo gracias al desarrollo sostenible de las áreas beneficiadas. El diseño o reconfiguración de una carretera se sustenta en tres aspectos cruciales que demandan atención. Primero, se prioriza la comodidad, asegurando que los usuarios se sientan seguros al transitar por ellas. Segundo, se considera la estética, buscando crear una apariencia agradable para quienes las recorren. Por último, se aborda la eficiencia económica, implicando no solo minimizar la inversión en la construcción, sino también

reducir al máximo las necesidades de mantenimiento y modificaciones a lo largo del tiempo. (Cárdenas, 2013)

Al diseñar la estructura geométrica y física del pavimento de la vía Girón - Curiquingue, se busca asegurar un tránsito vehicular seguro para todos los usuarios, en especial para los residentes de la comunidad de Curiquingue. Esto resultará en un incremento notable de la eficiencia de la vía y fomentará el progreso económico y social de la comunidad al disminuir el tiempo de traslado desde distintos puntos de origen hacia cualquier ubicación a lo largo de esta carretera. Asimismo, este proyecto contribuirá a estimular la actividad agrícola y ganadera en la región.

1.3 Ubicación Micro del Proyecto.

El proyecto se encuentra ubicado al sur de la provincia del Azuay en el cantón Girón, la cual esta se divide en una parroquia urbana (Girón) y dos rurales (La Asunción y San Gerardo). La vía está ubicada en el cantón Girón, parroquia Curiquingue. Girón tiene una extensión de 346,5 km², que representa el 4,3 % del territorio provincial. La cabecera cantonal ocupa el 68,9 % del territorio cantonal. (PDOT Girón, 2014).

Figura 1: Cantón Girón



Fuente: (PDOT Girón, 2014)

1.4 Población.

Según el último censo de poblaciones y viviendas en el cantón de Girón existe un total de 12583 habitantes, se distribuye en 45.8 % hombres (5768 hab) y el 54.2% mujeres (6815 hab), lo que representa el 2,1 % del total de la Provincia del Azuay, ha crecido en el último periodo intercensal 1990 – 2001 , a un ritmo del -0.4 % promedio anual. El 72 % de la población reside en el área rural, se caracteriza por ser una población joven, ya que el 47.3% son menores de 20 años. (INEC, 2010)

1.5 Justificación.

El crecimiento de la población a nivel mundial ha generado la necesidad de desarrollar nuevas vías para atender las demandas del creciente parque automotor. Las carreteras construidas en décadas anterior ya no cumplen con los requisitos, por lo que se requiere realizar investigaciones actualizadas, como análisis de suelos, cálculos del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y proyecciones de tráfico. Estos estudios resultan fundamentales para diseñar carreteras capaces de enfrentar y ajustarse a las proyecciones de tráfico tanto actuales como futuras.

La falta de inversión financiera por parte del Estado en el desarrollo de infraestructura vial en los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) parroquiales tiene un impacto adverso en la calidad de las carreteras. Esto se debe a que la mayoría de los recursos económicos se destinan a las áreas urbanas, descuidando las necesidades de las zonas rurales. No obstante, es crucial tener en cuenta que la construcción de carreteras de alta calidad sería beneficiosa para el progreso económico y social de los habitantes de las comunidades rurales.

Una posible solución sería llevar a cabo una planificación adecuada de las vías para mejorar el transporte y evitar el aislamiento entre parroquias. La pavimentación de una vía mejora la accesibilidad y conectividad, lo que puede traducirse en un aumento de la eficiencia en la cadena de suministro y una reducción en los costos de transporte. Asimismo, la pavimentación de una vía reduce los costos operativos de transporte, el desgaste de los vehículos y mejora la eficiencia del combustible. Además, la pavimentación disminuye los tiempos de viaje, lo que resulta en una mayor productividad, beneficiando significativamente a los habitantes del sector Curiquingue. Pavimentar una carretera puede generar ahorros significativos a largo plazo en comparación con mantener una superficie no pavimentada, ya que requiere de mantenimientos menos frecuentes, representando un ahorro tanto para el GAD parroquial como para los ciudadanos de este lugar.

1.6 Estado del arte.

En los últimos años, el aumento en la demanda de transporte y en el tráfico vial ha ocasionado un incremento en la congestión, demoras, accidentes y problemas medioambientales, que superan significativamente los niveles considerados aceptables por la población.(Thomson & Bull, n.d.)

Es importante considerar que la construcción de una carretera juega un papel significativo en el progreso económico de una región al impulsar la producción y el consumo, reduciendo costos y mejorando la calidad de vida de la población en la zona de influencia.(Agudelo, 2002)

El diseño geométrico es la parte más importante del proyecto de una carretera, estableciendo en base a los condicionantes o factores existentes la configuración geométrica definitiva del conjunto tridimensional que supone, para satisfacer al máximo

los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración ambiental en su entorno, la armonía o estética, la economía y la elasticidad de la solución final. Para ello, hay que llevar a cabo un proceso de diseño iterativo, donde se va conformando la geometría de la carretera que continuamente se evalúa, según todos los condicionantes y objetivos del diseño, para proceder a modificaciones en el mismo, buscando la optimización de la realidad física y funcional final. (García et al., 2012)

En el diseño geométrico de carreteras la velocidad que podrán desarrollar los vehículos sobre la vía es un parámetro fundamental y básico. La cuestión primordial estriba en cual es la velocidad más apropiada en la que se debe basar el trazado. Históricamente el criterio clásico ha sido seleccionar y aplicar la velocidad de proyecto (internacionalmente conocida como velocidad de diseño), suponiendo que todos los vehículos van a circular y mantener uniformemente esa velocidad a lo largo de la vía. Su selección se basa principalmente en la clase o tipo de carretera y en las características del entorno. Su aplicación permite establecer la referencia mínima para algunos parámetros básicos del diseño, como el radio mínimo de las curvas, las pendientes máximas, las bermas y ancho de carriles. (García et al., 2012)

El diseño de los pavimentos de las carreteras resulta fundamental para facilitar la interacción efectiva entre la superficie de rodadura y las ruedas de los vehículos, permitiendo un control y frenado eficaces. (Leclair, 2004)

Objetivo general :

- Realizar el diseño geométrico y estructural de la vía Girón Curiquingue de la abscisa 19+260 hasta la abscisa 21+400 km, perteneciente al cantón Girón, provincia de Azuay.

Objetivos específicos :

- Realizar el levantamiento topográfico de la vía Girón Curiquingue de la abscisa 19+260 hasta la abscisa 21+400 km, perteneciente al cantón Girón, provincia de Azuay.
- Realizar el conteo vehicular.
- Realizar las calicatas para determinar el tipo de suelo.
- Realizar el Diseño Geométrico de la vía Girón Curiquingue de la abscisa 19+260 hasta la abscisa 21+400 km, perteneciente al cantón Girón, provincia de Azuay.
- Realizar el diseño estructural de la vía Girón Curiquingue de la abscisa 19+260 hasta la abscisa 21+400 km, perteneciente al cantón Girón, provincia de Azuay.

CAPITULO 2**2 MARCO TEORICO****2.1 Carreteras**

Se entiende como carretera a una infraestructura de transporte diseñada en un terreno conocido como derecho de vía. La finalidad de una carretera es agilizar la circulación continua de vehículos en el espacio y en el tiempo, garantizando la seguridad y comodidad. (Cárdenas, 2013)

En la planificación de una carretera, el diseño geométrico es fundamental, ya que, este aspecto determina la configuración tridimensional de la vía, obteniendo que esta sea funcional, cómoda, segura, económicamente viable y respetuosa con el medio ambiente;

La funcionalidad de una vía se constituye mediante su tipo, características geométricas y volúmenes de tránsito, con el fin de proporcionar una movilidad adecuada.(Cárdenas, 2013)

2.1.1 Carreteras de primer orden

Las carreteras de primer orden son los caminos secundarios que desempeñan un papel fundamental, ya que, conectan diversas ciudades provinciales, cumpliendo funciones importantes en áreas de producción y consumo de un país, así como facilitando la integración con naciones vecinas. Estas vías pueden dividirse en carriles conforme a las exigencias técnicas garantizando que estén pavimentadas.(Pardo, 1892)

2.1.2 Carreteras de segundo orden

Hace referencia a las vías encargadas de conectar y enlazar las carreteras municipales, estas son las principales arterias viales. Estos caminos son considerados de menor importancia, dependiendo de las circunstancias específicas pueden o no estar pavimentadas(Pardo, 1892)

2.1.3 Carreteras de tercer orden

Se refiere a trayectos que vinculan los caminos municipales con sus respectivos senderos, o pueden conectarse entre diferentes caminos. Se debe definir la clasificación de los caminos como Clase II, y en caso de tener pavimentación, deben cumplir con los parámetros geométricos establecidos para las vías de circunvalación. (Pardo, 1892)

2.2 Tráfico

El diseño de una carretera debe fundamentarse en la información relacionada al tráfico, el objetivo es comparar estos datos con la capacidad de la carretera, es decir, con el volumen máximo de vehículos que puede soportar. Por lo tanto, el tráfico repercute directamente en el diseño geométrico (MTO, 2003)

Se debe incluir la evaluación del tráfico actual, mediante estudios de tráfico, así como la proyección de la demanda futura. En proyectos viales que tendrán mejoras en carreteras ya existentes se facilita cuantificar el tráfico actual y prever la demanda futura.(MTOP, 2003)

Cuando se trata de áreas menos desarrolladas, estimar el tráfico se convierte difícil e incierto, en nuestro país esta situación es común, debido a las extensas regiones parcial o totalmente no explotadas. Los proyectos de carreteras en estas zonas están destinadas a aprovechar los recursos no explotados en la región como proyectos de colonización, regadío, comercialización, entre otros.(MTOP, 2003)

La demanda a futuro dependerá de la acción de todos estos proyectos y deben ser analizados como tal. Se debería estimar no solo la demanda más probable, sino también proporcionar cifras de estimaciones máximas y mínimas, esto permitirá visualizar las influencias que podrían tener sobre el proyecto las situaciones extremas previsibles.(MTOP, 2003)

2.2.1 Tráfico promedio diario anual

Para el cálculo del TPDA se debe tener en cuenta lo siguiente:

- En las vías de un solo sentido, el tráfico será el contado en ese sentido
- En vías de dos sentidos, se usará el tráfico en las dos direcciones, para este tipo de vías el número de vehículos al final del día es semejante en los dos sentidos de circulación
- En el caso de autopistas, se calcula el TPDA para cada sentido de circulación

Para obtener el TPDA, lo ideal sería contar con datos de una estación de conteo que observe las variaciones diarias, semanales y estacionales a lo largo de varios años. Debido a que no es práctico tener estaciones permanentes en todas las rutas, se obtiene un TPDA semanal realizando muestreos de 24 horas en al menos 4 días a la semana. Las muestras semanales deberán representar los meses y semanas más relevantes del año para considerar las variaciones estacionales. Los resultados se procesan para entender la relación entre los volúmenes de tránsito en días hábiles y fines de semana, y se realizan adaptaciones correspondientes para obtener el TPDA semanal. En la etapa final, el TPDA semanal puede ajustarse más, usando factores mensuales basados en datos de estaciones permanentes, este enfoque permite obtener una estimación más precisa del tráfico esperado a lo largo del año. (MTO, 2003)

2.2.2 Tipos de conteo

- **Manuales:** Son invaluableles al proporcionar información crucial sobre la composición del tráfico y los movimientos en intersecciones, factores para el diseño geométrico de la vía.
- **Automáticos:** Facilitan la determinación del volumen total de tráfico siendo indispensable complementarlos con conteos manuales para establecer la composición de este (MTO, 2003)

2.2.3 Variaciones de tráfico

Las variaciones de tráfico son los elementos que permiten establecer conexiones entre las observaciones actuales y puntuales del tráfico con datos estadísticos previos, lo que nos lleva a determinar el TPDA, correspondiente al año del estudio. (MTO, 2003)

Esta relación se puede establecer considerando que la población tiende a seguir hábitos y mantenerse constantes durante periodos más o menos prolongados. Por lo que

es factible calcular el TPDA mediante muestreos. Existen cuatro factores de variación que son:

- **Factor horario (FH)**

Facilita la conversión del volumen de tráfico registrado en un número específico de horas al volumen diario promedio

- **Factor diario (FD)**

Convierte el volumen de tráfico diario promedio en volumen semanal promedio

- **Factor semanal (FS)**

Convierte el volumen semanal promedio de tráfico en volumen mensual promedio

- **Factor mensual (FM)**

Convierte el volumen mensual promedio de tráfico en Tráfico Promedio Diario Anual.

2.2.4 Tráfico futuro

El pronóstico del volumen y composición del tráfico se fundamenta en el tráfico actual, proyectado a 15-20 años con consideraciones sobre el crecimiento normal. Estas proyecciones son fundamentales para clasificar carreteras y afectar la determinación de la velocidad de diseño y otros aspectos geométricos del proyecto. (MTO, 2003)

La predicción del tráfico ayuda a ver cuándo se debe mejorar su superficie de rodadura o aumentar su capacidad. Esta decisión se basa en la comparación entre el flujo máximo que la carretera puede soportar y el volumen del punto más alto en tráfico durante

el año. En Ecuador no se han hecho estudios de la trigésima hora, investigaciones indican que el volumen horario máximo con relación al TPDA va entre el 5 y 10%.(MTOPI, 2003)

2.2.5 Crecimiento normal del tráfico actual

Es el número de vehículos que circulan sobre una carretera antes de ser mejorada, el tráfico actual está compuesto por:

- **Tráfico existente**

Este se usa en la vía antes del mejoramiento y se obtiene a través de estudios de tráfico

- **Tráfico desviado**

Hace referencia al tráfico que se incluye a una carretera mejorada proveniente de otras vías, como resultado de los beneficios en términos de ahorro de tiempo, distancia o costos que ofrece la infraestructura mejorada(MTOPI, 2003)

En Ecuador, la información sobre la evolución historia del crecimiento del tráfico se remota a 1963. Por lo tanto, se sugiere que, en el caso de Ecuador los indicadores para evaluar las tendencias a largo plazo en el crecimiento de tráfico son las tasas de crecimiento observadas con el consumo de gasolina y diésel. En base a estas tendencias históricas se establecen en forma aproximada y garantizada, las siguientes tasas de crecimiento de tráfico.(MTOPI, 2003)

Tabla 1. Tasas de crecimiento de tráfico

TASAS DE CRECIMIENTO DE TRAFICO		
TIPOS DE VEHICULOS	PERIODO	
	1990-2000	2000-2010
LIVIANOS	5	4
BUSES	4	3
CAMIONES	6	5

Fuente: (MTOPI, 2003)

2.2.6 Relación del tráfico vehicular con la población

Con la información disponible, se procede a obtener la tasa de motorización (número de vehículos por cada mil habitantes) para cada tipo de vehículos y la ecuación de proyección con algún modelo que se ajuste al historial de la información existente.(MTOPI, 2003)

Uno de los modelos utilizados es el NOBEL LOGIT con el cual se determina la ecuación de ajuste y de proyección para la tasa de motorización con posibles tasas de saturación.

$$Tm = a + b * t$$

Donde:

Tm= Tasa de motorización (Nº vehículos/1000 hab.)

a, b= Coeficiente de reajuste

t= Tiempo en años

Otro modelo para usarse es REGRESIÓN LINEAL, con el que se determina la ecuación de ajuste de la tasa de motorización en función del tiempo. Las proyecciones realizadas con este modelo son optimistas si se está con tasas de motorización cercanas a la saturación.

$$Tm = a + b * t$$

Donde:

Tm= Tasa de motorización (Nº vehículos/1000 hab.)

a, b= Coeficiente de reajuste

t= Tiempo en años

2.2.7 Relación de tráfico vehicular con la producción

La tasa de crecimiento de la producción son factores fundamentales para proyectar la presencia de vehículos pesados. Se establece un parámetro análogo a Tm, vinculando el número de vehículos pesados con el volumen proyectado, y así obtener la curva de proyección correspondiente. (MTOPI, 2003)

2.2.8 Proyección en base a la tasa de crecimiento poblacional

Las proyecciones se harán en base a la tasa de crecimiento poblacional o al consumo de combustible.

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

Donde:

Tf= Tráfico futuro o proyectado

Ta= Tráfico actual

l= Tasa de crecimiento del tráfico (en caso de no contar con datos utilizar la tasa de crecimiento poblacional o de combustibles)

n= Número de años proyectados

2.2.9 Tráfico generado

El tráfico generado está compuesto por aquel número de viajes que se efectuarían solo si las mejores propuestas ocurren y lo constituyen:

- Viajes que no se efectuaron anteriormente
- Viajes que se realizaron con anterioridad a través de unidades de transporte público.
- Viajes previos que se dirigían a destinos distintos y que, gracias a las nuevas comodidades, han sido redirigidos hacia la carretera propuesta.

Por lo general, el tráfico generado se expresa en los dos años posteriores a la finalización de las mejoras o construcción de una carretera. En el país no se dispone de estudios específicos sobre el comportamiento del tráfico generado, es apropiado contar con un valor que relacione el nivel de mejora con el volumen de tráfico. El volumen de tráfico generado resultante de la finalización del proyecto será un porcentaje de tráfico normal esperado en el primer año de vida del proyecto. Este porcentaje se estima como la mitad del ahorro en costos para los usuarios, expresado como porcentaje. Para evitar estimaciones excesivas o poco realistas sobre el tráfico generado en situaciones inusuales, se establece un límite máximo de incremento del 20% respecto al tráfico normal para el primer año de operación del proyecto. En los años siguientes del periodo de pronóstico

se valora que el tráfico generado crecerá de la misma tasa que el tráfico normal.(MTOPI, 2003)

2.2.10 Tráfico por desarrollo

Este tráfico surge debido a la incorporación de nuevas áreas a la explotación, este componente del tráfico futuro puede continuar aumentando a lo largo de parte o la totalidad del período de estudio. Normalmente, se evalúa su impacto a partir del momento en que la carretera está disponible para los usuarios.(MTOPI, 2003)

En cada proyecto, mediante los contajes de tráfico y las investigaciones de origen y destino, se determina el factor de expansión del tráfico por desarrollo que se debe usar para determinar el TPDA correspondiente. Este enfoque se puede emplear hasta que se desarrolle un procedimiento o modelo matemático más práctico.(MTOPI, 2003)

2.3 Clasificación de carreteras de acuerdo con el tráfico

Para el diseño de carreteras en el país, se sugiere realizar la clasificación en base al pronóstico de tráfico proyectado para un período de 15 a 20 años.

Tabla 2. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado

CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO	
CLASE DE CARRETERA	TRAFICO PROYECTADO TPDA *
R-I o R-II	MAS DE 8.000
I	DE 3.000 A 8.000
II	DE 1.000 A 3.000

III	DE 300 A 1.000
IV	DE 100 A 300
V	MENOS DE 100
<p>EL TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes...</p>	

Fuente: (MTO, 2003)

2.4 Señalización

Las señales de tránsito tienen como objetivo facilitar un movimiento ordenado y seguro de los actores viales, garantizando un flujo continuo de vehículos y peatones. Cada señal proporciona instrucciones sobre destinos, rutas, puntos de interés, prohibiciones, entre otras. Es importante que los usuarios viales respeten las señales para prevenir accidentes inesperados y lamentables, asegurando una circulación confiable y segura. La velocidad establecida por las señales de tránsito tiene gran relevancia, ya que el riesgo de mortalidad para un peatón adulto varía significativamente a diferentes velocidades, siendo importante que los conductores consideren en todo momento (INEN, 2010)

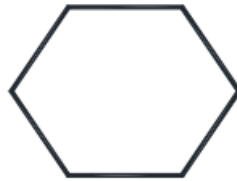
A pesar de contar con la mejor red vial en Sudamérica, el país enfrenta una tasa de mortalidad por accidentes tránsito que supera el 3,14 % de la media regional andina. Las señales reglamentarias de pare, ceda el paso y velocidad están estratégicamente

ubicadas en intersecciones viales, redondeles y aproximaciones por vías secundarias. Los accidentes de tránsito persisten como un problema constante atribuible a la imprudencia de conductores por exceder el límite de velocidad.(INEN, 2010)

2.4.1 Formas

- Octágono: Se usa exclusivamente para la señal de PARE

Figura 2. Octágono



Fuente: (INEN, 2010)

- Triángulo equilátero con un vértice hacia abajo: Utilizado exclusivamente para la señal de CEDA EL PASO

Figura 3. Triángulo equilátero con un vértice hacia abajo



Fuente: (INEN, 2010)

- Rectángulo con el eje mayor vertical: Se emplea generalmente para señales regulatorias

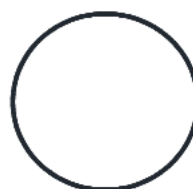
Figura 4. Rectángulo con el eje mayor vertical



Fuente: (INEN, 2010)

- Círculo: Se usa para señales en los cruces de ferrocarril

Figura 5. Círculo



Fuente: (INEN, 2010)

2.4.2 Colores

ROJO

Este color desempeña un papel importante en la señalización vial, ya que, es utilizado en situaciones para comunicar mensajes importantes a los conductores. Es empleado como fondo en las señales de PARE, además, es utilizado en señales relacionados con movimiento de flujo y reducción de velocidad. En paletas de las señales de PARE, en señales de peligro, y en las que advierten sobre la entrada a un cruce de ferrocarril. El color rojo destaca para captar la atención y transmitir una advertencia clara. Además, se utiliza como color de leyenda en señales que prohíben el estacionamiento, contribuyendo a destacar las restricciones asociadas. En señales de CEDA EL PASO, triángulos preventivos y señales que prohíben el paso en situaciones de riesgo. En resumen, el color rojo desempeña múltiples roles en la señalización vial, sirviendo como un elemento visual clave para transmitir mensajes de seguridad y regulación en la carretera. (INEN, 2010)

NEGRO

El color negro es empleado para los símbolos, la leyenda y las flechas que están en las señales con fondo blanco, amarillo, verde limón y naranja. De igual manera es utilizado para la leyenda en fondo de las señales que indican el direccionamiento de la vía y en marcas de peligro.(INEN, 2010)

BLANCO

El color blanco se utiliza como tonalidad de fondo en las señales regulatorias, delineadores de rutas, nomenclatura de calles y señales informativas, además, presentan fondo verde, azul, negro, rojo café. Es usado como color para leyendas, símbolos como flechas y orlas (INEN, 2010)

AMARILLO

Desempeña el papel de fondo en señales preventivas, complementarias (velocidad, distancias y leyendas), de riesgo. Usada en señales delineadoras para resaltar información importante de la vía.(INEN, 2010)

NARANJA

Utilizado como fondo en señales que alertan sobre trabajos temporales en vías y en banderolas en zonas de CRUCE DE NIÑOS.(INEN, 2010)

VERDE

Se usa como fondo en las señales informativas (destinos, peajes, control de pesos, riesgos en la vía). Se utiliza como color para leyenda, símbolos y flechas en señales que informan sobre estacionamientos no tarifados, se tiene que destacar que el

tono de verde debe cumplir con las especificaciones establecidas en la norma ASTM D 4956.(INEN, 2010)

AZUL

Se emplea como color de fondo en señales informativas de servicio, también, es usado como color en leyenda y orla en señales direccionales, en señales de estacionamiento en zonas tarifadas y en paradas de bus.(INEN, 2010)

CAFÉ

El color café es el fondo para señales informativas turísticas y ambientales.

2.4.3 Uniformidad de ubicación

Las señales de tránsito deben ser instaladas en el lado derecho de las vías, sin embargo, en situaciones especiales se permite duplicarlas en el lado izquierdo o colocarlas elevadas sobre la calzada, Es fundamental tomar precauciones durante su instalación para no tener obstrucciones entre señales o reducción de visibilidad, especialmente en intersecciones. Cuando se coloca una señal en una posición vulnerable a impactos, se recomienda considerar el uso de construcciones flexibles de amortiguamiento contra golpes, para garantizar la seguridad del usuario de la vía.(INEN, 2010)

2.4.4 Retro reflectividad e iluminación

Las señales contarán con retro reflectividad o iluminación para garantizar su visibilidad de noche como de día, permitiendo la identificación de sus colores y formas. La necesidad de iluminación surge cuando la retro reflectividad se considera ineficaz, es decir, en el caso de señales aéreas. Es fundamental destacar que la retro reflectividad resulta menos efectiva en áreas con alumbrado con alta intensidad (INEN, 2010)

2.4.5 Señales Regulatorias

Las señales regulatorias son señalizaciones viales diseñadas para informar a los conductores sobre normas y reglamentaciones específicas en áreas particulares de la carretera. Son señales que indican sobre restricciones, límites de velocidad, prohibiciones, entre otras. (INEN, 2010)

2.5 Diseño

2.5.1 Forma, color y mensaje

Las señales regulatorias se caracterizan por su forma rectangular, con el eje mayor vertical. Estas señales exhiben orlas, leyendas y/o símbolos en tono negro sobre un fondo blanco. En casos que demandan una identificación más nítida, se han establecido otras formas y colores, en donde, se prioriza la inclusión de símbolos y flechas siempre que sea factible con el propósito de facilitar la identificación y aclarar las instrucciones.(INEN, 2010)

En situaciones específicas, se permite añadir inscripciones que restrinjan la aplicación de la señal a determinados periodos del día. Se debe garantizar la efectividad de las condiciones impuestas, cualquier inscripción adicional debe presentarse en negro y ser colocada debajo de la señal regulatoria. (INEN, 2010)

2.5.2 Dimensiones

Se han establecido dimensiones específicas para las señales, adaptadas a las diversas condiciones de velocidad. La dimensión más pequeña de cada señal se prescribe cuando el 85 percentil de la velocidad promedio no excede los 50 Km/h. En situaciones con velocidades más elevadas, es necesario emplear una dimensión más amplia para garantizar una respuesta temprana por parte del conductor.(INEN, 2010)

2.6 Clasificación de las señales regulatorias

Las señales regulatorias se clasifican en:

2.6.1 Serie de prioridad de paso R1

Se ubicarán en las entradas a una intersección o en puntos específicos donde sea necesario aplicar las normativas que contienen.

Pare (R1-1). Se instalará en las aproximaciones a las intersecciones, especialmente cuando una vía tiene prioridad sobre otra.

Figura 6. Señal Pare R1-1)



Fuente: (INEN, 2010)

2.6.2 Serie de movimiento y dirección R2

Los conductores tienen la obligación de transitar exclusivamente en la dirección señalada por las flechas en las señales.

Una vía izquierda (R2-1) o derecha (R2-1D). Los conductores tendrán que circular en la dirección indicada mediante las flechas.

Figura 7. Señal una vía izquierda (R2-1), o derecha (R2-1D)



Fuente: (INEN, 2010)

Doble vía (R2-2). Debe situarse al inicio de una calzada o calle de doble vía y repetirse en todas las intersecciones y cruces, siempre en ambos lados de la calle. Su función es indicar que en dicha vía el tránsito puede fluir en dos direcciones.

Figura 8. Señal doble vía (R2-2)



R2-2

Fuente: (INEN, 2010)

Fuente: (INEN, 2010)

2.6.3 Serie de límites máximos R4

Límite máximo de velocidad (R4-1). Desempeña un papel importante para indicar la velocidad máxima permitida en tramo de la carretera. Su instalación requiere un estudio del tramo en cuestión, en el que se abarque aspectos como el tipo de vía, velocidad de diseño y operación, entre otros. Esta señal es complementada con placas según las necesidades específicas (vehículos livianos, pesados, buses).

La importancia de esta señal radica en su capacidad para adaptar y personalizar los límites de velocidad, garantizando la seguridad vial de manera efectiva y considerando las particularidades de cada tramo de carretera. (INEN, 2010)

Figura 9. Señal de velocidad máxima (R4-1)



R4-1

Fuente: (INEN, 2010)

Reduzca la velocidad (R4-4). Se emplea en lugares donde se necesita reducir la velocidad. Es importante que sea acompañada de una señal que explique la razón de la

reducción de velocidad. Debe ser colocada de 60 m a 120 m antes de una señal preventiva, asegurando que ambas sean visibles simultáneamente.

Figura 10. Señal de reduzca la velocidad (R4-4)



R4-4

Fuente: (INEN, 2010)

2.6.4 Series de estacionamientos R5

Estas señales comunican al conductor las restricciones de estacionamiento en las vías, indican claramente el inicio y el fin del tramo en una cuadra donde se permite, restringe o prohíbe el estacionamiento.

Figura 11. Señal de no estacionar (R5-1)



R5-1

2.7 Señales Preventivas

Las señales preventivas advierten a los conductores sobre peligros en el camino, indicando precauciones especiales como reducción de velocidad o maniobras específicas. Son colocadas a distancias mínimas de 100 m en vías urbanas y 150 en vías rurales antes del peligro. (INEN, 2010)

2.7.1 Clasificación de las señales preventivas

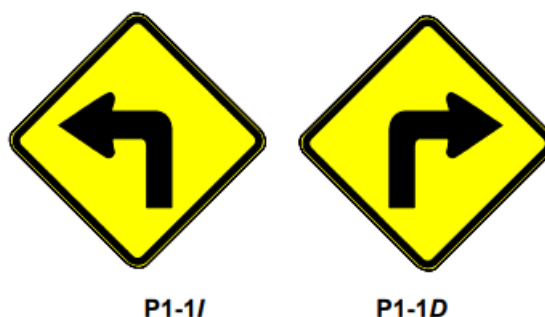
Las señales preventivas se clasifican en.

2.7.1.1 Serie de alineamiento P1

Estas señales son instaladas en las cercanías de curvas horizontales, siendo su elección determinada por las velocidades de aproximación y la geometría de la vía.

Curva cerrada izquierda (P1-1I), derecha (P1-1D). Advierten sobre la proximidad de curvas cerradas, instalándose antes de curvas con un ángulo de viraje igual o superior a 90°. Se recomienda acompañar esta señal con una de velocidad aconsejada R4-1. (INEN, 2010)

Figura 12. Señal de curva cerrada izquierda (P1-1I) o derecha (P1-1D)



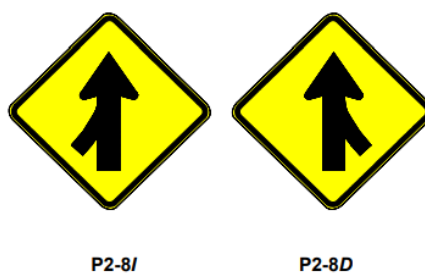
Fuente: (INEN, 2010)

2.7.1.2 Serie de intersecciones y empalmes P2

Se emplean en situaciones donde la distancia de visibilidad al acercarse a una intersección o empalme es menor que la distancia segura de detención, es decir, donde los conductores tendrían dificultades para percibir la presencia de una intersección ubicada más adelante

Incorporación de tránsito izquierda (P2-8I), derecha (P2-8D). Esta señal alerta al conductor sobre la presencia, más adelante, de un punto de convergencia o entrada de tráfico, ya sea desde la izquierda o la derecha. (INEN, 2010)

Figura 13. . Señal de incorporación de tránsito izquierda (P2-8I) o derecha (P2-8D).



P2-8I

P2-8D

Fuente: (INEN, 2010)

2.7.1.3 Serie de aproximación a dispositivos de control de tránsito P3

Cruce peatonal con prioridad (P3-5). Advierte al conductor del vehículo acerca de la presencia, más adelante, de un cruce peatonal marcado con señales de cebra (P6-1). Requiere disminuir la velocidad y prepararse para detener el vehículo, otorgando prioridad de paso a los peatones que utilicen dicho cruce.(INEN, 2010)

Figura 14. Señal de cruce peatonal con prioridad (P3-5)



P3-5

Fuente: (INEN, 2010)

2.7.1.4 Serie de anchos, alturas largos y pesos P4

Estas señales alertan al conductor sobre la presencia de limitaciones en el ancho, altura, longitud y peso de la calzada más adelante(INEN, 2010)

Puente angosto (P4-1). Esta señal debe usarse cuando se aproxima un puente con un ancho menor al de la calzada.

Figura 15. Señal de puente angosto (P4-1)



Fuente: (INEN, 2010)

2.7.1.5 Serie de asignación de carriles P5

Alertan al conductor sobre la proximidad de una asignación de carriles en la vía, usando un símbolo y una línea de color rojo en situaciones con un peligro mayor.

Dos sentidos de circulación (P5-2). Esta señal se emplea para alertar a los conductores que circulan por una vía unidireccional de que más adelante el tránsito se volverá bidireccional.(INEN, 2010)

Figura 16. Señal de dos sentidos de circulación (P5-2)



Fuente: (INEN, 2010)

2.7.1.6 Serie de obstáculos y situaciones especiales en la vía P6

Predisponen al conductor de la aproximación de obstáculos y situaciones especiales en la vía.

Resalto/Reductor de velocidad (P6-2). Avisan al conductor sobre la proximidad de un resalto o reductor de velocidad.(INEN, 2010)

Figura 17. Señal de resalto/reductor de velocidad (P6-2)



Fuente: (INEN, 2010)

2.8 DISEÑO GEOMÉTRICO

2.9 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es la velocidad máxima segura para que los vehículos circulen en un camino cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables. La elección de esta velocidad se debe a las condiciones físicas y topografías del terreno, volúmenes del tráfico y el uso del suelo sin comprometer la seguridad, eficacia y circulación de los vehículos. Esta velocidad sirve como base para calcular los elementos geométricos de la vía, incluyendo su alineamiento horizontal y vertical. (MTOPI, 2003)

La velocidad de planificación debe ser escogida considerando el tramo de carretera menos favorable y mantenerse una extensión mínima de 5 a 10 Km. Una vez determinada la velocidad, todas las características inherentes deben ajustarse a ella para tener un diseño equilibrado. Se recomienda utilizar valores de diseño superiores a los mínimos establecidos siempre que sea factible. (MTOPI, 2003)

2.10 Relación con la velocidad de circulación

La velocidad de circulación se define como la distancia recorrida dividida por el tiempo de circulación de un vehículo en una sección específica de carretera. Esta velocidad refleja la calidad del servicio que la carretera ofrece a los usuarios y es crucial para el diseño, ya que se necesita conocer las velocidades esperadas de los vehículos para diferentes volúmenes de tránsito. (MTOPI, 2003)

La relación entre la velocidad de circulación y la velocidad de diseño en situaciones de alto volumen de tráfico se presenta de manera ilustrativa y no se utiliza como base para el diseño. En la planificación de carreteras, es fundamental diseñar para volúmenes de tránsito que no alcancen el grado de saturación representado por la curva inferior en el caso de volúmenes elevados.(MTO, 2003)

Tabla 3. Relaciones entre velocidades de circulación y de diseño

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

Fuente: (MTO, 2003)

2.11 Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal hace referencia a la representación del eje de la carretera en un plano horizontal, involucrando a tangente y curvas circulares o de transición. En tramos rectos, la tangente define la proyección del eje, mientras que la conexión entre dos tangentes con direcciones diferentes se realiza mediante una curva. La determinación de la alineación horizontal se ve influenciada por varios factores, como la topografía y las características hidrológicas del terreno, las condiciones de drenaje, las especificaciones técnicas de la subrasante y la idoneidad de los materiales locales.(MTO, 2003)

2.12 Tangentes

Las tangentes son proyecciones horizontales de las rectas que conectan curvas en una carretera. El punto de intersección de dos tangentes se llama PI, y el ángulo entre una tangente y la siguiente es α (alfa). Las tangentes están enlazadas por curvas, y la distancia entre el final de una curva y el inicio de la siguiente es la tangente intermedia, cuya longitud máxima se limita por razones de seguridad. Tangentes intermedias largas pueden causar somnolencia al conductor o favorecer el encandilamiento, por lo que se sugiere limitar su longitud y diseñar alineaciones onduladas con curvas de mayor radio como alternativa.(MTO, 2003)

2.13 Curvas circulares

Las curvas circulares son segmentos de círculo que representan la proyección horizontal de las curvas utilizadas para conectar dos tangentes consecutivas, pudiendo ser simples. Entre sus elementos principales tenemos:

- Grado de curvatura: Es el ángulo formado por un arco de 20 metros y su valor máximo es el que garantiza un recorrido seguro de la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño. El grado de curvatura (GC) es un

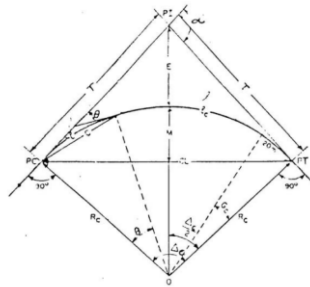
parámetro crucial en el diseño del alineamiento y se calcula mediante la siguiente fórmula.(MTOPI, 2003)

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360}{2\pi R} \rightarrow G_c = \frac{1145.92}{R}$$

- Radio de curvatura: Se refiere al radio de la curva circular, se le denomina R, su fórmula es:

$$R = \frac{1145.92}{G_c}$$

Figura 18. Elementos de la curva circular simple

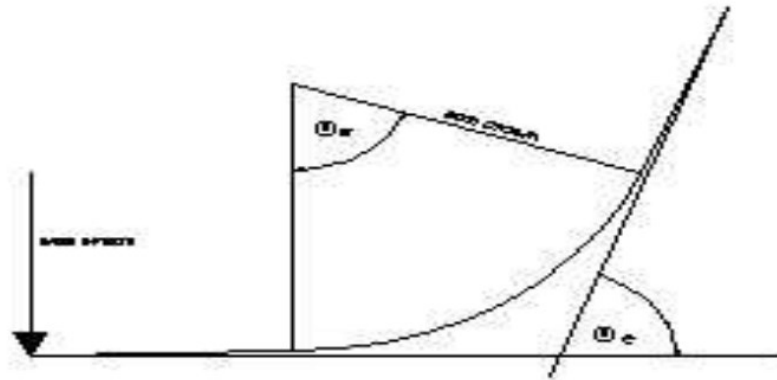


Fuente: (MTOPI, 2003)

2.14 Curvas de transición

Las curvas de transición son conexiones graduales entre la tangente y la curva circular, permitiendo cambios continuos en el radio de curvatura y la aceleración centrífuga. Su longitud afecta la suavidad del cambio, siendo más abrupto en tramos más cortos. Estas curvas mejoran la seguridad al facilitar la entrada y permanencia de los vehículos en su carril durante la transición de la línea recta a la curva.(MTOPI, 2003)

Figura 19. Curvas de transición.

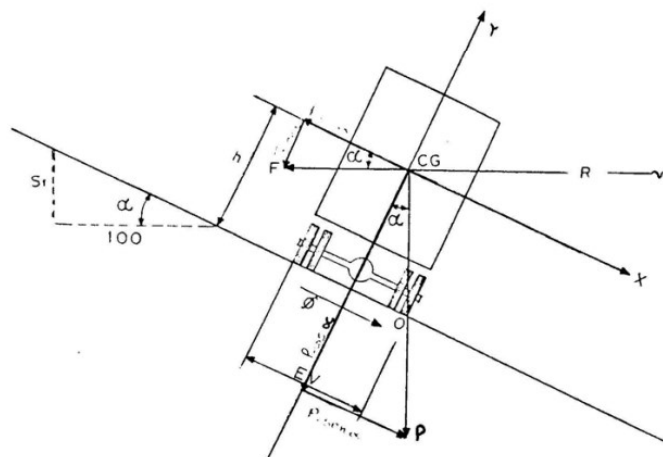


Fuente: (MTO, 2003)

2.15 Peralte

Durante la trayectoria circular, la fuerza centrífuga empuja el vehículo hacia afuera, siendo contrarrestada por las componentes del peso gracias al peralte y por la fuerza de fricción entre llantas y la calzada. (MTO, 2003)

Figura 20. Estabilidad del vehículo en las curvas



Fuente: (MTO, 2003)

La fuerza centrífuga F se calcula con la siguiente fórmula:

$$F = \frac{mV^2}{R} = \frac{P * V^2}{gR}$$

Donde:

P = Peso del vehículo, Kg.

Y = Velocidad de diseño, m/seg

g = Aceleración de la gravedad = 9.78 m/s^2

R = Radio de la curva circular, m.

2.15.1 Sobreancho

En curvas con radios pequeños y medianos, se requiere un sobreancho en la carretera para garantizar espacios adecuados entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, así como entre los vehículos y los bordes de las calzadas. La magnitud del sobreancho dependerá del tipo de vehículo, el radio de la curva y la velocidad de diseño, y se calculará mediante la siguiente fórmula.(Cruzado, 2017)

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

Donde:

S = Valor de sobreanchos, metros.

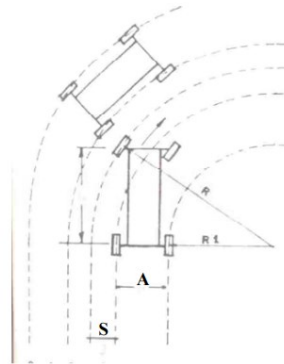
n = Número de carriles de la calzada

R = Radio de la curva circular, metros.

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

V = Velocidad de diseño, Km/hora

Figura 21. Sobreancho de un carril en una curva



Fuente: (MTOP, 2003)

2.16 Distancias de visibilidad

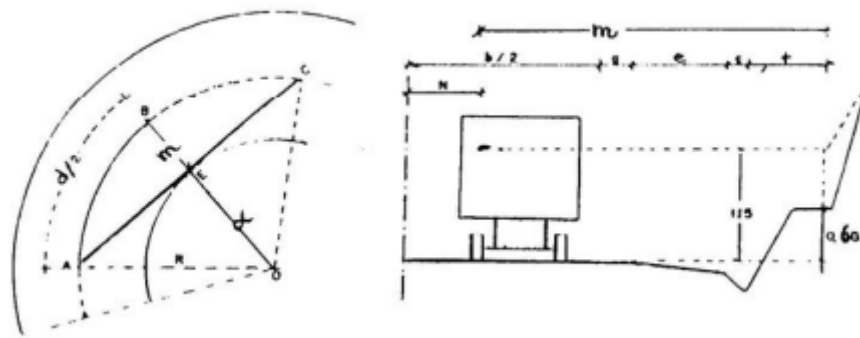
La capacidad de visibilidad es importante en la seguridad y eficacia en la operación de vehículos dentro de una carretera. La longitud de la vía que un conductor puede percibir de manera continua frente a él se lo conoce como distancia de visibilidad, además, es aquella que tiene dos perspectivas principales. (MTOP, 2003)

1. La distancia necesaria para detener un vehículo ya sea debido a restricciones en la línea horizontal de visibilidad o en la línea vertical.
2. La distancia requerida para llevar a cabo un adelantamiento de un vehículo

2.17 Distancia de visibilidad en las curvas horizontales

La presencia de obstáculos laterales, como murallas, taludes en corte, edificios, entre otros, a lo largo del borde interno de las curvas, hace imprescindible garantizar una distancia de visibilidad adecuada. (MTOP, 2003)

Figura 22. Distancia de visibilidad en curvas horizontales



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

2.18 Distancia de visibilidad lateral

En vías urbanas y en intersecciones a nivel con otras carreteras y vías férreas, la preservación de la seguridad en el tráfico vehicular demanda mantener una distancia de visibilidad lateral suficiente en la zona cercana a la vía. Es imperativo que el conductor tenga la capacidad de anticipar la presencia de una persona que cruza corriendo desde la acera hacia la calzada o, en intersecciones, visualizar el vehículo o tren que se aproxima con anticipación. La fórmula para calcular la distancia mínima necesaria para la visibilidad lateral es la siguiente: (MTO, 2003)

$$d_L = \frac{V_T}{V_V} d$$

Donde:

d_L = Distancia de visibilidad lateral, m.

d = Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, m.

V_T = Velocidad del transeúnte o del medio de transporte que circula por la vía que se intercepta.

V_V = Velocidad de diseño del vehículo, Km/h.

2.19 Distancia de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo

La distancia de visibilidad para el rebasamiento se calcula en función de la longitud de carretera necesaria para realizar la maniobra con seguridad. Existen situaciones de múltiples rebasamientos simultáneos, generalmente se considera el escenario de un vehículo rebasando a otro. Los valores de diseño para el rebasamiento suelen ser adecuados para permitir ocasionalmente rebasamientos múltiples.(MTO, 2003)

Tabla 4. Distancia mínima de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo.

$V_D, km/h$	VELOCIDAD 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: (MTO, 2003)

2.20 Alineamiento vertical

El perfil vertical tiene la misma importancia que el alineamiento horizontal, ya que, ambos elementos deben tener una estrecha relación con la velocidad de diseño, las curvas horizontales y las distancias de visibilidad. Es fundamental destacar que no se debe comprometer el perfil vertical en busca de alineamientos horizontales óptimos en ningún caso.(MTOP, 2003)

2.21 Gradientes

En términos generales, la elección de las gradientes está directamente vinculada a la topografía del terreno y se prefiere que tengan valores bajos siempre que sea posible. Esto tiene como objetivo permitir velocidades de circulación razonables y optimizar la operación de los vehículos.(MTOP, 2003)

2.22 Curvas verticales

La elección preferida para la curva vertical en el diseño del perfil de una carretera es la parábola simple, que se aproxima a una curva circular. Esto se debe a que, dado que las mediciones de longitudes en una carretera se realizan en un plano horizontal y las gradientes son generalmente suaves, adoptar la parábola simple con su eje vertical centrado en el Punto de Inflexión Vertical (PIV) prácticamente no introduce errores significativos.(MTOP, 2003)

2.23 Precipitaciones

Las precipitaciones son la caída de agua, ya sea líquida o sólida, desde la atmósfera hacia la Tierra, manifestándose como lluvia, nieve, aguanieve, granizo o llovizna. Cruciales para el ciclo del agua, desempeñan un papel fundamental en la

regulación climática y el suministro de agua para ecosistemas, agricultura y necesidades humanas. (Bianchi et al., 2005)

Se mide en milímetros o pulgadas, y la cantidad varía según la ubicación y la estación del año. El estudio de las precipitaciones es vital para comprender patrones climáticos, gestionar el agua y predecir eventos meteorológicos. (Bianchi et al., 2005)

2.23.1 Precipitaciones puntuales y espaciales

Se inicia el análisis utilizando datos históricos de precipitaciones, los cuales son representativos de la cuenca hidrográfica y son recopilados a través de pluviógrafos o pluviómetros. El objetivo es obtener información sobre las precipitaciones espaciales específicas para el sitio del proyecto. Es esencial que estos datos sean confiables y abarquen el mismo período de registro para garantizar la precisión y consistencia en el análisis. (Fatorelli & Fernandez, 2011)

2.23.2 Precipitaciones diarias y horarias

En problemas de drenaje, es innegable que, en su mayoría, las precipitaciones que desempeñan un papel crucial en las crecidas significativas en cuencas hidrográficas son las horas. Únicamente en el caso de cuencas extremadamente extensas podría considerarse la influencia de precipitaciones diarias. (Fatorelli & Fernandez, 2011)

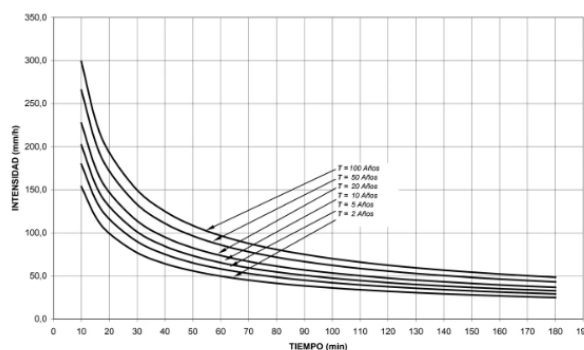
2.23.3 Interpretación de registro de lluvia

Para realizar una interpretación precisa de los registros de lluvia, es fundamental tener en cuenta factores como la extensión de la lluvia, sus intensidades y duraciones. En este contexto, herramientas como los mapas de lluvia o las curvas de intensidades, duraciones y frecuencias (IDF) resultan valiosas. (Fatorelli & Fernandez, 2011)

2.23.4 Curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF.

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) son representaciones gráficas que muestran las lluvias (calculadas como intensidad de precipitación) en relación con su duración y el periodo de retorno. Esto se ilustra claramente en la Figura adjunta. (INVIAS, 2009)

Figura 23. Curvas típicas intensidad-duración-frecuencia, IDF



Fuente: (INVIAS, 2009)

2.23.5 Cálculo de curvas IDF por método simplificado

La metodología simplificada para calcular las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia se aplica cuando no se cuenta con datos históricos de precipitación de corta duración, específicamente datos pluviográficos. En este estudio, se dedujeron estas curvas mediante la presión con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación. (INVIAS, 2009)

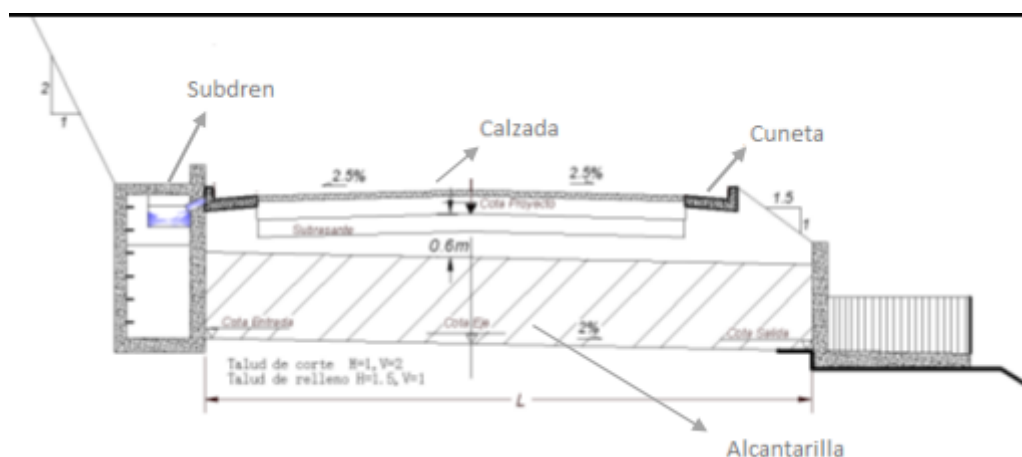
2.24 Drenaje Vial

2.24.1 Clasificación del Drenaje Vial

Las obras de drenaje vial son componentes estructurales diseñados para evacuar el agua acumulada debida a precipitaciones y escorrentía. Estas estructuras se categorizan como de control o protección y desempeñan un papel directo en la gestión hídrica de las

carreteras. Se subdividen en obras de drenaje de arte menor, que abarcan el drenaje longitudinal (cunetas, cunetas de coronación, subdrenaje), y el drenaje transversal (alcantarillas); y obras de drenaje de arte mayor, que incluyen puentes en general. (B. Rodríguez & Calle, 2013)

Figura 24. Sistema de Drenaje Vial.



Fuente: (B. Rodríguez & Calle, 2013)

2.24.2 Drenaje Superficial

Los desafíos asociados con el drenaje, especialmente en el contexto de problemas de drenaje de carreteras, surgen debido a que las cuencas hidrológicas acumulan humedad de manera progresiva durante la lluvia pronosticada. Esto implica que la interceptación y la retención superficial ya están saturadas. Históricamente, el único factor capaz de mitigar las precipitaciones era el proceso de infiltración del agua de lluvia. (Orozco, 2014)

2.24.3 Drenaje Subterráneo

Estos sistemas permiten prevenir que tanto el subsuelo como el lecho vial alcancen niveles de humedad que resultarían en la pérdida de sus capacidades de carga y contribuirían al deterioro de las superficies de las carreteras debido a las cargas generadas por los vehículos. El agua se infiltra en las capas asfálticas a través de grietas e

imperfecciones presentes en las estructuras superficiales de carreteras, diques o zanjas, así como en el subsuelo, a consecuencia del aumento del nivel freático, la acción capilar y la infiltración causada por el flujo de agua subterránea procedente de áreas circundantes. (Ponce, 2018)

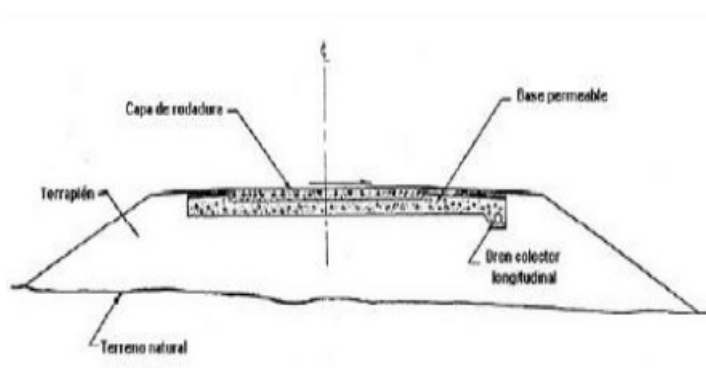
2.25 Tipos y usos del subdrenaje en carreteras

La identificación más convencional de los componentes del sistema de subdrenaje se realiza considerando tanto su ubicación como su geometría. Las categorizaciones comunes en esta línea abarcan: drenajes longitudinales, drenajes transversales, drenajes horizontales, capas permeables, sistemas de pozos, entre otras opciones más sofisticadas. (Hernández & Pérez, 2014)

2.25.1 Drenes longitudinales

Un drenaje longitudinal se dispone en una orientación esencialmente paralela al eje de la carretera, tanto en términos horizontales como verticales. Este sistema comprende una zanja de cierta profundidad, un filtro protector de algún tipo y, eventualmente, un tubo colector. El nivel de sofisticación aplicado en el diseño de estos drenajes dependerá de factores como la fuente de agua a drenar, la importancia de la vía y la función prevista. Cuando se instalan específicamente para contribuir a la evacuación del agua que se infiltra en el pavimento, se denominan drenes laterales de base o drenes colectores longitudinales. En el caso de utilizar para controlar la infiltración en taludes o reducir el nivel freático, se conocen como drenes interceptores longitudinales o simplemente como drenes longitudinales. (A. Rodríguez, 2016)

Figura 25. Esquema de dren colector longitudinal.



Fuente: (A. Rodríguez, 2016)

2.26 Cunetas

Las cunetas, ya sean revestidas o sin revestir, son canales o zanjas longitudinales construidas a ambos lados o en un solo lado de la vía. Su propósito es recibir y dirigir el agua pluvial que fluye por la calzada, así como el agua proveniente de los taludes de cortes y ocasionalmente la que escurre de áreas adyacentes más pequeñas. Cuando las cunetas se extienden más allá del corte del terraplén, continúan a lo largo del pie del terraplén, dejando una berma convencional entre dicho pie y el borde de la cuneta para prevenir que el terraplén se empape, lo cual podría causar asentamientos. (B. Rodríguez & Calle, 2013)

Estas estructuras tienen como objetivo principal canalizar el agua hacia un drenaje natural o una obra transversal, alejándola rápidamente de la zona de ocupación de la carretera y, en algunos casos, actuando como defensa contra pequeños deslizamientos. Además de esta función primaria, las cunetas cumplen otras funciones esenciales para el correcto funcionamiento de la infraestructura vial, como la evacuación de aguas infiltradas tanto en el terreno firme como en el terreno circundante. (B. Rodríguez & Calle, 2013)

Figura 26. Representación de cunetas en la vía.



Fuente: (B. Rodríguez & Calle, 2013)

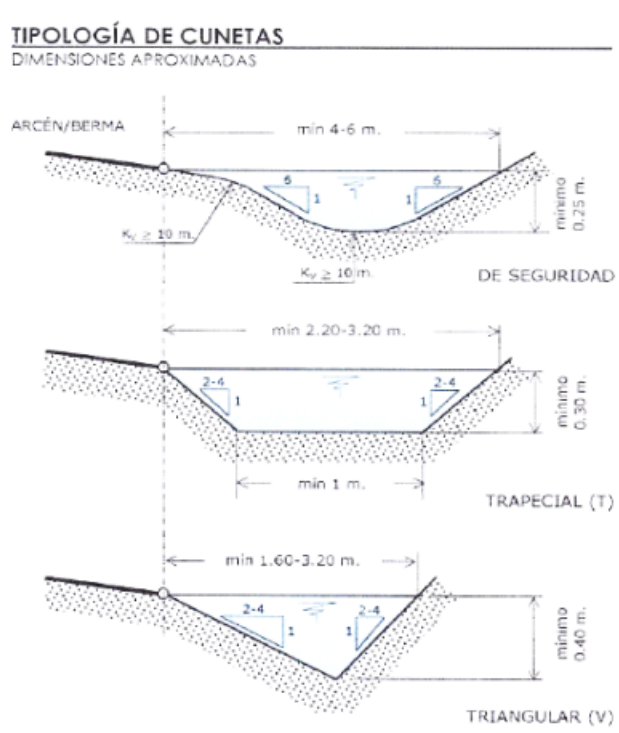
2.26.1 Tipos de cunetas

En la construcción de cunetas, se utilizan varias secciones, y aunque es cierto que algunas son hidráulicamente más eficientes que otras, este no es el único factor que influye en la geometría de una cuneta. Otros elementos también deben ser considerados:

- Sección hidráulica apropiada: Para la evacuación del caudal máximo previsto en el área de estudio
- Asegurar la seguridad: Evitar secciones con pendientes abruptas y puntos angulosos, ya que podrían provocar el vuelco de vehículos y su caída en las cunetas por diversas razones.
- Durabilidad: La infraestructura debe construirse con materiales adecuados y con atención en la ejecución para asegurar su funcionamiento con costos mínimos de mantenimiento y reparación
- Simplicidad geométrica: Buscar una ejecución rápida, económica y eficaz a través de una geometría simple.

Las cunetas pueden adoptar formas triangulares, trapezoidales y rectangulares; Sin embargo, se sugiere utilizar aquellas de sección triangular en carreteras debido a sus beneficios en términos de seguridad y facilidad de mantenimiento.(B. Rodríguez & Calle, 2013)

Figura 27. Tipología general de cunetas



Fuente: (B. Rodríguez & Calle, 2013)

2.27 Parámetros y normas de diseño

Las cunetas pueden construirse con diversos materiales según la velocidad del flujo de agua, la cual está directamente vinculada a la inclinación longitudinal de la cuneta, normalmente alineada con la de la vía. En caso de ser necesario, se podría considerar el revestimiento con un material hidráulicamente más competente, especialmente en situaciones donde se presentan factores como:(B. Rodríguez & Calle, 2013)

- En áreas con pronunciada pendiente: donde la velocidad del agua que fluye por gravedad es elevada.
- Cuando la velocidad del agua es muy baja: esto puede dar lugar a la sedimentación de materiales, siendo más común en pendientes inferiores al 1%.
- En lugares donde la conservación sea desafiante: habitualmente observado en entornos urbanos.(B. Rodríguez & Calle, 2013)

La determinación del área hidráulica de la cuneta se realiza considerando el caudal máximo de diseño, la sección transversal, la longitud, la pendiente y la velocidad del flujo. La duración del periodo de diseño de las cunetas varía según el tipo de proyecto vial; no obstante, se aconseja realizar los cálculos para un periodo de retorno de 25 años. El dispensador de diseño se considera con una duración de 20 a 30 minutos.(B. Rodríguez & Calle, 2013)

2.28 Alcantarillas

Una alcantarilla es un conducto breve que posibilita el paso del agua de un lado a otro de la vía. Puede adoptar diversas secciones geométricas, siendo las circulares y las de cajón las más comunes. (MTOPI, 2003)

El diseño de la alcantarilla se centra en identificar el diámetro más económico que garantiza la conducción del caudal de diseño sin superar la carga máxima en la entrada (H_w). Este proceso también considera criterios relacionados con la prevención del arrastre de sedimentos y la facilidad de mantenimiento.(MTOPI, 2003)

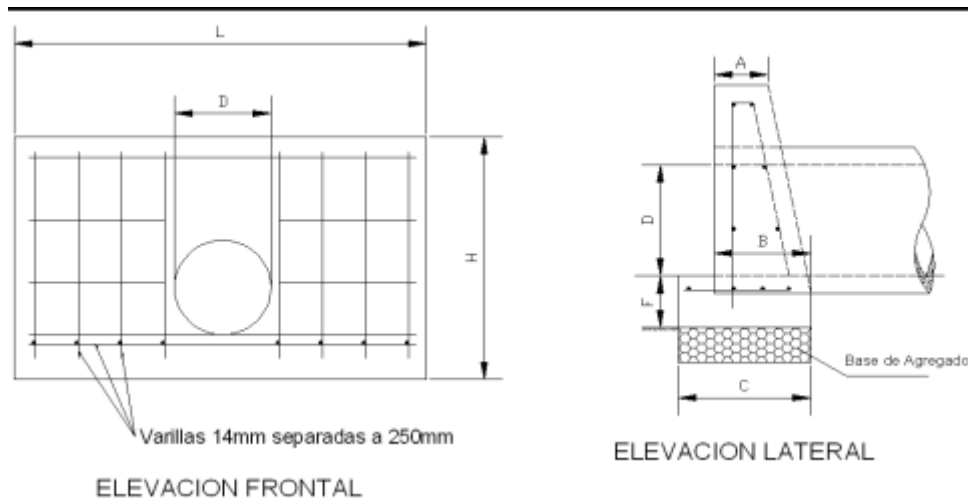
2.28.1 Elementos de las alcantarillas

2.28.1.1 Estructura de entrada

B	0.75	0.85	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4
C	1	1.1	1.15	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
D	1.15	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2	2.2
F	0.25	0.28	0.28	0.3	0.32	0.33	0.35	0.38
H	1.8	2	2.1	2.2	2.4	2.6	2.8	3
L	5	5.6	6	6.3	7.1	8	8.6	9.4

Fuente: (MTO, 2003)

Figura 28. Esquema de cabezal



Fuente: (MTO, 2003)

2.28.1.4 Alas

Orientadas para guiar el flujo hacia la alcantarilla, mejorando su rendimiento hidráulico. Un ángulo de 45° es óptimo, pero se ajusta según condiciones específicas. (MTO, 2003)

2.28.1.5 Tubería

Puede ser de concreto o láminas metálicas. Su propósito es dirigir el flujo a través de la vía, evitando infiltraciones que puedan afectar las capas del pavimento. Los materiales que se utilizan incluyen hormigón armado, lámina de acero corrugado plástico, arcilla vítrea, lámina de aluminio corrugado y lámina de acero inoxidable. Aunque las

metálicas son fáciles de instalar, en zonas corrosivas se prefieren las de hormigón.(MTOPI, 2003)

2.28.1.6 Estructura de salida

Transiciones entre la alcantarilla y el cuerpo receptor. Su diseño se centra en no alterar drásticamente los patrones de flujo y prevenir problemas de socavación.(MTOPI, 2003)

2.28.1.7 Descole o vertedero

Estructura diseñada para reducir la velocidad y disipar la energía de los flujos de agua en la salida de obras de drenaje, asegurando su entrega hacia canales naturales u otros no erosionables.(MTOPI, 2003)

2.28.2 Tipos de alcantarillas

Según la configuración de la sección transversal del conducto, las alcantarillas pueden presentar formas circulares, rectangulares, de arco, bóvedas o consistir en ductos múltiples. La cantidad de alcantarillas en un proyecto vial impacta directamente en los costos de construcción y mantenimiento. Por esta razón, es fundamental ponderar factores como la selección estratégica de su ubicación, alineación y pendiente para asegurar un flujo de agua sin obstrucciones.(MTOPI, 2003)

2.28.3 Consideraciones de diseño

2.28.3.1 Localización

Se recomienda generalmente instalar o construir alcantarillas siguiendo la alineación, pendiente y cotas de nivel del cauce de la corriente, con el objetivo de permitir un flujo ininterrumpido del agua y reducir los riesgos de erosión.(MTOPI, 2003)

2.28.3.2 Alineación

Es necesario colocar la alcantarilla de manera perpendicular a la carretera. La alineación diagonal implica una longitud mayor de la alcantarilla, justificada por la mejora en las condiciones hidráulicas y la seguridad vial. En la planificación e instalación de alcantarillas, se subraya la importancia de priorizar consideraciones técnicas sobre aspectos económicos, asegurando así la atención adecuada a características hidráulicas clave.(MTOPI, 2003)

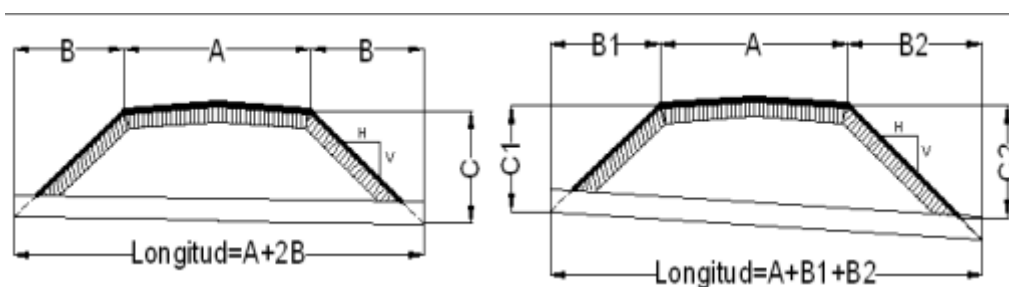
2.28.3.3 Pendiente

La pendiente óptima para una alcantarilla es aquella que evita la sedimentación, velocidades excesivas y erosión, al mismo tiempo que permite la menor longitud posible de la estructura. En casos de pendientes bajas, la rugosidad interna de la alcantarilla se convierte en un factor crucial. Para prevenir la sedimentación, se aconseja una pendiente mínima del 0.5% y una máxima del 3%.(MTOPI, 2003)

2.28.3.4 Longitud de la alcantarilla

La longitud requerida de una alcantarilla se determina según el ancho de la corona de la carretera, la altura del terraplén, la pendiente del talud, la alineación y pendiente de la alcantarilla, y el tipo de protección en la entrada y salida de la estructura. Es esencial que la alcantarilla tenga una longitud adecuada para evitar la obstrucción de sus extremos (entrada y salida) por sedimentos y para evitar que queden cubiertos por el talud del terraplén.(MTOPI, 2003)

Figura 29. Longitud de alcantarillas



Fuente: (MTO, 2003)

2.28.3.5 Velocidad de la corriente

Las alcantarillas, por sus características, tienden a aumentar la velocidad del agua en comparación con la corriente natural. Aunque lo ideal sería que la velocidad aguas abajo fuera la misma que antes de construir la alcantarilla. Las altas velocidades en la salida son riesgosas, y la erosión potencial en ese punto debe considerarse. Para evaluar la necesidad de protección contra la erosión, se compara la velocidad en la entrada y/o salida con la máxima velocidad permisible del material del cauce aguas arriba y/o aguas abajo de la estructura. Si la velocidad de salida es muy alta o el material del cauce es susceptible a la erosión, pueden ser necesarios dispositivos para disipar la energía del escurrimiento de salida. (B. Rodríguez & Calle, 2013)

2.28.3.6 Carga admisible a la entrada

Para prevenir el desbordamiento del agua sobre la corona de la carretera en la entrada de la alcantarilla, se determinará la altura máxima del remanso. Este valor se establecerá como el menor entre dos criterios: a) garantizar un borde libre mínimo de 1,00 m desde el nivel de la rasante y b) no exceder 1,2 veces la altura del ducto. (B. Rodríguez & Calle, 2013)

2.28.3.7 Selección de tipo

En la selección del tipo de alcantarilla intervienen factores como:

- Funcionalidad hidráulica y estructural
- Altura del terraplén
- Forma de la sección del cruce
- Características del subsuelo
- Aspecto económico
- Materiales disponibles en la zona

2.29 Cbr

Implica la aplicación de compactación dinámica a tres muestras del material en investigación, utilizando diversas fuerzas de compactación y una cantidad de humedad equivalente a la presente en la fuente, con una profundidad de 1.5 metros. Posteriormente, cada muestra se somete a un proceso de saturación para observar cambios volumétricos. Una vez saturadas, se introduce un pistón de penetración de acero en cada muestra con el objetivo de medir las cargas requeridas para alcanzar magnitudes de penetración específicas.(Geotechnical Consultin, 2018)

Tabla 6 Clasificación del SUELO CBR

% CBR	Clasificación	Uso
2-5	Muy mala	Subrasante
5-8	Mala	Subrasante
8-20	Regular – Buena	Subrasante
20-30	Buena	Subrasante
30-60	Buena	Sub-Base
60-80	Muy Buena	Sub-Base Base
80-100	Excelente	Base

Fuente: (Geotechnical Consultin, 2018)

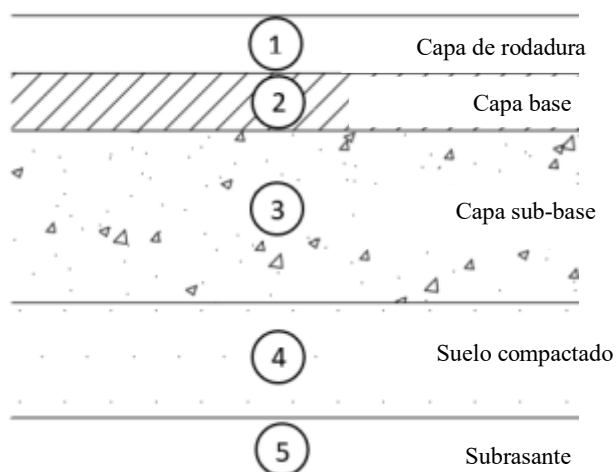
2.30 Pavimentos

Un pavimento consiste en un conjunto de capas compuestas por diversos materiales, diseñados para absorber directamente la carga del tránsito y transmitirla a las capas inferiores. La calidad de los materiales es fundamental, debiendo poseer la capacidad de resistir las cargas. La función primordial del pavimento es ofrecer una superficie de rodamiento que garantice la seguridad y comodidad del tránsito vehicular en diversas condiciones climáticas y a velocidades deseadas.(Manzano, 2021)

2.30.1 Componentes

La composición de un pavimento se compone de una superestructura que descansa sobre una fundación. La superestructura engloba la capa de revestimiento y la capa base, mientras que la fundación se conforma con la capa sub-base y el suelo compactado.(Manzano, 2021)

Figura 30. Estructura típica de un pavimento



Fuente: (Manzano, 2021)

La capa de rodadura impermeabiliza el pavimento, preservando la capacidad de soporte de las capas inferiores, proporciona una superficie antideslizante en condiciones

húmedas y disminuye las tensiones verticales para controlar deformaciones. La capa base reduce tensiones verticales, drena agua mediante drenajes longitudinales, y la capa sub-base, con mayor capacidad de soporte, reduce el espesor de la capa base. La capa de suelo compactado, dependiendo de su naturaleza, se compacta a cierta profundidad.(Manzano, 2021)

2.30.2 Tipos de pavimentos

2.30.2.1 Pavimentos Flexibles.

Pertenecen a aquellos pavimentos que se ajustan a las deformaciones de la estructura del pavimento; dentro de las opciones más frecuentes se encuentran la capa asfáltica, el tratamiento bituminoso doble y la estabilización mediante productos bituminosos.(Orozco, 2014)

2.30.2.2 Pavimentos Rígidos

Un pavimento de tipo rígido se compone de una losa fabricada con concreto de cemento Portland, la cual descansa sobre una capa de sub-base (pudiendo omitirse esta última capa en caso de que el material de la sub-rasante sea granular). La losa exhibe características de viga que le permiten extenderse a lo largo de las irregularidades presentes en el material subyacente. Cuando se diseñan o construyen adecuadamente, los pavimentos rígidos ofrecen muchos años de servicio con un mantenimiento relativamente mínimo.(Alexander et al., n.d.)

CAPÍTULO 3

3 METODOLOGÍA

3.1 Fases de estudio.

3.1.1 Factibilidad.

El trazado del plano vial debe ser definido de manera explícita en la ruta elegida. La ubicación de este trazado debe cumplir con las características geométricas requeridas para los perfiles y las secciones transversales, así como con todas las obras de construcción y elementos adicionales necesarios.

3.1.2 Prefactibilidad.

Elaborar una propuesta inicial de diseño para la carretera en cada tramo y llevar a cabo una evaluación económica preliminar utilizando los costos derivados de proyectos con características comparables.

3.1.3 Diseño Definitivo.

Se efectúan planes detallados, abarcando tanto aspectos geométricos como la planificación de todas las estructuras requeridas y obras adicionales. Esto facilita que el promotor pueda concretar la construcción de la vía.

3.2 Materiales y equipos usados.

Durante la ejecución del proyecto técnico, utilizamos determinados materiales y equipos para realizar el trabajo de campo, así como, el de oficina para alcanzar con el objetivo planteado, a continuación, describimos los equipos:

3.2.1 Medición en tiempo real cinemático (RTK)

El RTK al igual que los otros métodos de observación G.P.S. diferencial se basa en la asunción de que los errores que afectan al receptor fijo y al móvil son los mismos. Esta suposición sólo se puede considerar como válida cuando la distancia entre ambos equipos es lo suficientemente corta. En este caso los receptores estarán recibiendo los mismos satélites, con la misma geometría.(Seco et al., n.d.)

3.2.2 Flexómetro

Utilizamos un flexómetro de 5m con eso se tomó las medidas de las diferentes dimensiones que ayudaran con la ejecución.

3.2.3 Computadora.

Utilizamos para poder extraer los datos que se iban obteniendo al realizar el levantamiento topográfico, así como para realizar los respectivos cálculos empleando el uso de diferentes softwares.

3.2.4 Radios

Fue de gran ayuda, debido a que, el lugar donde se realizó la topografía era difícil la comunicación porque existían muchas curvas y sobre todo montañas, por lo que, se optó por el uso de radios de comunicación.

3.3 Recopilación de datos.

3.3.1 Levantamiento de la información.

En los proyectos de construcción civil, es esencial incorporar una de sus disciplinas fundamentales para realizar diversos estudios de ingeniería. En este contexto, la Topografía desempeña un papel crucial, ya que a través de la aplicación de esta ciencia se logra obtener una descripción detallada del terreno mediante el análisis planimétrico y

altimétrico. Este proceso proporciona información esencial para el diseño de la obra que se va a construir. Además, se generan proyecciones de rasante para establecer niveles deseados e iniciar la construcción civil. Los levantamientos topográficos se llevan a cabo con el propósito de identificar las variaciones en la superficie que constituyen el relieve, mostrando las dimensiones específicas del terreno en el área definida para el proyecto topográfico.

3.4 Ubicación del proyecto.

La vía está ubicada en el cantón Girón, parroquia Curiquingue, el tramo de la vía a diseñar se encuentra a 23 km del centro de Girón, por tanto, corresponde desde la abscisa 19+260 hasta la abscisa 21+400 y su rodadura es lastre.

Figura 31 Ubicación del proyecto



Fuente: (Google Earth, 2023)

3.5 Coordenadas del proyecto.

Tabla 7 Coordenadas del proyecto

Punto	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)

Inicio	709310	9643552
Final	710590	9642469

Fuente: (Google Earth,2023)

CAPÍTULO 4

4 CÁLCULOS

4.1 Conteo Vehicular para el cálculo del TPDA.

Para realizar el conteo vehicular, se ubicó una estación en la entrada de la vía, se clasifico para los vehículos tomando en cuenta las respectivas normas como la MTOP y la AASHTO

$$TPDA = T_o * F_h * F_d * F_s * F_m$$

Donde:

TPDA= Tránsito Promedio Diario Anual

T_o = Tráfico observado en un periodo de horas de un día en particular.

F_h = Factor horario.

F_d = Factor diario.

F_s = Factor Semanal.

F_m = Factor mensual

4.1.1 Cálculo de Factores.

Factor en relación con el conteo de un día entero.

Teniendo un total de 388 vehículos en horas contadas en un mismo día.

$$Fh = \frac{\text{conteo vehicular en 24}}{\text{conteo vehicular \# de horas}}$$

$$Fh = \frac{388}{388} = 1$$

4.1.1.1 Factor diario.

Factor que calculo el número de días de la semana sobre el número de días que se contó

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

$$Fd = 1$$

4.1.1.2 Factor semanal.

Calculo en función del número de semanas por mes, y mes de conteo, en este caso tenemos en el mes de diciembre.

$$Fm = \frac{31}{7} = 4.428571429$$

$$Fm = \frac{4.428571429}{4}$$

$$Fm = 1.10714286$$

4.1.1.3 Factor mensual.

Se calcula en base al consumo del combustible, según la provincia en este caso tenemos la provincia del Azuay.

Tabla 8 Proyección de consumo de combustible año 2022

CONSUMO DE COMBUSTIBLES PROVINCIA DEL AZUAY 2022						
Fuente:	Elaboracion autor (proyeccion)					
	Extra	Super	Diesel Premium		suma	factor mensual
Enero	5,041,034	426,907	3,821,603		9,289,543	1.05959165
Febrero	4,880,836	433,298	3,541,383		8,855,516	1.11152441
Marzo	5,355,979	453,869	3,841,103		9,650,951	1.01991221
Abril	5,032,952	413,959	3,736,007		9,182,917	1.07189493
Mayo	5,078,272	399,376	4,163,812		9,641,460	1.0209162
Junio	5,196,709	387,913	4,223,877		9,808,499	1.00352997
Julio	5,547,513	419,991	4,503,173		10,470,677	0.94006554
Agosto	5,452,805	428,022	4,448,420		10,329,247	0.9529371
Septiembre	5,349,559	389,638	4,417,146		10,156,342	0.96916018
Octubre	5,258,978	392,703	4,126,129		9,777,810	1.00667969
Noviembre	5,417,543	396,626	4,330,418		10,144,587	0.97028324
Diciembre	5,907,968	444,561	4,457,393		10,809,921	0.91056375
	63,520,145	4,986,862	49,610,461		118,117,467	
					9,843,122	

Fuente: Petrocomercial

Por tanto, tenemos un factor mensual:

$$F_m = 0.91056375$$

4.1.2 Cálculo del factor del TPDA

$$TPDA_{2023} = 308 * 1 * 1.10714286 * 0.91056375$$

$$TPDA_{2023} = 1.0081242$$

4.1.3 Corrección de tráfico en las estaciones.

Tabla 9 Corrección de tráfico en las estaciones

CORRECCION DE TRAFICO OBSERVADO EN LA INTERSECCION					
	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	182	0	180	0	302
B	0	0	0	0	0
2E	8	0	3	0	11
3E	0	0	0	0	0
4E-6E	5	0	12	0	17
TOTAL	196	0	196	0	330

Fuente: Elaboración del autor.

4.2 Proyecciones de tráfico.

Para evaluar la proporción de vehículos livianos, emplearemos un modelo logístico que se fundamenta en la relación de vehículos motorizados (T_m), indicando cuántos automóviles hay por cada mil habitantes de la parroquia en un año específico (k). Buscaremos las series históricas de T_m en relación con las tasas de saturación (T_s). T_m es un factor constante, lo que implica que, al aumentar la población, también aumenta el número de vehículos livianos, manteniendo constante la motorización. Los valores de T_s determinados serán aquellos que optimicen los coeficientes, ajustándose mejor a la mencionada ecuación. (MTOP, 2003)

$$T_m = \frac{\text{Vehiculos} * 1000}{\text{población}}$$

$$T_s = \text{Tasa de saturación}$$

$$T_m \text{ ajustado} = \frac{T_s}{1 + e^{a+b*t}}$$

$$\text{Proyección de vehículos livianos} = P = \frac{\text{Pob} * T_m}{1000}$$

La ecuación contiene tres variables, podemos darle forma de una recta mediante regresiones adecuadas, por tanto, tenemos $b=-0.392$, $a=6.400$, $r^2= 0.97407994$, $r=0.9870$.

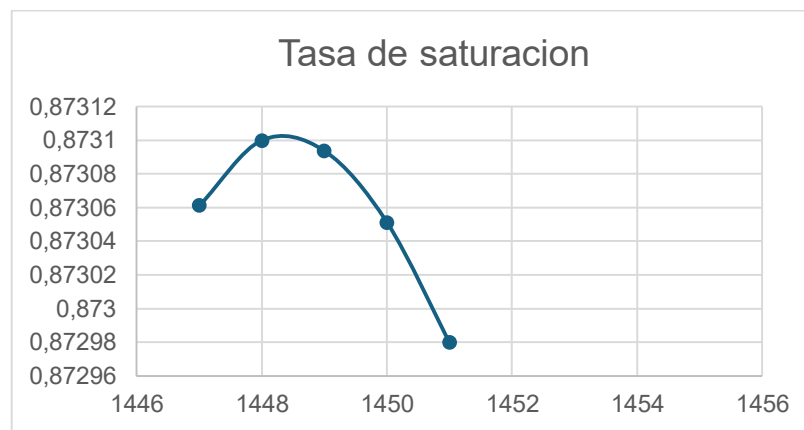
Teniendo así una saturación de 1450

Tabla 10 Tabla de saturación

1447	0.873061334
1448	0.873100049
1449	0.873093706
1450	0.873051416
1451	0.872979983

Fuente: Autor

Ilustración 1 Gráfica de Saturación



Fuente: Autor

4.3 Tasa de crecimiento Vehicular.

Tabla 11 Tasa de crecimiento vehicular

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR				
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TIEMPO
2016-2023	1.81%	0.93%	0.93%	7
2023-2028	1.81%	0.93%	0.93%	5
2028-2033	1.60%	0.98%	0.98%	5
2033-2038	1.83%	1.40%	1.40%	5
2038-2043	1.87%	1.58%	1.58%	5
2043-2048	1.79%	1.59%	1.59%	5
2048-2053	1.80%	1.67%	1.67%	5

Fuentes: Autor

Tasa de crecimiento vehicular.

Periodo de diseño de 30 años.

Tabla 12 Tasa de crecimiento para un periodo de 30 años

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2023-2024	12.16%	-0.29%	-0.29%
2024-2025	8.90%	-0.29%	-0.29%
2025-2026	6.33%	-0.29%	-0.29%
2026-2027	4.39%	-0.29%	-0.29%
2027-2028	2.98%	-0.30%	-0.30%
2028-2029	1.97%	-0.30%	-0.30%
2029-2030	1.26%	-0.30%	-0.30%
2030-2031	0.76%	-0.30%	-0.30%
2031-2032	0.42%	-0.30%	-0.30%
2032-2033	0.19%	-0.30%	-0.30%
2033-2034	0.03%	-0.30%	-0.30%
2034-2035	-0.08%	-0.30%	-0.30%
2035-2036	-0.15%	-0.30%	-0.30%
2036-2037	-0.20%	-0.30%	-0.30%
2037-2038	-0.23%	-0.30%	-0.30%
2038-2039	-0.26%	-0.30%	-0.30%
2039-2040	-0.27%	-0.31%	-0.31%
2040-2041	-0.29%	-0.31%	-0.31%

2041-2042	-0.29%	-0.31%	-0.31%
2042-2043	-0.30%	-0.31%	-0.31%
2043-2044	-0.30%	-0.31%	-0.31%
2044-2045	-0.31%	-0.31%	-0.31%
2045-2046	-0.31%	-0.31%	-0.31%
2046-2047	-0.31%	-0.31%	-0.31%
2047-2048	-0.31%	-0.31%	-0.31%
2048-2049	-0.31%	-0.31%	-0.31%
2049-2050	-0.31%	-0.32%	-0.32%
2050-2051	-0.32%	-0.32%	-0.32%
2051-2052	-0.32%	-0.32%	-0.32%
2052-2053	-0.32%	-0.32%	-0.32%

Fuente: Autor

4.4 Cálculo del ESALS

Para calcular el tránsito, el método calcula el equivalente a 18 000 libras (8,2 toneladas) de ejes individuales.

A continuación, se detalla la cantidad de ejes equivalentes de cargas calculadas.

Tabla 13 Factor Equivalente por tipo de carga

FACTORES DE EQUIVALENTE DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO									FACTOR FEC
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		
	tons	(P/6.6) ⁴	tons	(P/8.2) ⁴	tons	(P/15) ⁴	tons	(P/23) ⁴	
BUS	4	0.13	9	1.45					1.59
2DA	3	0.04	7	0.53					0.57
2DB	7	1.27	11	3.24					4.50
3A	7	1.27			20	3.16			4.43
4C	7	1.27				0.00	24	1.19	2.45
2S2	7	1.27	11	3.24	20	3.16			7.66
2R3	7	1.27	11	3.24	20	3.16			10.90
			11	3.24					
3S2	7	1.27			20	3.16			7.59
					20	3.16			
3R3	7	1.27	11	3.24	20	3.16			10.82
					20	3.16			
3S3	7	1.27			20	3.16	24	1.19	5.61

Fuente (NEVI 12, Norma para estudios y diseños viales, 2013)

Tenemos que para el factor de distribución de carriles se toma en consideración que estarán en la vía.

Tabla 14 Factor de distribución de carriles

FACTOR DE CARRIL		
Num Carriles	Factor de carril	rango
1	1.00	1
2	0.90	0,8 - 1,00
3	0.70	0,60 - 0,80
4	0.60	0,50 - 0,75

Fuente: Autor

Después de identificar estos factores, se emplea el TPDA obtenido en el año para calcular el W18. En este proceso, se considera un porcentaje de camiones adicionados al TPDA con el propósito de mejorar la seguridad.

Tabla 15 TPDA total

	AÑO 2022	TOTAL	Porcentajes de Vehiculos	
	TPD TOTAL	751		
	AUTOS	725	93.84%	
	BUSES	0	1.57%	
	CAMIONES	26	4.59%	
25%	2DA	2		Distribucion Camiones
75%	2DB	8		
	3 - A	0		
	4 - C	5		
20%	2S2	1		
80%	2R3	4		
20%	3S2	1		
20%	3R3	1		
80%	3S3	4		
				58.77%
				31.93%
				1.86%
				1.70%
				0.49%
				3.64%
				1.05%
				0.57%

Fuente: Autor

A continuación, se construye la tabla de proyecciones ESAL, la que determina la proyección del W18 año por año, donde este es el acumulado de los vehículos presentes en el año.

Tabla 16 Cálculo número de ejes equivalentes a 8.2 toneladas

AÑO	Crecimiento				TRANSITO PROPIO DIARIO				CARRILES										W18 Acumulado	W18 Carril Diseño
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	2DA	2DB	3 - A	4 - C	2S2	2R3	3S2	3R3	3S3		
2024	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	751	725	0	2	24	2	8	0	5	1	4	1	1	4	51670	23,252
2025	12.16%	-0.29%	-0.29%	-0.29%	839	813	0	2	24	2	14	7	0	0	0	0	0	0	86,410	38,884
2026	8.90%	-0.29%	-0.29%	-0.29%	911	885	0	2	24	2	14	7	0	0	0	0	0	0	121,148	54,516
2027	6.33%	-0.29%	-0.29%	-0.29%	967	942	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	154,241	63,408
2028	4.38%	-0.29%	-0.29%	-0.29%	1009	983	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	187,333	84,300
2029	2.98%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1038	1012	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	220,423	99,190
2030	1.97%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1058	1032	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	253,513	114,081
2031	1.26%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1070	1045	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	286,601	128,370
2032	0.76%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1078	1053	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	319,688	143,860
2033	0.42%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1083	1057	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	352,774	158,748
2034	0.19%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1085	1059	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	385,858	173,636
2035	0.03%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1085	1060	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	418,941	188,524
2036	-0.08%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1084	1059	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	452,023	203,411
2037	-0.15%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1082	1057	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	485,104	218,297
2038	-0.20%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1080	1055	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	518,184	233,183
2039	-0.23%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1078	1053	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	551,262	248,068
2040	-0.26%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1075	1050	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	584,340	262,953
2041	-0.27%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1072	1047	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	617,416	277,837
2042	-0.29%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1069	1044	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	650,490	292,721
2043	-0.29%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1066	1041	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	683,564	307,604
2044	-0.30%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1063	1038	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	716,636	322,486
2045	-0.30%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1059	1035	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	749,707	337,368
2046	-0.31%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1056	1032	0	2	22	2	13	7	0	0	0	0	0	0	782,777	352,250
2047	-0.31%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1053	1029	0	2	22	2	13	7	0	0	0	0	0	0	815,846	367,131
2048	-0.31%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1050	1025	0	2	22	2	13	7	0	0	0	0	0	0	848,913	382,011
2049	-0.31%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1046	1022	0	2	22	2	13	7	0	0	0	0	0	0	881,979	396,891
2050	-0.31%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1043	1019	0	2	22	2	13	7	0	0	0	0	0	0	915,044	411,770
2051	-0.31%	-0.32%	-0.32%	-0.32%	1040	1016	0	2	22	2	12	7	0	0	0	0	0	0	948,109	426,649
2052	-0.32%	-0.32%	-0.32%	-0.32%	1036	1013	0	2	22	2	12	7	0	0	0	0	0	0	981,174	441,528
2053	-0.32%	-0.32%	-0.32%	-0.32%	1033	1009	0	2	22	2	12	7	0	0	0	0	0	0	1,014,239	456,407
2054	-0.32%	-0.32%	-0.32%	-0.32%	1030	1006	0	2	22	2	12	6	0	0	0	0	0	0	1,047,304	471,286

Fuente: Autor

Tenemos como proyección del ESALS un W18 para el año 2043 de 1,039,101 acumulado y dividiendo para el carril de diseño tenemos 457,596.

4.5 Diseño de pavimento flexible.

Después de obtener la información del ESALS, que es de 457,596, continuamos con el pavimento flexible utilizando el enfoque AASHTO 93.

4.6 CBR

Tabla 17 Ensayo de laboratorio determinación CBR

Densidad máxima (kg/m3)	CBR (95%)
1800.3	1.3

Fuente: Autor

Tabla 18 Ensayo de laboratorio determinación CBR

Densidad máxima (kg/m ³)	CBR (95%)
1784.6	1.2

Fuente: Autor

Tabla 19 Ensayo de laboratorio determinación CBR

Densidad máxima (kg/m ³)	CBR (95%)
1915	2.10

Fuente: Autor

Luego de realizar las calicatas escogimos el CBR menor, en este caso es de 1.2 %, debido a que tenemos una capa de mejoramiento de 20 cm de espesor, utilizaremos un CBR de 15% para tener estabilidad vial.

4.7 Cálculo del parámetro de confiabilidad.

Tabla 20 Determinación de los niveles de confiabilidad R

NIVLES DE CONFIABILIDAD	
Clasificación Funcional	Nivel Recomendado Por AASHTO
Carretera interestatal o autopista	80-99
Red principal o federal	75-95
Red secundaria o estatal	75-95
Red rural o local	50-80

Fuente: (AASHTO, American Association of State highway and Transportation Officials, 1993)

R= 80%

Donde se obtuvo.

Tabla 21 Determinación de Z_r

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

Fuente: (AASHTO, 1993, p. I-62)

Fuente: (AASHTO, American Association of State highway and Transportation Officials, 1993)

 Z_r de: -0.841

Determinamos el parámetro de serviciabilidad, tenemos que es pavimento flexible, por tanto:

 $S_o = 0.45$ Tabla 22 Determinación Nivel Serviciabilidad S_o

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

Fuente: (AASHTO, 1993, p. I-62)

Fuente: (AASHTO, American Association of State highway and Transportation Officials, 1993)

4.7.1 Cálculo del módulo resiliente.

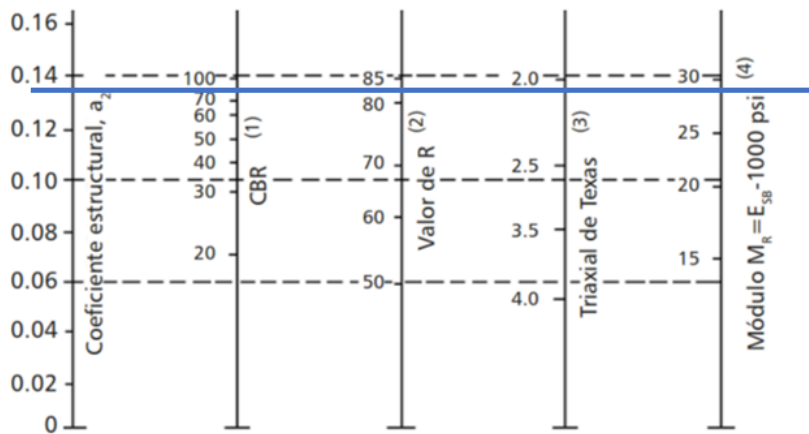
La AASHTO nos dice:

- M_r (Psi) = 1500 * CBR para CBR < 10 %
- $M_r = 1500 * 15 \% = 22500$ psi.

4.8 Cálculo del módulo resiliente y coeficientes estructurales.

El módulo resiliente para la base es de 29000 psi, por lo que, tenemos su coeficiente estructural $a_2 = 0.137803$

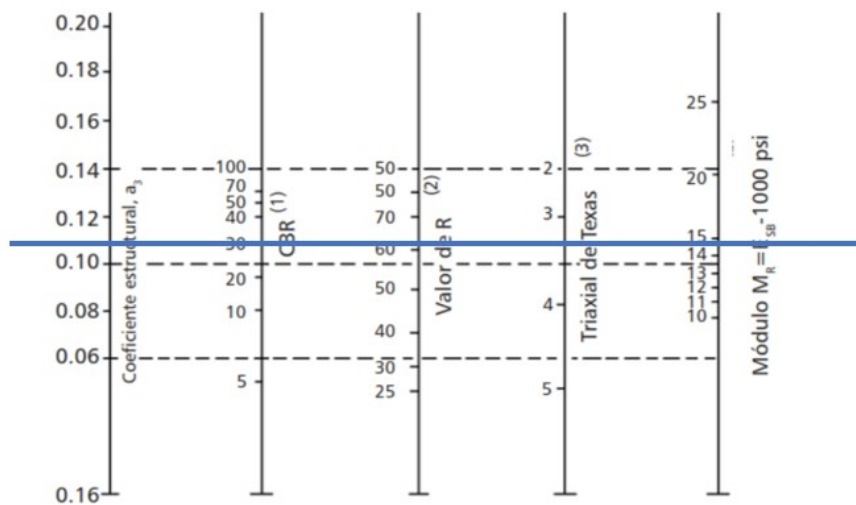
Figura 32 Estimación del número estructural de la subrasante



Fuente: (AASHTO, American Association of State highway and Transportation Officials, 1993)

Tenemos un módulo resiliente para la sub base de 14900, y un coeficiente estructural de $a_3 = 0.1147$.

Figura 33 Estimación del número estructural de la base y sub base



Fuente: (AASHTO, American Association of State highway and Transportation Officials, 1993)

4.9 Cálculo del módulo de resiliente para la mezcla asfáltica.

Se calcula el módulo de resiliente en la respectiva curva una vez obtenido, sacamos el numero estructural a1 con la siguiente formula convirtiendo el módulo resiliente en MPA a PSI.

Tabla 23 Rodadura

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

Fuente: (AASHTO, American Association of State highway and Transportation Officials, 1993)

Tenemos un módulo de elasticidad de 6000 MPa transformado a psi tenemos 870228.

$$a1 = 0.184 * \ln(870228) = 0.561778$$

4.10 Cálculo de los coeficientes de Drenaje.

Tabla 24 Calidad de drenaje según el tiempo de exposición

Calidad del Drenaje	% de Tiempo de exposición de la estructura del pavimento 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
Aceptable	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, American Association of State highway and Transportation Officials, 1993)

Se obtiene un índice de drenaje de 1

4.11 Cálculo del número estructural requerido.

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

Tabla 25. Resumen parámetros utilizados

Parámetro	Coefficiente
Zr	-0.841
So	0.45
ΔPSI	2.0
Coefficiente de Drenaje	1
SN1	1.558803
SN2	1.728601
SN3	2.032096
Mr1	22500
Mr2	29000
Mr3	14900

Fuente: Autor

Tabla 26. Cálculo de los números estructurales requeridos

CAPA	SN		LOG (W18)	LOG (ESALS)
Carpeta Asfáltica	SN1	1.558803	5.508511	5.50863
Base	SN2	1.728601	5.508511	5.508574
Sub base	SN3	2.032096	5.508511	5.50867

Fuente: Autor

Tabla 27. Espesores

Espesor en pulgadas	Espesores asumidos
---------------------	--------------------

Carpeta Asfáltica	3 in	7.62 cm
Base	5.90551181 in	15 cm
Sub base	5.90551181 in	15 cm
Mejoramiento	7.87401575 in	20 cm

Fuente: Autor

Tabla 28. Comprobación parámetros de diseño

Comprobación de los parámetros de diseño								
a1	0.56	m1	1	D1(in)	3.00	CUMPLE	SN1	1.559
a2	0.14	m2	1	D2(in)	5.9	CUMPLE	SN2	1.729
a3	0.11	m3	1	D3(in)	5.9	CUMPLE	SN3	2.032

Fuente: Autor.

4.12 Levantamiento Topográfico

La finalidad del levantamiento topográfico reside en la medición y registro de las diversas altitudes que configuran nuestro entorno, logrando determinar la posición relativa de un conjunto de puntos en un plano horizontal. Este proceso topográfico constituye la etapa inicial en la ejecución de un proyecto de construcción. A través de esta metodología, se lleva a cabo el reconocimiento del terreno y la identificación de sus variados relieves. De este modo, se obtienen los límites del área en cuestión y se procede a su clasificación según las categorías de terreno establecidas en nuestro marco teórico.

4.12.1 Planteamiento del GPD diferencial

La ejecución del levantamiento topográfico se llevó a cabo empleando un sistema de GPS diferencial junto con sus accesorios correspondientes, los cuales fueron suministrados por la institución universitaria. El GPS diferencial posibilita la determinación precisa de la ubicación de un punto mediante la medición de las distancias entre las antenas transmisoras de los satélites y la antena receptora del equipo de campo.

Figura 34. Planteamiento del RTK



Fuente: Autor

Con el respaldo del equipo previamente mencionado, se llevó a cabo la recopilación de datos del terreno, considerando el ancho de la vía preexistente y los límites de los terrenos colindantes. Posteriormente, se procesó toda esta información utilizando el software más adecuado para nuestro diseño geométrico, como se evidencia

Una vez procesado nuestro grupo de puntos en el software mencionado anteriormente, comenzamos a obtener nuestra topografía, la misma analizada, pudimos concluir que es un terreno montañoso por las pendientes existentes en el mismo.

4.13 Diseño Geométrico

El diseño geométrico se ha llevado a cabo en dos fases, siendo la primera la labor en el terreno, seguida por el trabajo en la oficina. Una vez recopilados los datos sobre las condiciones del terreno y los puntos por donde se trazará la vía, se procede a realizar los cálculos pertinentes para el diseño geométrico.

4.14 Alineamiento Horizontal

4.14.1 Velocidad de diseño

En la siguiente tabla determinamos nuestra velocidad de diseño, que para nuestro caso de estudio será de 40 km/h, teniendo en cuenta las condiciones para bajo, medio y alto volumen de tránsito.

Tabla 29. Cálculo de las velocidades de circulación

VELOCIDADES DE DISEÑO EN KM/H	VELOCIDADES DE CIRCULACION EN KM/H		
	VOLUMEN DE TRANSITO BAJO	VOLUMEN DE TRANSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRANSITO ALTO
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: (MTO, 2003)

4.14.2 Radio mínimo de curvatura

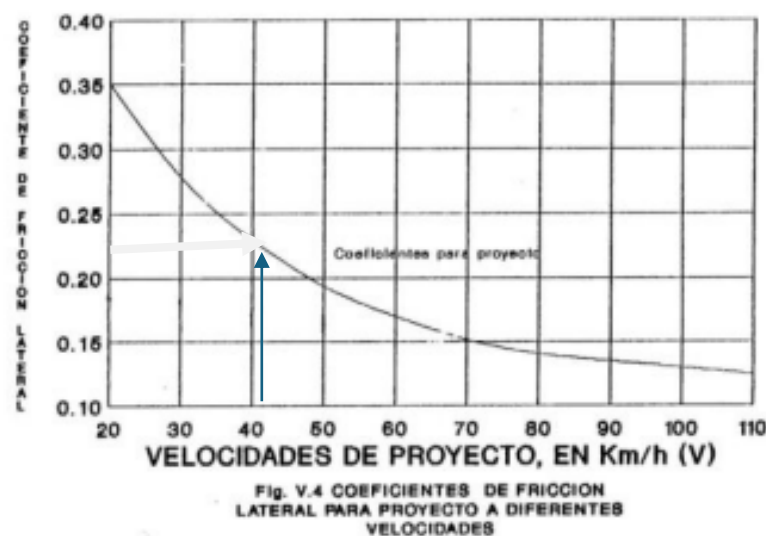
Una vez establecida la velocidad de circulación, procedemos a calcular los radios mínimos de curvatura, los cuales representan el valor mínimo necesario para garantizar

la seguridad del tránsito en consonancia con las velocidades de diseño definidas en el punto anterior.

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e + f)}$$

En la ecuación mencionada, se presentan tres variables: nuestra velocidad, la cual ya está determinada; nuestro valor de "e", que representa el peralte máximo utilizado en nuestro diseño, establecido en un 8% conforme a las recomendaciones normativas para la velocidad de diseño; y, por último, la variable "f", la cual define el coeficiente de fricción, dicho valor viene dado por la siguiente figura basado en nuestra velocidad

Figura 35. Coeficiente de fricción



Fuente: (MTO, 2003)

Observando la figura previa, notamos que nuestro coeficiente de fricción lateral es de 0.38. Utilizando este valor, procedemos a calcular el radio mínimo de curvatura para nuestro proyecto.

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e + f)}$$

$$R_{min} = \frac{40^2}{127(8\% + 0.38)}$$

$$R_{min} = 27.4m$$

4.14.3 Distancia de frenado

Debido al carácter montañoso del terreno, al calcular la distancia de frenado o detención de un vehículo, es necesario tener en cuenta la pendiente o gradiente del terreno. En este escenario, hemos decidido considerar la pendiente más exigente a lo largo de nuestro tramo vial, que asciende al 13.80%. Con este valor de pendiente, representado por nuestra variable G, procedemos a calcular la distancia de frenado

$$D. \text{ frenado} = \frac{Vc^2}{254 * (f \pm G)}$$

$$D. \text{ frenado} = \frac{40^2}{254 * (0.38 \pm 13.80\%)}$$

$$D. \text{ frenado} = 12.16 m$$

4.14.4 Distancia de visibilidad en curvas horizontales

Las distancias de visibilidad en las curvas horizontales se definen mediante la siguiente expresión, la cual depende de las variables calculadas en los pasos previos, tales como la distancia de frenado y nuestro radio mínimo de curvatura. Sin embargo, debido a circunstancias externas, hemos decidido emplear un radio de curvatura diferente al mínimo calculado. En lugar de este valor, sustuiremos nuestro radio crítico observado en campo, el cual es de 27.4 m.

4.14.5 Distancia de visibilidad lateral

Las distancias de visibilidad lateral se definen mediante la siguiente fórmula, en la que consideramos una variable como la velocidad de un peatón. Siguiendo las pautas

del diseño geométrico de carreteras establecidas por la Normativa Ecuatoriana del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, se establece un valor de 10 km/h. Del mismo modo, incorporamos los valores que hemos calculado previamente.

$$dL = \frac{V_t}{V_v} * d$$

$$dL = \frac{10}{40} * 12.16$$

$$dL = 3.04 \text{ m}$$

4.14.6 Distancia de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo

Las distancias de rebasamiento se determinan a partir de cuatro variables, siendo estos valores proporcionados por la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, considerando nuestra velocidad de diseño.

$$D. \text{ rebasamiento} = d1 + d2 + d3 + d4$$

$$D. \text{ rebasamiento} = 268 \text{ m}$$

4.14.7 Curvas circulares

Una vez que hemos obtenido los parámetros iniciales, como las velocidades de diseño, los radios mínimos de curvatura y las distintas distancias de visibilidad para asegurar la seguridad y comodidad del tráfico que transitará por nuestra carretera, procedemos a calcular los diversos elementos de nuestras curvas circulares. Estos elementos se derivan de los radios de curvatura, el ángulo de deflexión de las tangentes y el valor de la abscisa PI para el replanteo de las diferentes curvas. Todas las ecuaciones utilizadas en este proceso están extraídas del libro de James Cárdenas Grisales. Para ilustrar este procedimiento, tomamos como ejemplo una curva de todo nuestro trazado, la cual se presenta a continuación:

Curva 1:

Radio de curvatura:69.55

Angulo de deflexión de las tangentes:140.34

Valor PI: 0+276.30

- Cuerda larga

$$CL = 2 * R * \text{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$CL = 2 * 69.55 * \text{sen}\left(\frac{140.34}{2}\right)$$

$$CL = 130.85 \text{ m}$$

- Tangente

$$T = R * \text{Tan}\frac{\Delta}{2}$$

$$T = 69.55 * \text{Tan}\frac{140.34}{2}$$

$$T = 192.86 \text{ m}$$

- G. curvatura

$$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$$

$$Gc = \frac{360 * 130.85}{2 * \pi * 69.55}$$

$$Gc = 107.80^\circ$$

- Longitud curva circular

$$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$$

$$L = \frac{130.85 * 140.34}{107.80}$$

$$L = 170.36 \text{ m}$$

- Externa

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

$$E = 69.55 * \left(\frac{1}{\cos \frac{140.34}{2}} \right) - 1$$

$$E = 135.47 \text{ m}$$

- Ordenada media

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

$$M = 69.55 * \left(1 - \cos \frac{140.34}{2} \right)$$

$$M = 45.96 \text{ m}$$

- Deflexión por metro

$$D. m = \frac{Gc}{2 * Lc}$$

$$D. m = \frac{107.80}{2 * 130.85}$$

$$D. m = 0.41$$

- Deflexión por unidad de cuerda

$$D. c = \frac{Gc}{2}$$

$$D. c = \frac{107.80}{2}$$

$$D. c = 53.9 m$$

- Principio de curva

$$PC = PI - T$$

$$PC = 505.68 - 64.37$$

$$PC = 441.300 m$$

- Principio de tangente

$$PT = PC + L$$

$$PT = 441.300 - 128.22$$

$$PT = 569.52 m$$

Tabla 30, Curvas horizontales

DISEÑO GEOMÉTRICO CARRETERA GIRON - CURIQUINGUE 19+260 - 21+400								
<i>DISEÑO HORIZONTAL - RECTAS TANGENTES</i>								
<i>ABSCISA</i>	<i>AZIMUT</i>	<i>Δ</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>PI</i>		<i>ÁNGULO</i>	<i>PI</i>	
				<i>NORTE</i>	<i>PI ESTE</i>			
0+	0		0	9643552.2	709310.4		Inicio	
0+	276.30	-8.01	140.34	276.30	9643590.7	709036.8	-8.01	PI1
0+	721.05	132.33	12.79	444.76	9643261.9	709336.3	-47.67	PI2
	1058.58	145.12	22.89	337.52	9643068.9	709613.2	-34.88	PI3
	1250.93	122.24	43.36	192.35	9642906.2	709715.8	-57.76	PI4
	1395.26	165.60	51.28	144.34	9642870.3	709855.6	-14.40	PI5
	1565.47	114.32	34.42	170.21	9642715.2	709925.7	-65.68	PI6
	1709.24	148.74	25.05	143.77	9642640.6	710048.6	-31.26	PI7
	1878.70	123.69	63.91	169.46	9642499.6	710142.6	-56.31	PI8
	2014.89	187.60	55.20	136.19	9642517.6	710277.6	7.59	PI9
	2158.30	132.40	51.44	143.41	9642411.7	710374.3	-47.60	PI10
	2313.65	183.84	32.44	155.35	9642422.1	710529.3	3.84	PI11
	2394.77	216.28	216.28	81.12	9642470.1	710594.7	36.28	Fin

Fuente: Autor

4.15 Alineamiento Vertical

Una vez finalizado el diseño o alineamiento horizontal, procedemos a realizar el alineamiento vertical, teniendo en cuenta todos los aspectos necesarios para asegurar la tranquilidad y garantizar la seguridad del tráfico. Posteriormente, calculamos los parámetros de cada una de nuestras curvas verticales, los cuales se derivan de datos esenciales, tales como la velocidad de diseño y la variable "A", que representa la

diferencia de pendientes entre "m" y "n". Los factores K desempeñan un papel crucial, ya que con ellos determinamos la longitud de las curvas verticales. Estos valores de K son proporcionados por la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, como se mencionó anteriormente. Cabe destacar que las ecuaciones utilizadas se basan en el libro de Diseño Geométrico de Carreteras de James Cárdenas Grisales. Al igual que en el alineamiento horizontal, ilustramos el cálculo con un ejemplo de una de las curvas de nuestro diseño vertical, como se presenta a continuación:

Curva 2:

Velocidad: 40 km/h

Pendiente m: -9.92

Pendiente n: -2.55

- Diferencia de pendientes

$$A = |m - n|$$

$$A = |-9.92 - 2.55|$$

$$A = 7.37 \%$$

- Factor K para curvas cóncavas

$$K = 5.108$$

- Longitud mínima de curva vertical

$$L_{vmin} = K * A$$

$$L_{vmin} = 5.108 * 7.37$$

$$\mathbf{Lvmin = 37.646 m}$$

- Longitud mínima por comodidad

$$\mathbf{Lvmin = \frac{V^2 * A}{395}}$$

$$\mathbf{Lvmin = \frac{40^2 * 7.37}{395}}$$

$$\mathbf{Lvmin = 29.85 m}$$

- Longitud mínima por apariencia

$$\mathbf{Lvmin = 40 * A}$$

$$\mathbf{Lvmin = 40 * 7.37}$$

$$\mathbf{Lvmin = 294.8 m}$$

- Longitud mínima por drenaje

$$\mathbf{Lvmin = 50 * A}$$

$$\mathbf{Lvmin = 50 * 7.37}$$

$$\mathbf{Lvmin = 368.5 m}$$

Seleccionamos una longitud de curva vertical de 37.64 metros, ya que los demás valores no se ajustan adecuadamente al diseño vertical de nuestra carretera, considerando que esta es una vía de tercer orden. Las longitudes calculadas mediante términos de apariencia y drenaje resultan demasiado elevadas. Con esta longitud de curva, avanzamos para determinar los parámetros restantes de nuestra curva vertical cóncava.

$$\frac{L_{\min}}{2} = \frac{Lv_{\min}}{2}$$

$$\frac{L_{\min}}{2} = \frac{37.64}{2}$$

$$\frac{L_{\min}}{2} = 18.82 \text{ m}$$

- Corrección de pendiente

$$y = \frac{A}{2 * Lv_{\min}}$$

$$y = \frac{7.37 \%}{2 * 37.64}$$

$$y = 0.001$$

- Externa vertical

$$E = \frac{Lv_{\min} * A}{8}$$

$$E = \frac{37.64 * 7.37 \%}{8}$$

$$E = 0.346$$

Tabla 31, Cuevas Verticales

CURVA	PVI	% m	% n	R	LC
C1	42.42	-6.06	-9.92	1163.55	44.91

C2	95.09	-9.92	-2.55	510.76	37.65
C3	160.8	-2.55	-4.3	1599.95	28.00
C4	214.36	-4.3	2.36	552.03	36.76
C5	458.72	2.36	8.93	976.65	64.17
C6	534.54	8.93	4.72	698.85	29.42
C7	774.76	4.72	-1.65	1973.68	125.72
C8	879.66	-1.65	-10.05	481.64	40.45
C9	1042.53	-10.05	7.75	506.01	90.07
C10	1168.11	7.75	-11.54	295.83	57.06
C11	1360.58	-11.54	9.34	595.06	124.26
C12	1480.43	9.34	-7.97	386.10	66.83
C13	1644.33	-7.97	15.73	319.16	75.65
C14	1763.12	15.73	-13.8	306.60	90.54
C15	1862.8	-13.8	-8.01	694.65	40.22
C16	1920	-8.01	6.51	458.03	66.50
C17	1975.89	6.51	-0.12	363.79	24.12
C18	2017.58	-0.12	-4.97	525.04	25.46
C19	2060	-4.97	8.5	400.56	53.96

Fuente: Autor

4.16 Sobreancho

Cuando un automóvil atraviesa una curva, las ruedas traseras siguen una trayectoria dentro de la huella de las ruedas delanteras. Por esta razón, se establece un "Sa" que denota un sobreancho, calculado considerando diversas variables como la velocidad, los radios mínimos de curvatura y las longitudes de los vehículos más extensos que circularán por la vía en cuestión. En el conjunto de nuestro diseño vial, se contemplan 16 curvas. Por lo tanto, de manera análoga al alineamiento horizontal y vertical, procedemos a ilustrar el diseño de un sobreancho en una de las curvas de nuestra carretera

en análisis. Este proceso se presenta a continuación, tomando como referencia la información de siguiente tabla, la cual proporciona las longitudes para distintos tipos de vehículos.

Tabla 32, Calculo del sobreebancho en los vehiculos de tipo rigido

CATEGORIA	a (m)	b (m)	d (m)	e (m)	L (m)
Vehículo Liviano	2.9	0.8	1.3	1.8	3.7
Bus mediano	6.49	0.76	3.66	2.44	7.25
Bus grande	7	2.7	3.3	2.6	9.7
2 camión de dos ejes	6.6	1.4	3.2	2.5	8
3 camión de tres ejes	6.55	1.25	3.2	2.5	7.8

Fuente: (INVIAS, 2009)

Escogemos la longitud mayor es decir de 7.80 m que pertenece al camión de tres ejes, y procedemos a calcular el sobreebancho

Curva 7

Radio: 241.95

Velocidad: 40 Km/h

Ancho de carril: 3m

Longitud de vehículo: 7.80 m

Sobreebancho necesario:

$$S = 2 * \left(Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2} \right) + \frac{0.1Vch}{\sqrt{Rc}}$$

$$S = 2 * \left(241.95 - \sqrt{241.95^2 - 7.80^2} \right) + \frac{0.1 * 40}{\sqrt{241.95}}$$

$$S = 0.80 \text{ m}$$

Observamos que el sobreancho necesario para la curva ocho es de 0.80 metros; no obstante, en nuestro diseño, hay curvas con radios inferiores al mínimo, lo que resulta en un cálculo de sobreancho muy elevado. Sin embargo, para las curvas con radios por debajo del mínimo, consideramos una directriz especificada en la Norma Ecuatoriana de Diseño Geométrico de Carreteras MTOP-2003. Esta normativa nos proporciona los valores de sobreancho a utilizar para diversas velocidades. Para carreteras con velocidades no superiores a 50 km/h, se establece un sobreancho de 30 cm, mientras que para velocidades superiores a 50 km/h, se elige un sobreancho de 40 cm.

4.17 Peralte

La finalidad de los peraltes es proporcionar seguridad al transitar por una curva horizontal; sin embargo, es crucial considerar la magnitud de estos peraltes. Un peralte excesivamente elevado podría resultar en el deslizamiento del automóvil hacia la parte interna de la curva. Por este motivo, se ha establecido un peralte máximo para distintos tipos de carreteras, basado en su velocidad, del 8% para superficies asfálticas y de concreto. No obstante, el peralte máximo seleccionado para la vía en estudio es del 4%. Para comprender mejor la función del peralte en las curvas horizontales, es esencial tener en cuenta la fuerza centrífuga. El cálculo de esta fuerza implica variables significativas como la velocidad, el radio de curvatura, la gravedad y el peso del vehículo respectivo. Procedemos a determinar la fuerza centrífuga en la curva de menor radio de todo nuestro

alineamiento horizontal, considerando un camión grande de dos ejes con un peso de 10,000 kg, como se detalla a continuación:

Velocidad: 40 km/h

Radio de curvatura: 27.4 m

Gravedad: 9.81 m/s²

Peso del Vehículo: 10000kg

Fuerza Centrifuga

$$F = \frac{P * V^2}{g * R^2}$$

$$F = \frac{10000 * 40^2}{9.81 * 27.4^2}$$

$$F = 2172.75 \text{ N}$$

Dada la relevancia de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo al tomar una curva horizontal, nos embarcamos en la tarea de calcular el peralte correspondiente. Este peralte se encuentra intrínsecamente vinculado a nuestro coeficiente de fricción, previamente establecido. De manera similar, la inclinación de la curva también depende de la velocidad y del radio de curvatura

4.18 Presupuesto.

Tabla 33. Presupuesto

Proyecto vial Giron Curiquingue del Km 19+260 al km 21+400

Oferente: Edgar García
Ubicación: David Guevara
Fecha: Giron
05/02/2024

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		OBRAS PRELIMINARES				353,541.25
1.1	500004	Replanteo y nivelación de vías	ml	2,140.00	3.50	7,490.00
1.2	500010	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	23,104.52	1.96	45,284.86
1.3	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	115.52	12.53	1,447.47
1.4	500001	Cargado de material con cargadora	m3	30,186.06	1.37	41,354.90
1.5	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	30,186.06	2.22	67,013.05
1.6	500003	Sobrecarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-km	734,426.79	0.26	190,950.97
2		ESTRUCTURA VIAL				481,933.85
2.1	500005	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	12,840.00	1.31	16,820.40
2.2	500006	Pedraplén, conformación y compactación con equipo pesado	m3	128.40	25.01	3,211.28
2.3	500007	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	7,922.57	23.45	185,784.27
2.4	500040	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	1,926.00	29.69	57,182.94
2.5	500041	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	1,926.00	35.93	69,201.18
2.6	500011	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	12,840.00	1.22	15,664.80
2.7	500012	Carpeta asfáltica (e=2") Ho Asf. mezclado en planta	m2	12,840.00	9.84	126,345.60
2.8	500013	Brocal de hormigón para pozos (h=20cm) y tapa (h=10cm) cónicos, D=700mm, Tipo A	u	42.00	105.35	4,424.70
2.9	500017	Recuperación de pozo, d = 600 mm	u	42.00	78.54	3,298.68
3		SEÑALIZACION				11,164.56
3.1	500018	Señalización vertical	u	6.00	148.76	892.56
3.2	500019	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	ml	6,420.00	1.60	10,272.00
4		MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES				1,990.68
4.1	500028	Letrero metálico de información del Proyecto	u	2.00	484.84	969.68
4.2	500020	Señalización con cinta	ml	200.00	0.23	46.00
4.3	500021	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	20.00	6.46	129.20
4.4	500022	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	500.00	0.29	145.00
4.5	500023	Difusión Social	global	1.00	700.80	700.80
SUBTOTAL						848,630.34
					12 %	101,835.64
TOTAL						950,465.98

Son: NOVECIENTOS CINCUENTA MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CINCO CON 98/100 DÓLARES

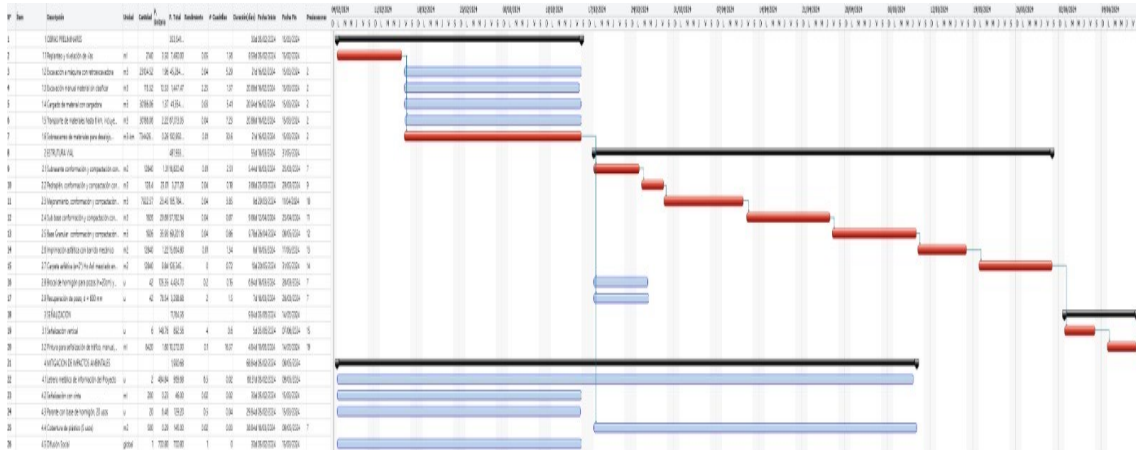
Fuente: Autor

Tabla 34 Cronograma Valorado

CRONOGRAMA VALORADO															
NOMBRE DEL OFERE Edgar García David Gevar															
Item	Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unit.	P.Total	PERIODOS								
							1	2	3	4	5				
1		OBRAS PRELIMINARES				*****	*****	*****	*****	*****					
11	500004	Replanteo y nivelación de vías	ml	2,140.00	3.50	7,430.00	100.00	7,430.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12	500010	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	23,104.52	1.36	45,284.86	1,000.00	452,848.60	-900.00	-407,563.74	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	500014	Excavación manual material sin clasificad.	m3	115.52	12.53	1,447.47	1,000.00	14,474.70	-900.00	-13,027.23	0.00	0.00	0.00	0.00	
14	500001	Cargado de material con cargadora	m3	30,186.06	1.37	41,354.30	1,000.00	413,543.00	-900.00	-372,134.10	0.00	0.00	0.00	0.00	
15	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluso, escape en zona boscosa.	m3	30,186.06	2.22	67,013.05	982.50	658,403.22	-882.50	-591,330.17	0.00	0.00	0.00	0.00	
16	500003	Subrocamos de material para desleño, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km.	m3-km	734,426.73	0.26	190,350.37	1,000.00	1,903,503.70	-900.00	-1,716,558.73	0.00	0.00	0.00	0.00	
2		ESTRUCTURA VIAL				*****	*****	*****	*****	*****					
2.1	500005	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	12,840.00	1.31	16,820.40	0.00	0.00	100.00	16,820.40	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.2	500006	Podrapión, conformación y compactación con equipo pesado	m3	128.40	25.01	3,211.28	0.00	0.00	100.00	3,211.28	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.3	500007	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	7,922.57	23.45	185,784.27	0.00	0.00	51.88	36,375.53	48.13	63,408.68	0.00	0.00	
2.4	500040	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	1,926.00	29.63	57,182.34	0.00	0.00	0.00	100.00	57,182.34	0.00	0.00	0.00	
2.5	500041	Base Granular, conformación y compactación con equipo pesado	m3	1,926.00	35.33	68,201.18	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	207,603.54	-200.00	-138,402.36	
2.6	500011	Impresión asfáltica con berrido mecánico.	m2	12,840.00	1.22	15,664.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	15,664.80	0.00	
2.7	500012	Carpeta asfáltica (e=2") Ho Asf. maculado en caliente	m2	12,840.00	3.84	126,345.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	126,345.60	0.00	
2.8	500013	Bancal de hormigón para pozos (h=20cm) y tapa (h=10cm) cónicos, D=100mm, Tipo A.	u	42.00	105.35	4,424.70	0.00	0.00	100.00	4,424.70	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.9	500017	Excavación de pozos, d= 600 mm	u	42.00	78.34	3,289.68	0.00	0.00	100.00	3,289.68	0.00	0.00	0.00	0.00	
3		SEÑALIZACIÓN				11,164.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11,164.56	
3.1	500018	Señalización vertical	u	6.00	148.76	892.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	892.56
3.2	500019	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	ml	6,420.00	1.60	10,272.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	10,272.00
4		MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES				1,930.68	35,067.92	6,045.28	*****	*****	*****	*****	*****		
4.1	500028	Letrero metálico de información del Proyecto.	u	2.00	484.84	969.68	1,900.00	18,423.32	2,100.00	20,363.28	2,200.00	21,332.36	-6,100.00	-59,150.48	0.00
4.2	500020	Señalización con cinta	ml	200.00	0.23	46.00	1,900.00	874.00	-1,800.00	-628.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4.3	500021	Parante con base de hormigón, 20 usos.	u	20.00	6.46	129.20	1,900.00	2,454.80	-1,800.00	-2,325.60	0.00	0.00	0.00	0.00	
4.4	500022	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	500.00	0.29	145.00	0.00	0.00	1,000.00	1,450.00	2,200.00	3,190.00	-3,100.00	-4,435.00	0.00
4.5	500023	Difusión Social	global	1.00	700.80	700.80	1,900.00	13,315.20	-1,800.00	-12,614.40	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL:						*****									
INVERSION MENSUAL								3,491,343.14	-2,972,558.04	378,718.12	-60,037.44	11,164.56			
AVANCE PARCIAL EN %								411.41	-350.28	44.63	-7.07	1.32			
INVERSION ACUMULADA								3,491,343.14	518,785.10	897,503.22	837,465.78	848,630.34			
AVANCE ACUMULADO EN %								411.41	61.13	105.76	98.68	100.00			

Fuente: Autor

Tabla 35. Ruta crítica



Fuente: Autor

5 CONCLUSIONES.

Durante la fase de diseño geométrico de la carretera, se ha considerado la topografía del terreno, así como el tipo y flujo de tráfico anticipado, cumpliendo al mismo tiempo con las normas y estándares establecidos para determinar la velocidad de diseño y definir las características adecuadas de la sección transversal, curvas y perfiles. El enfoque se centra en optimizar la movilidad y la comodidad de los transeúntes.

Se realizó el cálculo de factores en relación con el conteo de un día entero, dando un factor horario (fh) = 1, se tiene un factor diario (fd) = 1, un factor semanal (fm) = 1.10714286, el factor mensual (fm) de 0.91056375; por tanto, se obtiene un TPDA2023 = 1.0081242. A su vez proyectamos el tráfico lo que se obtuvo una saturación de 1450.

Se determinó el parámetro de serviciabilidad del pavimento dando de 0.45.

Se determinó la medida de la capacidad de un material para almacenar o absorber energía sin que sufra deformaciones, por tanto, se obtuvo un módulo resiliente en la base de 29000 psi y la subbase de 14900

Deducimos que nuestra carretera será de clase III, con una velocidad de diseño de 40 km/h, por ende, se calcula un radio de curvatura de 27.4 m y 12.16 m de distancia de frenado, calculado en base a la MTOP (2003) usando un coeficiente de fricción de 0.38, de acuerdo con la velocidad de diseño de la vía Girón- Curiquingue se obtuvo un sobreebanco de 0.80 m y un peralte del 8%.

Se tomó en cuenta 3 calicatas para determinar el CBR y se escogió la menor que en este caso fue de 1,2 %, pero debido a que se tiene un mejoramiento de 20 cm de espesor, se utilizó un CBR de 15% para tener estabilidad vial.

En el diseño geométrico vertical se obtuvo 19 curvas, de las cuales 10 son curvas convexas y 9 son cóncavas.

Una vez realizados los estudios respectivos obtuvimos un volumen de corte de 12332.50 m³, así también un volumen de relleno de 4118.90 m³. La distancia mínima de rebasamiento es de 268 m.

Finalmente se obtuvo el presupuesto de la obra llegando el mismo a costar NOVECIENTOS CINCUENTA MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CINCO CON 98/100 DÓLARES, es decir, llegara a costar CUATROCIENTOS CUARENTA Y SIETE MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y UNO CON 30/100 DÓLARES.

6 RECOMENDACIONES.

A lo largo de la ejecución del proyecto, resulta importante tener una señalización clara y fácilmente visible, que indique las actividades desarrollando en la carretera, para garantizar de esta manera la seguridad tanto de trabajadores como usuarios.

Se debe llevar a cabo supervisiones y mantenimiento adecuado de los sistemas de drenaje con el fin de prevenir problemas relaciones con la acumulación de agua, es decir, inundaciones, evitando así cualquier impacto adverso en la integridad de la estructura vial.

De igual manera se debe asegurarse que la señalización vial este actualizada conforme a las normativas locales y alas cambiantes necesidades de la comunidad. Se debe hacer inspecciones periódicas para evaluar el estado de la vía, ver posibles daños y abordar cualquier problema de la mejor manera

7 BIBLIOGRAFÍA.

- Agudelo, J. (2002). *DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Alexander, R., Pérez, G., Asesorado, G., Ángel, I., & Sic García, R. (n.d.). *DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA*.
- Bianchi, A., Yáñez, C., & Acuña, L. (2005). *BASE DE DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIONES DEL NOROESTE ARGENTINA*.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras* (Ecoe Ediciones).
- Cruzado, R. (2017). *EVALUACIÓN DEL TRAMO DE CARRETERA SAN ANTONIO-BAMBAMARCA, SEGÚN NORMA DG-2014, CHOTA-HUALGAYOC, CAJAMARCA*.
- Fatorelli, S., & Fernandez, P. (2011). *DISEÑO HIDROLÓGICO* (Segunda).
- García, A., Pérez, A., & Camacho, J. (2012). *Introducción al Diseño Geométrico de Carreteras*.
- Geotechnical Consultin. (2018). *CBR*.
<https://Geotecniaymecanicasuelosabc.Com/Cbr/>.
- Hernández, M., & Pérez, I. (2014). *Drenaje y Subdrenaje en carreteras*. Instituto Politécnico Nacional.
- INEC. (2010). *Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos*.
- INEN. (2010). *Señalización Vertical*.
- INVIAS. (2009). *Manual de drenaje para carreteras*.
- Leclair, R. (2004). *Manual Para El Diseño Geométrico De Carreteras Regionales*.
- Manzano, P. (2021). *CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN PÍLLARO; PARROQUIA MARCOS ESPINEL; DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA*".
- MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*.
- Orozco, A. (2014). *análisis y diseño geométrico de la vía Capillahuaycu-Quitocucho-Intersección Cruz de Quero y su Incidencia en la calidad de vida de los pobladores de la Parroquia Bolívar, Cantón Pelileo, Provincia Tungurahua*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Pardo, M. (1892). *Carreteras* (Manuel Tello). Madrid .
- PDOT Girón. (2014). *Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Girón*.

- Ponce, V. (2018). *DRENAJE DE CARRETERAS*.
[Https://Ponce.Sdsu.Edu/Drenaje_de_carreteras_c.Html](https://Ponce.Sdsu.Edu/Drenaje_de_carreteras_c.Html).
- Rodríguez, A. (2016). *Drenajes Longitudinales*.
- Rodríguez, B., & Calle, F. (2013). *DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE DRENAJE VIAL PARA OBRAS DE ARTE MENOR (DRENAJE LONGITUDINAL Y TRASVERSAL) PARA LA CARRETERA PACHON MINA ZHARO DE 7.2 KM UBICADA EN EL CANTON SUSCAL EN LA PROVINCIA DE CAÑAR*.
- Seco, A., Peñafiel, J., Ramírez, F., García, B., González De Audicana, M., & García, R. (n.d.). *LAS REDES RTK Y LA INGENIERÍA CIVIL. EL PROYECTO IBEREF*.
- Thomson, I., & Bull, A. (n.d.). *a congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales recursos naturales e infraestructura*.

8 ANEXOS*Anexo 1. Hito***Fuente: Autor***Anexo 2. Estación total***Fuente: Autor***Anexo 3. Topografía con RTK***Fuente: Autor**

Anexo 4. Tasa de crecimiento vehicular

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2023-2024	12.16%	-0.23%	-0.23%
2024-2025	8.90%	-0.23%	-0.23%
2025-2026	6.33%	-0.23%	-0.23%
2026-2027	4.39%	-0.23%	-0.23%
2027-2028	2.98%	-0.30%	-0.30%
2028-2029	1.97%	-0.30%	-0.30%
2029-2030	1.26%	-0.30%	-0.30%
2030-2031	0.76%	-0.30%	-0.30%
2031-2032	0.42%	-0.30%	-0.30%
2032-2033	0.19%	-0.30%	-0.30%
2033-2034	0.03%	-0.30%	-0.30%
2034-2035	-0.08%	-0.30%	-0.30%
2035-2036	-0.15%	-0.30%	-0.30%
2036-2037	-0.20%	-0.30%	-0.30%
2037-2038	-0.23%	-0.30%	-0.30%
2038-2039	-0.26%	-0.30%	-0.30%
2039-2040	-0.27%	-0.31%	-0.31%
2040-2041	-0.29%	-0.31%	-0.31%
2041-2042	-0.29%	-0.31%	-0.31%
2042-2043	-0.30%	-0.31%	-0.31%
2043-2044	-0.30%	-0.31%	-0.31%
2044-2045	-0.31%	-0.31%	-0.31%
2045-2046	-0.31%	-0.31%	-0.31%
2046-2047	-0.31%	-0.31%	-0.31%
2047-2048	-0.31%	-0.31%	-0.31%
2048-2049	-0.31%	-0.31%	-0.31%
2049-2050	-0.31%	-0.32%	-0.32%
2050-2051	-0.32%	-0.32%	-0.32%
2051-2052	-0.32%	-0.32%	-0.32%
2052-2053	-0.32%	-0.32%	-0.32%

Fuente: Autor

Anexo 5. Proyección del tráfico

PROYECCION DE TRAFICO

PROYECCIONES DE VEHICULOS LIVIANOS SEGÚN EL MODELO LOGISTICO

AÑO	POBLACION GIRON	VEHICULOS LIVIANOS	Tm	$Y=Ln(Ts/Tm - 1)$	Tm AJUSTADO	VEH. AJUSTADO. LIVIANOS
1969	32,699	1	0.03	10.77	2.41	79
1970	33,074	1	0.03	10.78	3.56	118
1971	33,449	1	0.03	10.79	5.26	176
1972	33,824	1	0.03	10.80	7.77	263
1973	34,199	1	0.03	10.81	11.46	392
1974	34,574	1	0.03	10.82	16.89	584
1975	34,666	1	0.03	10.83	24.86	862
1976	34,757	1	0.03	10.83	36.48	1,268
1977	34,849	1	0.03	10.83	53.33	1,858
1978	34,940	1	0.03	10.83	77.54	2,709
1979	35,032	1	0.03	10.84	111.85	3,918
1980	35,123	1	0.03	10.84	159.60	5,605
1981	35,215	1	0.03	10.84	224.30	7,899

1982	35,306	1	0.03	10.84	308.95	10,908
1983	32,542	1	0.03	10.76	414.75	13,497
1984	29,777	1	0.03	10.67	539.64	16,069
1985	27,013	1	0.04	10.58	677.52	18,302
1986	24,249	1	0.04	10.47	818.94	19,858
1987	21,484	1	0.05	10.35	953.45	20,484
1988	18,720	1	0.05	10.21	1072.50	20,077
1989	15,955	1	0.06	10.05	1171.35	18,689
1990	13,191	1	0.08	9.86	1249.16	16,478
1991	13,136	1	0.08	9.85	1307.88	17,180
1992	13,080	1	0.08	9.85	1350.80	17,669
1993	13,025	1	0.08	9.85	1381.43	17,993
1994	12,970	1	0.08	9.84	1402.94	18,196
1995	12,915	1	0.08	9.84	1417.85	18,311
1996	12,859	1	0.08	9.83	1428.12	18,365
1997	12,804	1	0.08	9.83	1435.14	18,376
1998	12,749	1	0.08	9.82	1439.92	18,357
1999	12,694	1	0.08	9.82	1443.17	18,319
2000	12,638	1	0.08	9.82	1445.38	18,267
2001	12,583	1	0.08	9.81	1446.87	18,206
2002	12,586	1	0.08	9.81	1447.89	18,223
2003	12,588	1	0.08	9.81	1448.57	18,235
2004	12,591	1	0.08	9.81	1449.03	18,245
2005	12,594	30	2.38	6.41	2.41	30
2006	12,596	60	4.76	5.72	3.56	45
2007	12,599	90	7.14	5.31	5.26	66
2008	12,602	120	9.52	5.02	7.77	98
2009	12,604	160	12.69	4.73	11.46	144
2010	12,607	220	17.45	4.41	16.89	213
2011	12,572	250	19.89	4.28	24.86	312
2012	12,536	300	23.93	4.09	36.48	457
2013	12,501	400	32.00	3.79	53.33	667
2014	12,465	500	40.11	3.56	77.54	967
2015	12,430	1,000	80.45 161.3	2.83	111.85	1,390
2016	12,395	2,000	6 347.9	2.08	159.60	1,978
2017	12,359	4,300	2 438.1	1.15	224.30	2,772
2018	12,324	5,400	8	0.84	308.95	3,807

2019	12,288	6,000	488.2 7	0.68	414.75	5,097
2020	12,253	7,500	612.1 0	0.31	539.64	6,612
2021	12,217	8,000	654.8 0	0.19	677.52	8,278
2022	12,182	9,450	775.7 3	-0.14	818.94	9,976
2023	12,147				953.45	11,581
2024	12,111		a = 6.400		1072.50	12,989
2025	12,076				1171.35	14,145
2026	12,040		b = -0.392		1249.16	15,040
2027	12,005				1307.88	15,701
2028	11,970		r = 0.9870		1350.80	16,168
2029	11,934				1381.43	16,486
2030	11,899		r² = 0.97407994		1402.94	16,693
2031	11,863				1417.85	16,820
2032	11,828		Ts = 1450		1428.12	16,892
2033	11,792				1435.14	16,924
2034	11,757		Y = a+bt		1439.92	16,929
2035	11,722				1443.17	16,916
2036	11,686		Y = 6.400 -0.392 t		1445.38	16,891
2037	11,651				1446.87	16,857
2038	11,615				1447.89	16,818
2039	11,580				1448.57	16,774
2040	11,545				1449.03	16,728
2041	11,509				1449.35	16,681
2042	11,474				1449.56	16,632
2043	11,438				1449.70	16,582
2044	11,403				1449.80	16,532
2045	11,367				1449.86	16,481
2046	11,332				1449.91	16,430
2047	11,297				1449.94	16,379
2048	11,261				1449.96	16,328
2049	11,226				1449.97	16,277
2050	11,190				1449.98	16,226
2051	11,155				1449.99	16,174
2052	11,120				1449.99	16,123
2053	11,084				1449.99	16,072

Fuente: Auto

Anexo 6. Tasa de crecimiento vehicular

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR				
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TIEMPO
2016-2023	1.81%	0.93%	0.93%	7
2023-2028	1.81%	0.93%	0.93%	5
2028-2033	1.60%	0.98%	0.98%	5
2033-2038	1.83%	1.40%	1.40%	5
2038-2043	1.87%	1.58%	1.58%	5
2043-2048	1.79%	1.59%	1.59%	5
2048-2053	1.80%	1.67%	1.67%	5

Fuente: Autor

Anexo 7. Tráfico

ESTACION	VEHICULOS	TPDA	TPDA	TPDA	TPDA	TPDA	TPDA	TPDA
		2024	2029	2034	2039	2044	2049	2054
E1	L	205	260	267	264	260	260	260
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	8	8	8	8	8	8	8
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	5	5	5	5	5	5	5
	TOTAL	218	273	279	277	273	273	273
E2	L	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	0	0	0	0	0	0	0
E3	L	202	257	264	261	258	254	250
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	3	3	3	3	3	3	3

: Tráfico de 00H00 a 24H00

	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	12	12	12	12	11	11	11
	TOTAL	217	272	278	276	272	268	264
E4	L	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	L	407	517	531	526	518	514	511
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	11	11	11	11	10	10	10
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	17	17	17	16	16	16	16
	TOTAL	435	544	558	553	545	541	537

Fuente: Autor

Anexo 8. TPDA Total

AÑO 2022	TOTAL	Porcentajes de Vehículos
TPD TOTAL	751	
AUTOS	725	93.84%
BUSES	0	1.57%
CAMIONES	26	4.59%
2DA	2	
2DB	8	
3 - A	0	
4 - C	5	
2S2	1	
2R3	4	
3S2	1	
3R3	1	
3S3	4	

Fuente: Autor



Distribución
Camiones
19.56%
58.77%
31.93%
1.86%
1.70%
0.49%
3.64%
1.05%
0.57%

Anexo 9. Cálculo del número de ejes

AÑO	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	2DA	2DB	3 - A	4 - C	2S2	2R3	3S2	3R3	3S3	Acumulad o	Carril Diseño
2024	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	751	725	0	2	24	2	9	0	5	1	4	1	1	4	51670	23.252
2025	12.16%	-0.29%	-0.29%	-0.29%	839	813	0	2	24	2	14	7	0	0	0	0	0	0	86.410	38.884
2026	8.90%	-0.29%	-0.29%	-0.29%	911	885	0	2	24	2	14	7	0	0	0	0	0	0	121.148	54.516
2027	6.33%	-0.29%	-0.29%	-0.29%	967	942	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	164.241	69.408
2028	4.39%	-0.29%	-0.29%	-0.29%	1009	983	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	187.333	84.300
2029	2.98%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1038	1012	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	220.423	93.190
2030	1.97%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1058	1032	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	253.513	114.081
2031	1.26%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1070	1045	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	286.601	128.970
2032	0.76%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1078	1053	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	319.688	143.860
2033	0.42%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1083	1057	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	352.774	158.748
2034	0.19%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1085	1059	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	385.858	173.636
2035	0.03%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1085	1060	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	418.941	188.524
2036	-0.08%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1084	1059	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	452.023	203.411
2037	-0.16%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1082	1057	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	485.104	218.297
2038	-0.20%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1080	1055	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	518.184	233.183
2039	-0.23%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1078	1053	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	551.262	248.068
2040	-0.26%	-0.30%	-0.30%	-0.30%	1075	1050	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	584.340	262.953
2041	-0.27%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1072	1047	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	617.416	277.837
2042	-0.28%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1069	1044	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	650.490	292.721
2043	-0.28%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1066	1041	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	683.564	307.604
2044	-0.30%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1063	1038	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	716.636	322.486
2045	-0.30%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1059	1035	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	749.707	337.368
2046	-0.31%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1056	1032	0	2	22	2	13	7	0	0	0	0	0	0	782.777	352.250
2047	-0.31%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1053	1029	0	2	22	2	13	7	0	0	0	0	0	0	815.846	367.131
2048	-0.31%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1050	1025	0	2	22	2	13	7	0	0	0	0	0	0	848.915	382.011
2049	-0.31%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1046	1022	0	2	22	2	13	7	0	0	0	0	0	0	881.979	396.891
2050	-0.31%	-0.31%	-0.31%	-0.31%	1043	1019	0	2	22	2	13	7	0	0	0	0	0	0	915.044	411.770
2051	-0.31%	-0.32%	-0.32%	-0.32%	1040	1016	0	2	22	2	12	7	0	0	0	0	0	0	948.104	426.650
2052	-0.32%	-0.32%	-0.32%	-0.32%	1036	1013	0	2	22	2	12	7	0	0	0	0	0	0	977.883	440.047
2053	-0.32%	-0.32%	-0.32%	-0.32%	1033	1009	0	2	22	2	12	7	0	0	0	0	0	0	1009.301	454.185
2054	-0.32%	-0.32%	-0.32%	-0.32%	1030	1006	0	2	22	2	12	6	0	0	0	0	0	0	1039.101	467.536





Fuente: Autor

Anexo 10. Registro de Alcantarilla

DE LA VÍA GIRÓN-CORRIQUINGUE, PERTENECIENTE AL CANTÓN GIRÓN		
Ficha de Registro Pasos de Agua y Atarjeas		N°06
País Ecuador	Provincia Azuay	Cantón Girón
ENTRADA		
	Coordenadas UTM	
	Norte:	3643188.317
	Este:	709450.3867
	Cota invert:	3038
Estructura		
	SI	NO
Cabezal	<input checked="" type="checkbox"/>	
Caja	<input checked="" type="checkbox"/>	
Observaciones		
La alcantarilla se encuentra con pocos sedimentos en la salida.		
SALIDA		
	Coordenadas UTM	
	Norte:	3643187.741
	Este:	709446.5384
	Cota invert:	3037
Estructura		
	SI	NO
Cabezal	<input checked="" type="checkbox"/>	
Caja	<input checked="" type="checkbox"/>	
Observaciones		
La alcantarilla de salida se encuentra cubierta por la vegetación.		
ALCANTARILLA		
Material	Longitud	Observaciones Tubería Funcional-collapseda
PVC	5.33 m	
Hormigón	Diametro	
Armico	300mm	

Fuente: Autor

Anexo 11. Registro Alcantarilla

		"DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE LA VÍA GIRÓN-CURIQUINGUE, PERTENECIENTE AL CANTÓN GIRÓN"			
Ficha de Registro Pasos de Agua y Atarjeas					N°07
País Ecuador		Provincia Azulay		Cantón Girón	
ENTRADA					
			Coordenadas UTM Norte: 9642897.679 Este: 703748.3342 Cota invert: 3028		
Estructura					
Cabezal			SI	NO	
Caja			x	x	
Observaciones La alcantarilla se encuentra con pocos sedimentos en la salida.					
SALIDA					
			Coordenadas UTM Norte: 9642897.575 Este: 703750.08 Cota invert: 3027		
Estructura					
Cabezal			x	NO	
Caja			x	x	
Observaciones La alcantarilla se encuentra taponada casi en su total en el boquete de salida.					
ALCANTARILLA					
Material		Longitud		Observaciones	
PVC		3.10 m		rowspan="3"> Tubería Funcional-colapsada	
Hormigón		Diametro			
Armico		300mm			


Fuente: Autor

Figura 36. Localización Alcantarillas

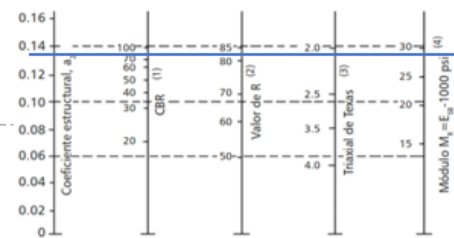


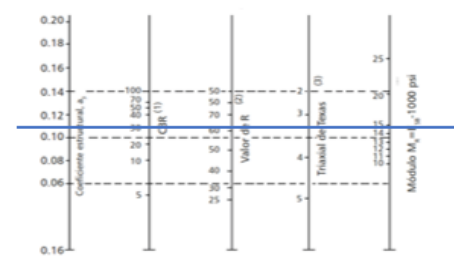
Fuente: (Google Earth, 2023)

Anexo 12. Diseño del Pavimento

	DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES SEGÚN LA AASHTO 93																																																														
VIA GIRON CURIQUINGUE																																																															
DATOS																																																															
CALIFORNIA BEARING RATIO CBR =	15.0 %	CBR dado por la colocación de capa de mejoramiento																																																													
Proyección a 20 años W18 =	322486 Hab																																																														
Velocidad de diseño V =	40 km/h																																																														
DISEÑO																																																															
<ul style="list-style-type: none"> Heukelom y Foster (1960) y Heukelom y Klomp (1962): $M_r = 10 \text{ CBR (MPa)} \text{ ó } M_r = 1500 \text{ CBR (psi), para CBR < 10\%}$																																																															
Módulo resiliente Mr =	22500 psi																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Módulo de elasticidad</th> </tr> <tr> <td>E =</td> <td>6000 MPa</td> </tr> <tr> <td>Conversion</td> <td>870228 psi</td> </tr> </table>	Módulo de elasticidad		E =	6000 MPa	Conversion	870228 psi	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Capa</th> <th>T (°C)</th> <th>f (Hz)</th> <th>v (km/h)</th> <th>E (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="12">Rodadura</td> <td rowspan="3">10</td> <td>2.5</td> <td>15-25</td> <td>7000</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>35-45</td> <td>8500</td> </tr> <tr> <td>10.0</td> <td>70-80</td> <td>9500</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">15</td> <td>2.5</td> <td>15-25</td> <td>5000</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>35-45</td> <td>6000</td> </tr> <tr> <td>10.0</td> <td>70-80</td> <td>7200</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">20</td> <td>2.5</td> <td>15-25</td> <td>3000</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>35-45</td> <td>4000</td> </tr> <tr> <td>10.0</td> <td>70-80</td> <td>5000</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">25</td> <td>2.5</td> <td>15-25</td> <td>2200</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>35-45</td> <td>2700</td> </tr> <tr> <td>10.0</td> <td>70-80</td> <td>3500</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">30</td> <td>2.5</td> <td>15-25</td> <td>1200</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>35-45</td> <td>1600</td> </tr> <tr> <td>10.0</td> <td>70-80</td> <td>2000</td> </tr> </tbody> </table>	Capa	T (°C)	f (Hz)	v (km/h)	E (MPa)	Rodadura	10	2.5	15-25	7000	5.0	35-45	8500	10.0	70-80	9500	15	2.5	15-25	5000	5.0	35-45	6000	10.0	70-80	7200	20	2.5	15-25	3000	5.0	35-45	4000	10.0	70-80	5000	25	2.5	15-25	2200	5.0	35-45	2700	10.0	70-80	3500	30	2.5	15-25	1200	5.0	35-45	1600	10.0	70-80	2000
Módulo de elasticidad																																																															
E =	6000 MPa																																																														
Conversion	870228 psi																																																														
Capa	T (°C)	f (Hz)	v (km/h)	E (MPa)																																																											
Rodadura	10	2.5	15-25	7000																																																											
		5.0	35-45	8500																																																											
		10.0	70-80	9500																																																											
	15	2.5	15-25	5000																																																											
		5.0	35-45	6000																																																											
		10.0	70-80	7200																																																											
	20	2.5	15-25	3000																																																											
		5.0	35-45	4000																																																											
		10.0	70-80	5000																																																											
	25	2.5	15-25	2200																																																											
		5.0	35-45	2700																																																											
		10.0	70-80	3500																																																											
30	2.5	15-25	1200																																																												
	5.0	35-45	1600																																																												
	10.0	70-80	2000																																																												

Cálculo del coeficiente estructural					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Coeficiente estructural a1</th> </tr> <tr> <td>a1 =</td> <td>0.561778 -</td> </tr> </table>	Coeficiente estructural a1		a1 =	0.561778 -	$a_1 = 0.184 \times \ln(E_1) - 1.9547$ $a_2 = 0.249 \times \log(E_2) - 0.977$ $a_3 = 0.227 \times \log(E_3) - 0.839$
Coeficiente estructural a1					
a1 =	0.561778 -				

Especificación Técnica MTOP: CBR de bases mayor o igual al 80%						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Coeficiente estructural a2</th> </tr> <tr> <td>a 2 =</td> <td>0.137803</td> </tr> </table>	Coeficiente estructural a2		a 2 =	0.137803		
Coeficiente estructural a2						
a 2 =	0.137803					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Módulo de resiliencia y elastico</th> </tr> <tr> <td>Mr 2 =</td> <td>29000 psi</td> </tr> <tr> <td>E 2 =</td> <td>30000 psi</td> </tr> </table>	Módulo de resiliencia y elastico		Mr 2 =	29000 psi	E 2 =	30000 psi
Módulo de resiliencia y elastico						
Mr 2 =	29000 psi					
E 2 =	30000 psi					

Especificación Técnica MTOP: CBR de sub bases mayor o igual al 30%						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Coeficiente estructural a2</th> </tr> <tr> <td>a 3 =</td> <td>0.114717</td> </tr> </table>	Coeficiente estructural a2		a 3 =	0.114717		
Coeficiente estructural a2						
a 3 =	0.114717					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Módulo de resiliencia y elastico</th> </tr> <tr> <td>Mr 3 =</td> <td>14900 psi</td> </tr> <tr> <td>E 3 =</td> <td>15900 psi</td> </tr> </table>	Módulo de resiliencia y elastico		Mr 3 =	14900 psi	E 3 =	15900 psi
Módulo de resiliencia y elastico						
Mr 3 =	14900 psi					
E 3 =	15900 psi					

Serviciabilidad		<table border="1"> <tr> <th>Tipo pavimento</th> <th>Serviciabilidad inicial, P_o</th> </tr> <tr> <td>Concreto</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>Asfalto</td> <td>4.2</td> </tr> </table> <p><small>Fuente: (AASHTO, 1993, p. 8-10)</small></p>		Tipo pavimento	Serviciabilidad inicial, P_o	Concreto	4.5	Asfalto	4.2														
Tipo pavimento	Serviciabilidad inicial, P_o																						
Concreto	4.5																						
Asfalto	4.2																						
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Serviciabilidad</th> </tr> <tr> <td>PSI σ=</td> <td>4.2</td> </tr> <tr> <td>PSI f=</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td>D PSI =</td> <td>2.0</td> </tr> </table>	Serviciabilidad		PSI σ =	4.2	PSI f =	2.2	D PSI =	2.0		<table border="1"> <tr> <th>Tipo de vía</th> <th>Serviciabilidad final, P_f</th> </tr> <tr> <td>Autopista</td> <td>2.5 - 3.0</td> </tr> <tr> <td>Carreteras</td> <td>2.0 - 2.5</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Zonas industriales</td> </tr> <tr> <td>Pavimento urbano principal</td> <td>1.5 - 2.0</td> </tr> <tr> <td>Pavimento urbano secundario</td> <td>1.5 - 2.0</td> </tr> </table> <p><small>Fuente: (AASHTO, 1983, p. 8-15)</small></p>		Tipo de vía	Serviciabilidad final, P_f	Autopista	2.5 - 3.0	Carreteras	2.0 - 2.5	Zonas industriales		Pavimento urbano principal	1.5 - 2.0	Pavimento urbano secundario	1.5 - 2.0
Serviciabilidad																							
PSI σ =	4.2																						
PSI f =	2.2																						
D PSI =	2.0																						
Tipo de vía	Serviciabilidad final, P_f																						
Autopista	2.5 - 3.0																						
Carreteras	2.0 - 2.5																						
Zonas industriales																							
Pavimento urbano principal	1.5 - 2.0																						
Pavimento urbano secundario	1.5 - 2.0																						

Drenaje		<table border="1"> <tr> <th>Calidad del drenaje</th> <th>Tiempo que tarda el agua en ser evacuada</th> </tr> <tr> <td>Excelente</td> <td>2 horas</td> </tr> <tr> <td>Bueno</td> <td>1 día</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>1 semana</td> </tr> <tr> <td>Pobre</td> <td>1 mes</td> </tr> <tr> <td>Muy malo</td> <td>El agua no evacúa</td> </tr> </table> <p><small>Fuente: AASHTO, 1993</small></p>		Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada	Excelente	2 horas	Bueno	1 día	Regular	1 semana	Pobre	1 mes	Muy malo	El agua no evacúa																														
Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada																																												
Excelente	2 horas																																												
Bueno	1 día																																												
Regular	1 semana																																												
Pobre	1 mes																																												
Muy malo	El agua no evacúa																																												
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Características drenaje</th> </tr> <tr> <td>Calidad =</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>Luvia (días)=</td> <td>55 días</td> </tr> <tr> <td>Saturacion =</td> <td>15.06849 %</td> </tr> </table>	Características drenaje		Calidad =	Bueno	Luvia (días)=	55 días	Saturacion =	15.06849 %		<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Características del drenaje</th> <th colspan="4">Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación</th> </tr> <tr> <th>Menos del 1%</th> <th>1 - 5%</th> <th>5 - 25%</th> <th>Más de 25%</th> </tr> <tr> <td>Excelente</td> <td>1.40 - 1.35</td> <td>1.35 - 1.30</td> <td>1.30 - 1.20</td> <td>1.20</td> </tr> <tr> <td>Bueno</td> <td>1.35 - 1.25</td> <td>1.25 - 1.15</td> <td>1.15 - 1.00</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>1.25 - 1.15</td> <td>1.15 - 1.05</td> <td>1.00 - 0.80</td> <td>0.80</td> </tr> <tr> <td>Pobre</td> <td>1.15 - 1.05</td> <td>1.05 - 0.80</td> <td>0.80 - 0.60</td> <td>0.60</td> </tr> <tr> <td>Muy malo</td> <td>1.05 - 0.95</td> <td>0.95 - 0.75</td> <td>0.75 - 0.40</td> <td>0.40</td> </tr> </table> <p><small>Fuente: AASHTO, 1993</small></p>		Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación				Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%	Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20	Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00	Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80	Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60	Muy malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40
Características drenaje																																													
Calidad =	Bueno																																												
Luvia (días)=	55 días																																												
Saturacion =	15.06849 %																																												
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación																																												
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%																																									
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20																																									
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00																																									
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80																																									
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60																																									
Muy malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40																																									
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Condiciones</th> </tr> <tr> <td>m2 =</td> <td>1 -</td> </tr> <tr> <td>m3 =</td> <td>1 -</td> </tr> </table>	Condiciones		m2 =	1 -	m3 =	1 -		<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Tipo de carretera</th> <th colspan="2">Nivel de confiabilidad, R (%)</th> </tr> <tr> <th>Urbana</th> <th>Interurbana</th> </tr> <tr> <td>Autopistas y carreteras importantes</td> <td>85.0 - 99.9</td> <td>80.0 - 99.9</td> </tr> <tr> <td>Arterias principales</td> <td>80.0 - 99.0</td> <td>75.0 - 95.0</td> </tr> <tr> <td>Colectoras</td> <td>80.0 - 95.0</td> <td>75.0 - 95.0</td> </tr> <tr> <td>Locales</td> <td>50.0 - 80.0</td> <td>50.0 - 80.0</td> </tr> </table> <p><small>Fuente: (AASHTO, 1983, p. 8-8)</small></p>		Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad, R (%)		Urbana	Interurbana	Autopistas y carreteras importantes	85.0 - 99.9	80.0 - 99.9	Arterias principales	80.0 - 99.0	75.0 - 95.0	Colectoras	80.0 - 95.0	75.0 - 95.0	Locales	50.0 - 80.0	50.0 - 80.0																			
Condiciones																																													
m2 =	1 -																																												
m3 =	1 -																																												
Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad, R (%)																																												
	Urbana	Interurbana																																											
Autopistas y carreteras importantes	85.0 - 99.9	80.0 - 99.9																																											
Arterias principales	80.0 - 99.0	75.0 - 95.0																																											
Colectoras	80.0 - 95.0	75.0 - 95.0																																											
Locales	50.0 - 80.0	50.0 - 80.0																																											
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Nivel de confiabilidad</th> </tr> <tr> <td>R =</td> <td>80 %</td> </tr> </table>	Nivel de confiabilidad		R =	80 %																																									
Nivel de confiabilidad																																													
R =	80 %																																												

<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Desviación estándar</th> </tr> <tr> <td>Zr =</td> <td>-0.841 -</td> </tr> </table>		Desviación estándar		Zr =	-0.841 -	<table border="1"> <tr> <th>Confiabilidad, %</th> <th>Desviación normal estándar, Zr</th> </tr> <tr><td>50</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>60</td><td>-0.253</td></tr> <tr><td>70</td><td>-0.524</td></tr> <tr><td>75</td><td>-0.674</td></tr> <tr><td>80</td><td>-0.841</td></tr> <tr><td>85</td><td>-1.037</td></tr> <tr><td>90</td><td>-1.282</td></tr> <tr><td>91</td><td>-1.340</td></tr> <tr><td>92</td><td>-1.405</td></tr> <tr><td>93</td><td>-1.476</td></tr> <tr><td>94</td><td>-1.555</td></tr> <tr><td>95</td><td>-1.645</td></tr> <tr><td>96</td><td>-1.731</td></tr> <tr><td>97</td><td>-1.811</td></tr> <tr><td>98</td><td>-2.054</td></tr> <tr><td>99</td><td>-2.327</td></tr> <tr><td>99.9</td><td>-3.090</td></tr> <tr><td>99.99</td><td>-3.750</td></tr> </table> <p><small>Fuente: (AASHTO, 1983, p. 4-2)</small></p>		Confiabilidad, %	Desviación normal estándar, Zr	50	0.000	60	-0.253	70	-0.524	75	-0.674	80	-0.841	85	-1.037	90	-1.282	91	-1.340	92	-1.405	93	-1.476	94	-1.555	95	-1.645	96	-1.731	97	-1.811	98	-2.054	99	-2.327	99.9	-3.090	99.99	-3.750
Desviación estándar																																													
Zr =	-0.841 -																																												
Confiabilidad, %	Desviación normal estándar, Zr																																												
50	0.000																																												
60	-0.253																																												
70	-0.524																																												
75	-0.674																																												
80	-0.841																																												
85	-1.037																																												
90	-1.282																																												
91	-1.340																																												
92	-1.405																																												
93	-1.476																																												
94	-1.555																																												
95	-1.645																																												
96	-1.731																																												
97	-1.811																																												
98	-2.054																																												
99	-2.327																																												
99.9	-3.090																																												
99.99	-3.750																																												
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Error normal combinado</th> </tr> <tr> <td>So =</td> <td>0.45 -</td> </tr> </table>	Error normal combinado		So =	0.45 -		<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Proyecto de pavimento</th> <th colspan="2">Desviación estándar, S_o</th> </tr> <tr> <th>Flexible</th> <th>Rígido</th> </tr> <tr> <td>Construcción nueva</td> <td>0.45</td> <td>0.35</td> </tr> <tr> <td>Sobrecapas</td> <td>0.50</td> <td>0.40</td> </tr> </table> <p><small>Fuente: (AASHTO, 1993, p. 1-42)</small></p>		Proyecto de pavimento	Desviación estándar, S _o		Flexible	Rígido	Construcción nueva	0.45	0.35	Sobrecapas	0.50	0.40																											
Error normal combinado																																													
So =	0.45 -																																												
Proyecto de pavimento	Desviación estándar, S _o																																												
	Flexible	Rígido																																											
Construcción nueva	0.45	0.35																																											
Sobrecapas	0.50	0.40																																											

Cálculo con la ecuación de la AASHTO					
$\log(W_{18}) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log(SN_i + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN_i + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log(M_i) - 8.07$					
SN 1 =	1.558803	SN 2 =	1.728601	SN 3 =	2.032096
Log (W18)=	5.508511	Log (W18)=	5.508511	Log (W18)=	5.508511
Log (W18)=	5.50863	Log (W18)=	5.508574	Log (W18)=	5.50867

	Con el Mr de la base	SN1 =	1.558803																					
	Con el MR de la subbase	SN2 =	1.728601																					
	Con el MR de la subrasante	SN3 =	2.032096																					
Cálculo el espesor de la carpeta asfáltica																								
	h1 =	2.8 in																						
	h1 =	7.0 cm																						
Cálculo espesores																								
$h_1 = \frac{SN_1}{a_1}$																								
$h_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \times m_2}$																								
$h_3 = \frac{SN_3 - SN_2^*}{a_3 \times m_3}$																								
<p style="text-align: right;"><i>Tabla 8.2. Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Número de ESALs</th> <th>Concreto asfáltico</th> <th>Base granular</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menos de 50,000</td> <td>2.5 cm</td> <td>10 cm</td> </tr> <tr> <td>50,000 - 15,000</td> <td>5.0 cm</td> <td>10 cm</td> </tr> <tr> <td>150,000 - 500,000</td> <td>6.5 cm</td> <td>10 cm</td> </tr> <tr> <td>500,000 - 2,000,000</td> <td>7.5 cm</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>2,000,000 - 7,000,000</td> <td>9.0 cm</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>Más de 7,000,000</td> <td>10.0 cm</td> <td>15 cm</td> </tr> </tbody> </table>				Número de ESALs	Concreto asfáltico	Base granular	Menos de 50,000	2.5 cm	10 cm	50,000 - 15,000	5.0 cm	10 cm	150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm	500,000 - 2,000,000	7.5 cm	15 cm	2,000,000 - 7,000,000	9.0 cm	15 cm	Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm
Número de ESALs	Concreto asfáltico	Base granular																						
Menos de 50,000	2.5 cm	10 cm																						
50,000 - 15,000	5.0 cm	10 cm																						
150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm																						
500,000 - 2,000,000	7.5 cm	15 cm																						
2,000,000 - 7,000,000	9.0 cm	15 cm																						
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm																						
Cálculo el espesor de la base																								
	h2 =	1.2 in																						
	h2 =	3.1 cm																						
Cálculo el espesor de la subbase																								
	h3 =	2.65 in																						
	h3 =	6.7 cm																						
Espesores mínimos																								
	Capa asfáltica =	3 in	7.62 cm																					
	Base granular =	5.90551181 in	15 cm																					
	Sub base granular =	5.90551181 in	15 cm																					
	Mejoramiento=	7.87401575 in	20 cm																					

Resumen estructura final			
Carpeta asfáltica =	3 in	<p>Carpeta asfáltica</p> <hr/> <p>Base granular</p> <hr/> <p>Sub base granular</p> <hr/> <p>Mejoramiento</p>	
Base granular =	15 cm		
Sub base granular =	15 cm		
Mejoramiento=	20 cm		

RESUMEN			
a1 = 0.56	m1 = 1	D1 (in) = 3.000	CUMPLE
a2 = 0.14	m2 = 1	D2 (in) = 5.9	CUMPLE
a3 = 0.11	m3 = 1	D3 (in) = 5.9	CUMPLE
			SN1 = 1.559
			SN2 = 1.729
			SN3 = 2.032

Fuente: Autor

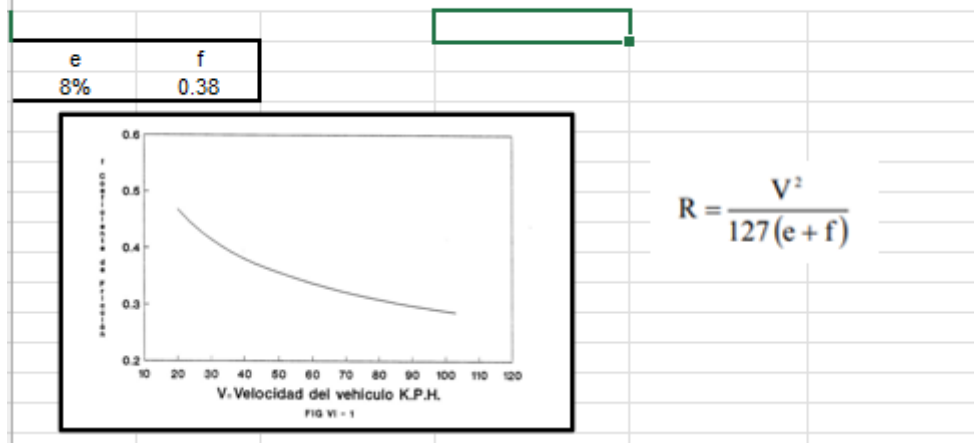
Anexo 13, Parámetros iniciales- Diseño Geométrico

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
DISEÑO GEOMÉTRICO CARRETERA GIRON - CURIQUINGUE		
ABSCISA 19+260 - 21+400		
PARÁMETROS INICIALES:		
Tráfico Promedio Diario Anual Proyectado:		Vehículos
Clase de Carretera, según MTOP 2003 :	III	Clase
Velocidad de Diseño:	40	Km/h
Radio Mínimo de Curvatura:	27.4	m

Fuente: Autor

Anexo 14. Coeficiente de fricción- Diseño Geométrico

La siguiente gráfica nos muestra el coeficiente de fricción para V: 40 km/h, haciendo uso de la ecuación presentada determinamos el Radio mínimo de curvatura



Fuente: Autor

Anexo 15. Distancia de frenado- Diseño Geométrico

Distancia de Frenado:		12.16	m
Haciendo uso de la ecuación presentada, se determina la distancia de parada o frenado			
f	G		
0.38	13.80%	G: La variable "G" indica la mayor pendiente en todo nuestro diseño vertical	
$d = \frac{V_c^2}{254(f \pm G)}$			

Fuente: Autor

Anexo 16. Distancia de Rebasamiento-Diseño Geométrico

Distancia de Rebasamiento:			268	m
De acuerdo a la siguiente tabla, se determina la distancia de rebasamiento				
DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO				
Vo, km/h	Velocidad de los vehiculos, Km/h		Distancia mínima de rebasamiento, Metros	
	REBASADO	REBASANTE	CALCULADA	RECOMENDADA
25	24	40		
30	28	44		
35	33	49		
40	35	51	268	270
45	39	55	307	310
50	43	59	345	345

Fuente: Autor

Anexo 17. Rectas Tangentes-Diseño Geométrico.

DISEÑO GEOMÉTRICO CARRETERA GIRON - CURIQUINGUE 19+260 - 21+400							
DISEÑO HORIZONTAL - RECTAS TANGENTES							
ABSCISA	AZIMUT	Δ	LONGITUD	PI NORTE	PI ESTE	ÁNGULO	PI
0+	0		0	9643552.2	709310.4		Inicio
0+	276.30	-8.01	276.30	9643590.7	709036.8	-8.01	PI1
0+	721.05	132.33	444.76	9643261.9	709336.3	-47.67	PI2
	1058.58	145.12	337.52	9643068.9	709613.2	-34.88	PI3
	1250.93	122.24	192.35	9642906.2	709715.8	-57.76	PI4
	1395.26	165.60	144.34	9642870.3	709855.6	-14.40	PI5
	1565.47	114.32	170.21	9642715.2	709925.7	-65.68	PI6
	1709.24	148.74	143.77	9642640.6	710048.6	-31.26	PI7
	1878.70	123.69	169.46	9642499.6	710142.6	-56.31	PI8
	2014.89	187.60	136.19	9642517.6	710277.6	7.59	PI9
	2158.30	132.40	143.41	9642411.7	710374.3	-47.60	PI10
	2313.65	183.84	155.35	9642422.1	710529.3	3.84	PI11
	2394.77	216.28	81.12	9642470.1	710594.7	36.28	Fin

Fuente: Autor

Anexo 18. Radios de Curvas-Diseño Geométrico

DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL		
RADIOS DE CURVAS		
Curva 1	69.55	m
Curva 2	574.26	m
Curva 3	264.69	m
Curva 4	77.49	m
Curva 5	72.51	m
Curva 6	147.73	m
Curva 7	241.95	m
Curva 8	68.42	m
Curva 9	84.46	m
Curva 10	103.83	m
Curva 11	138.01	m

Fuente: Autor

Anexo 19. Cálculo de curvas horizontales-Diseño Geométrico

DATOS DE CURVA					
N° Curva	Δ	Long. Tangente		Radio curva	
1	140.34	276.30		69.55	
TANGENTE	LONGITUD	L. CUERDA	E	M	G. Curvatura
192.866	170.36	130.85	135.473	45.96	107.80
	PI		PC		PT
0+	276.30	0+	83.430	0+	253.79

DATOS DE CURVA					
N° Curva	Δ	Long. Tangente		Radio curva	
2	12.79	444.76		574.26	
TANGENTE	LONGITUD	L. CUERDA	E	M	G. Curvatura
64.378	128.22	127.95	3.60	3.57	12.77
	PI		PC		PT
0+	505.68	0+	441.300	0+	569.52

DATOS DE CURVA					
N° Curva	Δ	Long. Tangente		Radio curva	
3	22.89	337.52		264.69	
TANGENTE	LONGITUD	L. CUERDA	E	M	G. Curvatura
53.580	105.73	105.03	5.37	5.26	22.74
	PI		PC		PT
0+	842.67	0+	789.087	0+	894.82

Fuente: Autor

Anexo 20. Cálculo de curvas horizontales-Diseño Geométrico

DATOS DE CURVA					
N° Curva	Δ	Long. Tangente		Radio curva	
4	43.36	192.35		77.49	
TANGENTE	LONGITUD	L. CUERDA	E	M	G. Curvatura
30.807	58.65	57.26	5.90	5.48	42.33
PI		PC		PT	
1033.59		1002.779		1061.42	

DATOS DE CURVA					
N° Curva	Δ	Long. Tangente		Radio curva	
5	51.28	144.34		72.51	
TANGENTE	LONGITUD	L. CUERDA	E	M	G. Curvatura
34.801	64.89	62.75	7.92	7.14	49.58
PI		PC		PT	
1174.95		1140.152		1205.05	

DATOS DE CURVA					
N° Curva	Δ	Long. Tangente		Radio curva	
6	34.42	170.21		147.73	
TANGENTE	LONGITUD	L. CUERDA	E	M	G. Curvatura
45.760	88.75	87.42	6.92	6.61	33.91
PI		PC		PT	
1340.45		1294.690		1383.44	

Fuente: Autor

Anexo 21. Cálculo de curvas horizontales-Diseño Geométrico

DATOS DE CURVA					
N° Curva	Δ	Long. Tangente		Radio curva	
7	25.05	143.77		241.95	
TANGENTE	LONGITUD	L. CUERDA	E	M	G. Curvatura
53.754	105.79	104.95	5.90	5.76	24.85
PI		PC		PT	
1481.45		1427.696		1533.49	

DATOS DE CURVA					
N° Curva	Δ	Long. Tangente		Radio curva	
8	63.91	169.46		68.42	
TANGENTE	LONGITUD	L. CUERDA	E	M	G. Curvatura
42.675	76.31	72.42	12.22	10.37	60.64
PI		PC		PT	
1649.19		1606.518		1682.83	

DATOS DE CURVA					
N° Curva	Δ	Long. Tangente		Radio curva	
9	55.20	136.19		84.46	
TANGENTE	LONGITUD	L. CUERDA	E	M	G. Curvatura
44.150	81.36	78.25	10.84	9.61	53.09
PI		PC		PT	
1776.35		1732.201		1813.56	

Fuente: Autor

Anexo 22. Cálculo de curvas horizontales-Diseño Geométrico

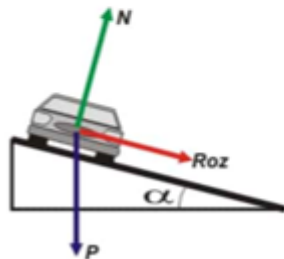
DATOS DE CURVA					
N° Curva	Δ	Long. Tangente		Radio curva	
10	51.44	143.41		103.83	
TANGENTE	LONGITUD	L. CUERDA	E	M	G. Curvatura
50.014	93.22	90.12	11.42	10.29	49.73
PI	PC	PT			
1912.82	1862.808	1956.02			

DATOS DE CURVA					
N° Curva	Δ	Long. Tangente		Radio curva	
11	32.44	155.35		138.01	
TANGENTE	LONGITUD	L. CUERDA	E	M	G. Curvatura
40.145	78.13	77.10	5.72	5.49	32.01
PI	PC	PT			
2061.36	2021.214	2099.35			

Fuente: Autor

Anexo 23. Sobrancho-Peralte- Diseño Geométrico

SOBRECANCHO	Sa:	0.80	m
<p>La norma MTOP cita el valor de sobre ancho mínimo para distintas velocidades, la velocidad del diseño geométrico de la vía Girón - Curiquingue es de 40 km/h, por ende el sobre ancho determinado es de 0,80 m</p>			
PERALTE	e:	8	%
<p>La norma MTOP nos indica el valor máximo de peralte para carreteras clase III, dicho valor es del 10%, por tal razón el peralte asumido para el diseño de la vía Girón Curiquingue es de 8%.</p>			



Fuente: Autor

Anexo 24. Diseño Geométrico Vertical

DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL					
RADIOS DE CURVAS VERTICALES			PIV CURVAS VERTICALES		
Curva 1	1163.551	m	Curva 1	42.42	m
Curva 2	510.756	m	Curva 2	95.09	m
Curva 3	1599.945	m	Curva 3	160.8	m
Curva 4	552.034	m	Curva 4	214.36	m
Curva 5	976.653	m	Curva 5	458.72	m
Curva 6	698.847	m	Curva 6	534.54	m
Curva 7	1973.675	m	Curva 7	774.76	m
Curva 8	481.639	m	Curva 8	879.66	m
Curva 9	506.01	m	Curva 9	1042.53	m
Curva 10	295.828	m	Curva 10	1168.11	m
Curva 11	595.058	m	Curva 11	1360.58	m
Curva 12	386.097	m	Curva 12	1480.43	m
Curva 13	319.16	m	Curva 13	1644.33	m
Curva 14	306.604	m	Curva 14	1763.12	m
Curva 15	694.646	m	Curva 15	1862.8	m
Curva 16	458.032	m	Curva 16	1920	m
Curva 17	363.79	m	Curva 17	1975.89	m
Curva 18	525.041	m	Curva 18	2017.58	m
Curva 19	400.557	m	Curva 19	2060	m

Fuente: Autor

Anexo 25. Cálculo de curvas verticales- Diseño Geométrico

DATOS DE CURVA					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
1	3028.429	-6.06	-9.92	CONVEXA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
11.636	3.86	44.915	22.45748	0.21671468	0.000
	0.0386				
DATOS DE CURVA					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
2	3023.202	-9.92	-2.55	CONCAVA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
5.108	7.37	37.646	18.82298	0.34681341	0.001
	0.0737				
DATOS DE CURVA					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
3	3021.529	-2.55	-4.3	CONVEXA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
15.999	1.75	27.998	13.999125	0.06124617	0.000
	0.0175				
DATOS DE CURVA					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
4	3019.255	-4.3	2.36	CONCAVA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
5.52	6.66	36.763	18.3816	0.306	0.001
	0.0666				

Fuente: Autor

Anexo 26. Cálculo de curvas verticales- Diseño Geométrico

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
5	3025	2.36	8.93	CONCAVA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
9.767	6.57	64.169	32.084595	0.527	0.001
	0.0657				

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
6	3031.769	8.93	4.72	CONVEXA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
6.988	4.21	29.419	14.70974	0.155	0.001
	0.0421				

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
7	3043.102	4.72	-1.65	CONVEXA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
19.737	6.37	125.725	62.862345	1.001	0.000
	0.0637				

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
8	3041.368	-1.65	-10.05	CONVEXA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
4.816	8.4	40.454	20.2272	0.425	0.001
	0.084				

Fuente: Autor

Anexo 27. Cálculo de curvas verticales- Diseño Geométrico

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
9	3025	-10.05	7.75	CONCAVA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
5.06	17.8	90.068	45.034	2.004	0.001
	0.178				

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
10	3034.736	7.75	-11.54	CONVEXA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
2.958	19.29	57.060	28.52991	1.376	0.002
	0.1929				

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
11	3012.52	-11.54	9.34	CONCAVA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
5.951	20.88	124.257	62.12844	3.243	0.001
	0.2088				

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
12	3023.711	9.34	-7.97	CONVEXA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
3.861	17.31	66.834	33.416955	1.446	0.001
	0.1731				

Fuente: Autor

Anexo 28. Cálculo de curvas verticales- Diseño Geométrico

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
13	3010.648	-7.97	15.73	CONCAVA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
3.192	23.7	75.650	37.8252	2.241	0.002
	0.237				

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
14	3029.337	15.73	-13.8	CONVEXA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
3.066	29.53	90.539	45.26949	3.342	0.002
	0.2953				

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
15	3015.579	-13.8	-8.01	CONCAVA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
6.946	5.79	40.217	20.10867	0.291	0.001
	0.0579				

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
16	3011	-8.01	6.51	CONCAVA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
4.58	14.52	66.502	33.2508	1.207	0.001
	0.1452				

Fuente: Autor

Anexo 29. Cálculo de curvas verticales- Diseño Geométrico

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
17	3014.641	6.51	-0.12	CONVEXA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
3.638	6.63	24.120	12.05997	0.200	0.001
	0.0663				

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
18	3014.591	-0.12	-4.97	CONVEXA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
5.25	4.85	25.463	12.73125	0.154	0.001
	0.0485				

<i>DATOS DE CURVA</i>					
N° Curva	Cota	Pendiente m	Pendiente n	Tipo de Curva	
19	3012.483	-4.97	8.5	CONCAVA	
Coef. K	A	LV	LV/2	EV	Y
4.006	13.47	53.961	26.98041	0.909	0.001
	0.1347				

Fuente: Autor