



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA VÍA A
LA COMUNIDAD MORASCALLE DE LA PARROQUIA TARQUI
PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY.**

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

AUTORES: SANTIAGO ISMAEL NASPUD URGILÉS

MILTON DAVID TOLEDO ARMIJOS

TUTOR: ING. IVÁN ALEJANDRO MEJÍA REGALADO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2023

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

Nosotros, Santiago Ismael Naspud Urgilés con documento de identificación N° 0350087102 y Milton David Toledo Armijos con documento de identificación N° 0106650054; 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, 4 de agosto del 2023

Atentamente,



Santiago Ismael Naspud Urgilés

0350087102



Milton David Toledo Armijos

0106650054

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

Nosotros, Santiago Ismael Naspud Urgilés con documento de identificación N° 0350087102 y Milton David Toledo Armijos con documento de identificación N° 0106650054, 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 del pavimento de la vía a la comunidad Morascale de la parroquia Tarqui perteneciente al cantón Cuenca, provincia del Azuay.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, 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, 4 de agosto del 2023

Atentamente,



Santiago Ismael Naspud Urgilés

0350087102



Milton David Toledo Armijos

0106650054

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Iván Alejandro Mejía Regalado con documento de identificación N° 0101883841 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA VÍA A LA COMUNIDAD MORASCALLE DE LA PARROQUIA TARQUI PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY., realizado por Santiago Ismael Naspud Urgilés con documento de identificación N° 0350087102 y por Milton David Toledo Armijos con documento de identificación N° 0106650054, 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, 04 de agosto del 2023

Atentamente,



Ing. Iván Alejandro Mejía Regalado, MSc
C.C: 0101883841

DEDICATORIA

A mis padres Piedad Guadalupe y Jorge Ernesto por el apoyo incondicional que cada día me brindan, con el afán de alcanzar mis metas y mis logros; con la finalidad de poder llegar a ser una persona de utilidad para la sociedad, por los valores y principios que me han inculcado y que han logrado en mi llegar a ser una persona que luche y logre alcanzar mis metas sin importar el grado de los desafíos y de igual forma a mis hermanos que me han sabido aconsejar en los momentos necesarios para poder crecer como persona y saber afrontar los problemas que la vida me presente.

Santiago Ismael

Este trabajo de titulación dedico a mis padres Milton Gustavo y Nancy Fluid quienes día a día durante mi periodo académico me han sabido apoyar, me han sabido ayudar para salir adelante como profesional y sobre todo como persona, a mi hermana Paola por ser un ejemplo a seguir.

Mis dedicatorias son muy bastas, gracias a la gente que estuvo conmigo durante todo este transcurso de mi vida académica, familiares, primos y amigos, nuevamente gracias por aquellas palabras de aliento, aquellos consejos que nunca están por demás.

Milton David

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. CONTENIDO	
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	1
EL PROBLEMA DE ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Antecedentes	1
1.2.1 Ubicación Micro del Proyecto	2
1.2.2 Población	2
1.2.3 Economía	3
1.2.4 Estudio del área	3
1.3 Justificación	4
1.4 Estado del arte	4
Objetivo General:	5
Objetivos específicos:	5
CAPÍTULO 2	6
2. MARCO TEORICO	6
2.1 Carreteras	6
2.1.1 Clasificación de las carreteras en función del TPDA	6
2.1.2 Clasificación por jerarquía vial	6
2.2 Topografía	7
2.3 Tráfico	8
2.3.1 Tráfico promedio diario anual (TPDA)	8
2.3.2 Volumen de tránsito	9
2.3.3 Tránsito actual	9
2.3.4 Tránsito futuro	10

2.3.5	Tránsito inducido	11
2.3.6	Tránsito por desarrollarse	11
2.3.7	Determinación del Número total de ejes equivalentes	11
2.4	Señalización	12
2.4.1	Colores	12
2.4.2	Distancias de legibilidad:	13
2.4.3	Señales Regulatorias	13
2.5	Diseño Geométrico	17
2.5.1	Velocidad de diseño	17
2.5.2	Radio mínimo de curvatura horizontal	18
2.5.3	Alineamiento Horizontal:	19
2.5.4	Alineamiento Vertical	21
2.5.5	Peralte	25
2.5.6	Sobreechancho	26
2.5.7	Distancia de Visibilidad	29
2.6	Drenaje	32
2.6.1	Drenaje Superficial	32
2.6.2	Drenaje Subterráneo	33
2.6.3	Precipitaciones	33
2.6.3.1	Formación de las precipitaciones	33
2.6.4	Interpretación de datos de lluvia	33
2.6.5	Estimación de la distribución espacial de las precipitaciones	34
2.6.5.1	Curvas intensidad, duración y frecuencia (IDF)	34
2.6.5.2	Cálculo de curvas IDF por método simplificado	34
2.7	Cunetas	35
2.7.1	Localización pendiente y velocidad	35
2.7.2	Forma de la sección	36
2.7.3	Escorrentía superficial	39
2.7.4	Alcantarillas	40
2.8	Suelos de fundación y subrasante	42
2.8.1	Definición de Suelo y Roca	42
2.8.2	Etapas de un estudio de suelos	42
2.8.3	Trabajos de campo	42
2.8.4	Ensayos de Laboratorio	43
2.9	Pavimentos	44
2.9.1	Clasificación de los pavimentos	45
2.9.2	Metodología AASHTO para diseño de pavimentos flexibles	45

CAPÍTULO 3	53
3. METODOLOGÍA	53
3.1 Materiales y equipos usados	53
3.1.1 Medición en tiempo real cinemático (RTK)	53
3.1.2 Radios de comunicación	53
3.1.3 Flexómetro	54
3.1.4 Cinta métrica	54
3.1.5 Computador	54
3.2 Recopilación de datos	54
3.2.1 Análisis y recopilación de información	54
3.2.2 Ubicación del proyecto	54
3.2.3 Determinación del flujo vehicular	55
CAPÍTULO 4	57
4. CÁLCULOS	57
4.1 Introducción	57
4.1.1 Conteo Vehicular para cálculo del TPDA	57
4.1.2 Cálculo del TPDA	59
4.1.3 Proyección del tráfico	60
4.1.4 Cálculo del ESALS	63
4.1.5 Diseño del pavimento flexible	66
4.1.6 Levantamiento Topográfico	73
4.1.7 Diseño Geométrico	74
4.1.8 Presupuesto Total del Proyecto	93
4.2 Conclusiones	96
4.3 Recomendaciones	96
5. Bibliografía	97
5.1 Anexos	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población de la comunidad Morascale	3
Tabla 2. Clasificación de carreteras según el TPDA	6
Tabla 3. Clasificación de las carreteras según su jerarquía	6
Tabla 4. Distancia de Legibilidad de letreros	13
Tabla 5. Velocidades de circulación.....	18
Tabla 6. Elementos de una Curva Circular Simple	19
Tabla 7. Valores de K para las diferentes velocidades en curvas Convexas	22
Tabla 8. Valores de K para las diferentes velocidades en curvas Cóncavas	23
Tabla 9. Dimensiones para el cálculo del sobreebanco en los vehículos de tipo rígido	27
Tabla 10. Valores de los coeficientes a, b, c.....	35
Tabla 11. Velocidades del agua con las que se erosionan los materiales	35
Tabla 12. Valores promedios del coeficiente de Manning “n”	37
Tabla 13. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas urbanas.....	39
Tabla 14. Clasificación del suelo a través de CBR	44
Tabla 15. Niveles de Confiabilidad	46
Tabla 16. Niveles de Serviciabilidad So.....	46
Tabla 17. Índices de serviciabilidad en base al TPDA	47
Tabla 18. Calidad de drenaje según tiempos de exposición.....	50
Tabla 19. Coordenadas del proyecto	55
Tabla 20. Formato para contabilizar los vehículos	56
Tabla 21. Total, de Vehículos que entran y salen en una semana	57
Tabla 22. Resumen de Giros en 24 horas	57
Tabla 23. Factor semanal correspondiente el presente año.....	58
Tabla 24. Consumo de combustibles para la provincia del Azuay 2022	59
Tabla 25. Corrección de Tráfico observado en la intersección	59
Tabla 26. Proyección de vehículos según modelo logístico	61
Tabla 27. Tasa de crecimiento Vehicular.....	62
Tabla 28. Proyección del TPDA	63
Tabla 29. Factor Equivalente por tipo de carga	64
Tabla 30. Factor de distribución de carriles	64
Tabla 31. TPDA total	65
Tabla 32. Cálculo de Número de Ejes Equivalentes a 8.2 Toneladas	65
Tabla 33. CBR obtenidos de laboratorio.....	66
Tabla 34. Determinación de los Niveles de Confiabilidad R	66
Tabla 35. Determinación del parámetro Zr	67
Tabla 36. Determinación de los Niveles de serviciabilidad So.....	67
Tabla 37. Selección de los Índices de confiabilidad en base al TPDA	67
Tabla 38. Selección de la Calidad de drenaje según tiempos de exposición.....	70
Tabla 39. Resumen de Parámetros a utilizar	70
Tabla 40. Cálculo de los números estructurales Requeridos.....	71
Tabla 41. Cálculo de los Espesores	71
Tabla 42. Cálculo de los Número estructurales Reales	71
Tabla 43. Comprobación de las Condiciones	72
Tabla 44. Comprobación de los Parámetros de diseño	72
Tabla 45. Resultado Final de las Dimensiones de las Capas	72
Tabla 46. Cálculo de las Velocidades de circulación	75
Tabla 47. Resumen de Curvas Horizontales	80
Tabla 48. Resumen de Curvas Horizontales	82
Tabla 49. Cálculo del sobreebanco en los vehículos de tipo rígido.....	83
Tabla 50. Precipitaciones máximas de la estación Tarqui DJ Cumbe.....	85

Tabla 51. Cálculo de las Intensidades para cada Periodo	86
Tabla 51. Interpretación de las Curvas IDF	86
Tabla 53. Coeficientes de Escorrentía	87
Tabla 54. Coeficientes de escorrentía ponderados según área de aporte.....	87
Tabla 55. Resumen de Cunetas	89
Tabla 56. Alcantarillas de Alivio.....	93
Tabla 57. Presupuesto Total del Proyecto.....	94
Tabla 58. Cronograma Valorado	95
Tabla 59. Ruta Crítica	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Parroquia.....	2
Figura 2. Actividades según porcentaje de aporte al ingreso mensual.....	3
Figura 3. Señalización Pare (R1-1).....	14
Figura 4. Señalización Pare (R1-2).....	14
Figura 5. Señalización una vía izquierda (R2–1I), o derecha (R2–1D).....	15
Figura 6. Señalización Doble vía (R2-2).....	15
Figura 7. Señalización ceda el paso (R2-4).....	15
Figura 8. Señalización no entre (R2-7).....	16
Figura 9. Señalización no pesados (R3-2).....	16
Figura 10. Señalización No buses (R3-3).....	16
Figura 11. Señalización límite máximo de velocidad.....	17
Figura 12. Señalización límite máximo de velocidad con iluminación.....	17
Figura 13. Elementos de una Curva Circular Simple.....	19
Figura 14. Curvas verticales convexas.....	22
Figura 15. Curvas verticales cóncavas.....	23
Figura 16. Estabilidad de un vehículo en curvas.....	25
Figura 17. Coeficiente de fricción.....	26
Figura 18. Sobreechanco en las Curvas.....	27
Figura 19. Dimensiones de un vehículo rígido.....	28
Figura 20. Velocidad del vehículo K.P.H.....	30
Figura 21. Distancia de visibilidad en curvas horizontales.....	30
Figura 22. Distancia de Visibilidad Lateral.....	31
Figura 23. Curvas típicas intensidad – duración – frecuencia, IDF.....	34
Figura 24. Secciones típicas de una cuneta.....	36
Figura 25. Dimensiones típicas de una cuneta.....	36
Figura 26. Sección de la cuneta.....	38
Figura 27. Componentes de una alcantarilla.....	40
Figura 28. Canal circular.....	40
Figura 29. Funcionamiento de las pocetas.....	41
Figura 30. Determinación del Módulo Resiliente de la capa asfáltica.....	48
Figura 31. Ábaco para determinar el número estructural de la base.....	49
Figura 32. Ábaco para determinar el número estructural de la subbase.....	50
Figura 33. Composición de las capas de un pavimento.....	51
Figura 34. Composición de un RTK.....	53
Figura 35. Ubicación del proyecto.....	55
Figura 36. Ubicación de las Estaciones de Conteo.....	55
Figura 37. Estimación del número estructural de la subrasante.....	68
Figura 38. Estimación del número estructural de la base y Sub base.....	69
Figura 39. Estimación del Módulo Resiliente de la capa asfáltica.....	69
Figura 40. Resultados de los espesores de las carpetas.....	73
Figura 41. Planteamiento del RTK.....	73
Figura 42. Nube de puntos del Levantamiento.....	74
Figura 43. Superficie del levantamiento.....	74
Figura 44. Estimación del Coeficiente de fricción.....	76
Figura 45. Vista en planta de la Poceta.....	90
Figura 46. Alturas de las Pocetas.....	90
Figura 47. Estructura de Salida de las alcantarillas.....	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A 1. Cámara de Conteo Vehicular	99
Anexo A 2. Colocación de la Cámara para el Conteo	100
Anexo A 3. Cámara en Funcionamiento	100
Anexo A 4. Conteo Vehicular Estación E1 – Ingreso	101
Anexo A 5. Conteo Vehicular Estación E3 -Salida.....	103
Anexo B 1. Resultados de Laboratorio - Calicata C2	105
Anexo B 2. Resultados de Laboratorio - Calicata C3	106
Anexo C 1. Velocidades de Diseño	107
Anexo C 2. Distancias de frenado	107
Anexo C 3. Distancias de Visibilidad.....	108
Anexo C 4. Alineamientos Horizontales	109
Anexo C 5. Cálculo de Sobreanchos	119
Anexo C 6. Alineamiento Vertical	120
Anexo C 7. Diseño Transversal – Peraltes	125
Anexo C 8. Obras de Drenaje Vial.....	126
Anexo C 9. Tabla de Señalización.....	137
Anexo D 1. PLANOS.....	138

RESUMEN

En la actualidad el tema de vialidad es uno de los temas de mayor importancia que se genera en la sociedad, ya que gracias a ésta; nos permite satisfacer diversas necesidades que son de carácter básicas como lo pueden ser de educación, de un trabajo honrado o de una buena alimentación y una buena salud. Es por esto que éstas necesidades pueden llegar a ser las principales actividades que una sociedad requiere para vivir y progresar; mejorando su forma de vida, es por esto que el desarrollo del presente proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, tiene como propósito realizar el diseño geométrico y estructural del pavimento de la vía que corresponde a la entrada principal de la comunidad Morascalle perteneciente a la parroquia Tarqui, para que de esta forma se pueda llegar a brindar a la comunidad una vía en óptimas condiciones que pueda cumplir con todos los parámetros y normativas de diseño que ésta necesita.

Para el correcto desarrollo del proyecto se realizó varias visitas a la comunidad Morascalle con la finalidad de tener un concepto sobre las condiciones en las que se encuentra el terreno y de igual forma realizar a cabo los diversos estudios que conllevan el desarrollo del proyecto.

Teniendo presente que, para poder realizar el diseño geométrico de la vía, se utilizó la normativa MTOP, para poder realizar el diseño estructural del pavimento se hizo uso de la normativa ASSHTO 93 ya que son las respectivas normas utilizadas en el Ecuador.

Una vez obtenidos los diseños finales de la vía, mediante los respectivos estudios y cálculos de la vía se procedió a obtener los diferentes volúmenes de obra que son de carácter necesario para poder realizar las APUS (Análisis de precios Unitarios) y de igual forma obtener los presupuestos referenciales conjuntamente con las rutas críticas y cronogramas valorados.

Palabras Clave: Diseño geométrico y pavimentos, TPDA, conteos vehiculares, proyección del tráfico, ESALS.

ABSTRACT

Nowadays, the issue of roads is one of the most important issues that is generated in society, because thanks to this, it allows us to satisfy various needs that are of a basic nature such as education, an honest job or good food and good health. That is why these needs can become the main activities that a society requires to live and progress; improving their way of life, that is why the development of this project prior to obtaining the title of Civil Engineer, aims to perform the geometric and structural design of the pavement of the road that corresponds to the main entrance of the community Morascalle belonging to the parish Tarqui, so that in this way we can get to provide the community a road in optimal conditions that can meet all the parameters and design standards that it needs.

For the proper development of the project, several visits were made to the Morascalle community in order to have a concept of the conditions in which the land is located and also to carry out the various studies involved in the development of the project.

Bearing in mind that, in order to carry out the geometric design of the road, the MTOP standards were used; in order to carry out the structural design of the pavement, the ASSHTO 93 standards were used, since they are the respective standards used in Ecuador.

Once the final designs of the road were obtained, by means of the respective studies and calculations of the road, we proceeded to obtain the different volumes of work that are necessary to be able to carry out the APUS (Analysis of Unit Prices) and in the same way to obtain the referential budgets together with the critical routes and valued chronograms.

Keywords: Geometric design and pavements, TPDA, vehicle counts, traffic projection, ES

INTRODUCCIÓN

Una carretera es un tipo de infraestructura utilizado para la movilización y transporte; adecuado dentro de todas las áreas que comprende un terreno, el cual se le conoce como derecho vial, tiene como objetivo la correcta circulación de un conjunto de vehículos de forma consecutiva en un determinado espacio y tiempo, con varios niveles que brindan mayor seguridad y comodidad al hacer uso de éstas.

Para el desarrollo de una carretera, los parámetros geométricos es una de las partes de mayor importancia debido a qué; a través de este diseño se establecen los lineamientos geométricos con la finalidad que la vía que está en desarrollo sea segura, cómoda de transitar, estética, funcional y que ésta no tenga incidencia en la afectación del medio ambiente.

El diseño de una vía será óptima en base a sus características geométricas teniendo presente el tipo de volúmenes de tráfico, con la finalidad que otorgue una buena movilidad en base a un tipo de velocidad de operación que llegue a ser suficiente para una buena circulación. (Cárdenas, 2013)

EL PROBLEMA DE ESTUDIO

1.1 Planteamiento del problema

La comunidad Morascale cuenta con una vía que sirve para que la población perteneciente a la comunidad pueda movilizarse haciendo uso de la misma; que se conecta a la vía alterna entre el cantón Cuenca y la parroquia Tarqui. La vía existente presenta características precarias en lo que a movilidad se refiere debido a que; ésta al no estar pavimentada y al no poder contar con un diseño geométrico correcto, hace que la vía sea poco transitable generando un mal estar a la población de la comunidad, de igual forma a la población que circula por ella.

La vía existente en la comunidad presenta condiciones precarias en lo que respecta a los diferentes parámetros viales con los que debe cumplir una carretera para que ésta

1.2 Antecedentes

En la sociedad de hoy en día es de gran importancia la movilidad, ya que gracias a ella muchas personas se trasladan de un destino a otro diariamente, ya sea en auto privado o en transporte público, la vía principal existente en la comunidad de Morascale tiene como destino dirigir a los transeúntes al centro de la comunidad y de igual forma a sus comunidades aledañas como la comunidad de Chaullayacu y al centro parroquial de la parroquia Tarqui, es por esto que las infraestructuras viales son de gran importancia para poder brindar un mejor estilo de vida tanto social como personal para la población en general comunicando a todo un conjunto de personas de una misma localidad.

En la comunidad de Morascale se plantea realizar y analizar los estudios debidos con la finalidad de poder desarrollar el diseño geométrico y estructural del pavimento de la carretera que conecta esta comunidad con la carretera que se dirige al centro parroquial de Tarqui caracterizada por tener una población que se dedica a la agricultura y ganadería, la parroquia Tarqui se distingue también por sus diferentes atractivos turísticos que ofrece a lo largo de todas sus comunidades que conforman la misma, con la finalidad de brindar una mejor calidad y la forma en la que vive la población del lugar. Teniendo en cuenta varios factores y aspectos necesarios para desarrollar el diseño geométrico y estructural de una vía son el tipo y volumen de tráfico, de igual manera el análisis del suelo, cálculo del TPDA, proyección del tráfico obtenido en la cuantificación de los mismos, entre otros.

1.2.1 Ubicación Micro del Proyecto

El proyecto está ubicado en la parroquia de Tarqui, ubicada en el suroeste del cantón Cuenca, cantón perteneciente a la provincia del Azuay. La parroquia Tarqui, se compone de 26 comunidades y de igual forma con un centro urbano parroquial. Los habitantes de Tarqui representan el 2.0% de los habitantes totales del Cantón Cuenca que es de 505585 hab² (PDOT Tarqui, 2014).

Figura 1. Ubicación de la Parroquia



Fuente: (PDOT Tarqui, Plan de Ordenamiento Territorial, 2014)

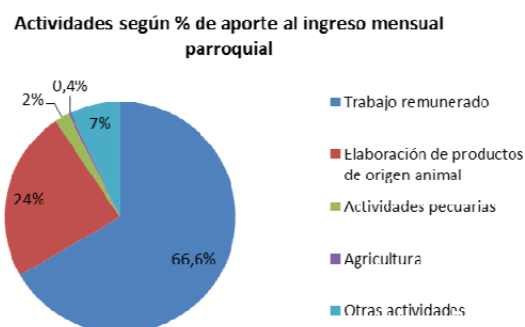
1.2.2 Población

Los números de pobladores en la parroquia de Tarqui, según último de los censos de poblaciones y Viviendas (INEC 2010) es de un total de 10490 habitantes, este número se encuentra estimado en base al género distribuyéndose porcentualmente de las siguientes maneras: el 46% pertenecen a hombres (4833 hab.) y el 54% pertenecen al total de mujeres (5657 hab.) (INEC, 2010).

1.2.3 Economía

La parroquia económicamente activa de Tarqui en base a los Censos de Poblaciones y Viviendas hechos por el INEC en el periodo del año 2010 pertenecen al 40,37% de la parroquia en total, referencia menos a la del cantón perteneciente a Cuenca ubicado en un 45,7%, las tasas de desempleos de la parroquia de Tarqui se encuentran ubicados en un 10%, indicador alto a diferencia del Cantonal que está registrado en un 3,39% (PDOT Tarqui, 2014).

Figura 2. Actividades según porcentaje de aporte al ingreso mensual



Fuente: (PDOT Tarqui, Plan de Ordenamiento Territorial, 2014)

De acuerdo a la figura 2, varias de las actividades económicas caracterizadas en la población en base a los porcentajes de las personas que ejecutan éstas son: las construcciones en las cuales se empeñan un 14,2% de los habitantes entrevistados, seguidamente por los empleos domésticos con un 8,8%, después los agricultores con 6,6%, le siguen los comerciantes con un 5,7%. Las actividades ganaderas que caracterizan a la parroquia de Tarqui, en base a los porcentajes de las personas que ejecutan estas actividades no tienen un peso porcentual considerable debido a que registran un 1,5% (PDOT Tarqui, 2014).

1.2.4 Estudio del área

En la comunidad Morascalle perteneciente a la parroquia Tarqui, conviven un bajo número de habitantes en general, para tener una idea de la población, se tomó como referencia estudios publicados por el INEC en el año 2010 (Tabla 1), que dan a conocer una estimación de la población de la comunidad en dicho año, favoreciendo a los habitantes de la misma y a las personas que transitan por ésta para llegar a sus destinos. De igual forma se realizaron los diferentes estudios de flujos vehiculares actuales para tener en cuenta los tipos y volúmenes de tránsito presentes en la zona de estudio y así poder avanzar en el diseño del mismo (INEC, 2010).

Tabla 1. Población de la comunidad Morascalle

Comunidad	Hombres	Mujeres	Total	% población
Morascalle	127	149	276	3%

Fuente: (INEC, Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos, 2010)

1.3 Justificación

El diseño de carreteras es un tema de gran importancia en la sociedad de hoy en día ya que mediante éstas, permiten brindar a las personas una mejor calidad de vida y de igual manera una forma en la que se movilizan y comunican con total seguridad a cualquier lugar de una determinada área teniendo en cuenta varios factores como la comodidad y la seguridad que son de gran importancia para que una carretera pueda ser circulada por cualquier tipo de usuario que hace uso de estas para llegar a su destino.

Es por esto que mediante los estudios realizados para analizar y comprender el estado actual de la vía existente en la comunidad Morascale se pudo llegar a concluir qué es lo que ésta necesita y cuáles son sus desperfectos, para así proceder a llevar a cabo el desarrollo de los componentes que conforman el diseño tanto geométrico como estructural de la vía con la finalidad de brindar a la comunidad una carretera en óptimas condiciones viales.

Para el desarrollo del diseño geométrico se tendrá incondicional en cuenta la infraestructura vial existente, en base de la cual se desarrollarán los estudios que son fundamentales para lograr un nuevo diseño geométrico y de pavimentos, mejorando el trazado actual para cumplir con la norma de diseño MTOP 2003 logrando de esta manera niveles adecuados de comodidad y seguridad para los habitantes.

1.4 Estado del arte

Se denomina tránsito a la circulación de un determinado conjunto de personas, algunas de éstas haciendo uso de vehículos por un determinado espacio público o carretera, tratándose de un factor físico y de igual forma social. Teniendo en cuenta que, cualquier tipo de estudios de los diferentes incidentes de tránsito urbano nace de la identificación de estos factores. A estos conceptos de los conoce como teoría de tráfico vehiculares (Fernández, 2010).

En una sociedad; cuando el tiempo avanza, la población presenta un aumento a nivel mundial, dando como resultado el incremento de la presencia de vehículos que sirven como transporte para los ciudadanos por lo que existe la necesidad de construir, ampliar o brindar mejores características a las carreteras. De igual forma, el incremento de la potencia y las velocidades en los autos en los últimos tiempos teniendo en cuenta la seguridad de los usuarios, así como el cuidado de la naturaleza, han llevado a que las carreteras presenten condiciones y especificaciones de carácter muy estricto para evitar cualquier circunstancia que pueda llegar a afectar a los usuarios que estén haciendo uso de la carretera (Leclair, 2004).

Existen varias diferencias muy significativas en los respectivos requisitos de las carreteras entre regiones territoriales. En ocasiones existe la necesidad de hacer uso de medidas que pueden llegar a ser únicas. Como, por ejemplo, las montañas se pueden ver caracterizadas por pendientes de gran magnitud y por presentar condiciones climáticas que pueden llegar a ser diferentes de otras ubicaciones geográficas. Por lo que hay que tener muy en cuenta los conceptos básicos de ubicación, planificación, diseño y mantenimiento para poder realizar una carretera en óptimas condiciones (Leclair, 2004).

Para realizar cualquier tipo de diseños de una carretera, los estudios topográficos son aspectos de mayor relevancia para así conocer el estado del terreno en el cual se va a diseñar la carretera y así

aplicar los parámetros de diseño. Su objetivo es lograr una representación de forma gráfica de la ubicación de la carretera con los detalles y formas ser de carácter natural o artificial, teniendo en cuenta la forma horizontal, la pendiente en cada tramo del terreno, la distancia de visualidad y de igual forma las secciones transversales (Castillo , Herrera, & Muños , 2013).

Se les conoce a las velocidades de diseño como velocidad de seguridad para los usuarios en la que un vehículo se puede movilizar por una determinada carretera sin presentar algún tipo de problema. El conjunto de aquellos factores geométricos que tienden a formar parte de los alineamientos horizontales, perfiles longitudinales y transversales como los radios mínimos existentes, distancias de visibilidades, peraltes y de igual forma pendientes máximas existentes, bermas, etc., son factores que tienen dependencia directa de las velocidades de diseño y ésta puede llegar a cambiar cuando se produce una determinada variación en sus factores (MTOP, 2003).

Para el correcto y óptimo diseño de una vía, los sistemas de drenajes son de gran importancia ya que son obras que hacen que el manejo de los fluidos pueda ser drenados con facilidad. Hay que tener en cuenta que es fundamental considerar los diferentes procesos que conlleva de captación, transporte, expulsión y disposición que conllevan para que estos sistemas puedan manejar los fluidos sin problema. La ausencia de un tipo de control del agua y los fluidos en general que van a estar presentes en la estructura de la carretera pueden llegar a afectar y deteriorar las características degradando las propiedades geomecánicas, la transferencia de carga, la presión intersticial, la presión hidrostática, la presión parcial de flujo y aumenta el cambio de volumen (Pérez, 2013).

Objetivo General:

- Se plantea el diseño geométrico y estructural de la vía principal que conecta la Comunidad Morascale con el centro parroquial de Tarquí y con el resto de las comunidades aledañas a la misma, con una longitud total de 725 metros.

Objetivos específicos:

- Obtener la topografía del terreno con la finalidad de conocer el trazado actual y las condiciones topográficas de los terrenos adyacentes sobre los cuales se emplazarán las modificaciones viales.
- Realizar los conteos vehiculares para conocer el volumen y el determinado tipo de flujo vehicular que circula por esta zona.
- Analizar mediante ensayos de laboratorio el tipo de terreno y su calidad presente en donde se realizar el proyecto a fin de tener presente el tipo de terreno donde éste se desarrolla.
- Analizar el estado actual de la vía para tener un concepto sobre el trazado en el cual va a constar el nuevo diseño geométrico.
- Realizar los debidos estudios hidrológicos, con la finalidad de obtener datos de las precipitaciones, para el respectivo diseño de obras de drenaje vial.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEORICO

2.1 Carreteras

El transporte y movilización por las carreteras constituyen factores básicos de la calidad de vida que se da en la mayor parte de las sociedades. En la actualidad, no solo se requiere de nuevas infraestructuras, sino que éstas presenten un diseño que pueda asegurar su vida útil y de mejor manera de solicitar una administración del más alto de los niveles para que esta pueda mantener sus condiciones realizando inspecciones y mantenimiento si lo requieren (Tapia García, 2016).

2.1.1 Clasificación de las carreteras en función del TPDA

De acuerdo a la tabla 2, las carreteras pueden clasificarse en las siguientes jerarquías dependiendo del TPDA (MTOPI, 2003).

Tabla 2. Clasificación de carreteras según el TPDA

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

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

2.1.2 Clasificación por jerarquía vial

A medida que se desarrolla el diseño de una carretera, se necesita comprobar las particularidades correspondientes a cada tipo de vía, las cuales se clasifican según su importancia en relación con la intensidad del flujo vehicular y los números de carriles presentes. En base a la jerarquía en donde se ubique, el diseño debe escalonarse de acuerdo con el crecimiento del tráfico (MTOPI, 2003).

Tabla 3. Clasificación de las carreteras según su jerarquía

FUNCIÓN	TIPO DE CARRETERA	TPDA OBTENIDO
CORREDOR	RI-RIII	>8000
ARTERIAL	I	3000-8000
COLECTORA	II	300-1000

VECINAL	III	100-300
	IV	100-300
	V	<100

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

2.1.2.1 Carreteras de primer Orden

Son las arterias, carreteras y caminos secundarios que pueden conducir a las diferentes ciudades de provincias, las que efectúan las funciones esenciales de las importantes áreas de producción y consumo de un país y la integración del país con otros países. Dichos caminos podrán dividirse en carriles según los requisitos técnicos y deberán estar siempre asfaltados (Castillo , Herrera, & Muños , 2013).

2.1.2.2 Carreteras de Segundo Orden

Son las vías que tienen la función de unir las carreteras municipales entre sí, de igual forma de las carreteras municipales a las principales carreteras que existen. Los caminos considerados menores pueden llegar a ser pavimentados o no pavimentados (Castillo , Herrera, & Muños , 2013).

2.1.2.3 Carreteras de Tercer Orden

Son caminos que conectan los caminos municipales con sus respectivos senderos o también pueden conectar caminos entre ellos. Deberán determinarse los caminos a ser considerados Clase III. Si éstas están pavimentadas, tiene que cumplir con los parámetros geométricos establecidas para las vías de circunvalación (Castillo , Herrera, & Muños , 2013).

2.2 Topografía

La topografía, también conocida más hoy en día como geodesia, está definida históricamente como el conocimiento, la ciencia y la técnica de localizar o alcanzar las diferentes ubicaciones de determinados puntos, sobre y por debajo de la superficie terrestre. No obstante, en un concepto más específico, la topografía puede llegar a ser considerada una doctrina que engloba el proceso de medir y obtener diferentes informaciones físicas acerca de la Tierra y lo que nos rodea, analizar esta información y enviar los resultados a varios campos como por ejemplo el de la Ingeniería (Wolf, 2018).

El factor topográfico es muy importante porque incide directamente en el diseño final del proyecto y de igual forma en los costos de la construcción, para ello existen reglas sobre parámetros de diseños de vías como la velocidad en relación a la topografía del país en donde se situado el desarrollo del proyecto (MTO, 2003).

2.3 Tráfico

Este factor es crucial en el diseño vial, porque en éste se manejan datos preliminares reales sobre las cantidades de vehículos o usuarios que cruzan o circulan por esta vía, lo que determina las características del diseño geométrico, porque las personas tienen suficiente información con el tráfico. servicios necesarios para la vía. Los estudios de tráfico deben incluir estos componentes o la cantidad de vehículos por día y por hora, así como vehículos individuales por sus características y peso, y pueden incluir algunas otras estadísticas que pueden ayudar a mejorar el diseño y la condición (NEVI 12, 2013).

2.3.1 Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Da a conocer la cantidad del tránsito total que transita por la carretera en el lapso de un año dividiéndose por 365 que son el número de días al año, dando a conocer los volúmenes de tránsitos promedios diarios. Estos valores son de gran valor para los diseños de los factores estructurales de la vía en estudio (MTOPI, 2003).

2.3.1.1 Factor horario (FH)

Este factor nos da la posibilidad de transformar el volumen del flujo vehicular de tránsito que se ha registrado en una determinada cantidad de horas a lo que se le conoce como volumen diario promedio (MTOPI, 2003).

2.3.1.2 Factor diario (FD)

Este factor nos permite poder cambiar las cantidades de automóviles diarios promedio, en un volumen semanal promedio (MTOPI, 2003).

2.3.1.3 Factor semanal (FS)

Este factor nos permite poder cambiar las cantidades de vehículos semanales promedios, en volúmenes mensuales promedios (MTOPI, 2003).

2.3.1.4 Factor mensual (FM)

Este factor nos permite poder cambiar las cantidades de vehículos mensuales promedio a tráfico promedio diario anual en base al índice de consumos de combustibles (MTOPI, 2003).

2.3.2 Volumen de tránsito

Cuando se realiza un diseño de una carretera, hay que basarse en información como los factores de tráfico para que pueda compararse con las capacidades, es decir, la cantidad máxima de automóviles que pueden albergar la vía. Por lo tanto, el tráfico incide de forma directa a los factores para poder realizar los diseños geométricos y de igual forma la proyección del tránsito que es el pronóstico de los volúmenes de tránsito se utiliza para los niveles de servicios que tendrá las carreteras, lo que afecta la identificación de las velocidades de diseño y otros datos de carácter geométricos para poder desarrollar el proyecto (MTOPI, 2003).

Para entender de mejor manera el volumen de tráfico se debe analizar y comprender varios conceptos como los volúmenes de horas pico siendo las cantidades que se tiene en cuenta cuando la circulación del vehículo es máxima, los volúmenes horarios de diseños (VHD) este volumen desarrollado se puede comparar el volumen y las capacidades de la carretera (NEVI 12, 2013).

2.3.3 Tránsito actual

Los volúmenes de tránsito actual se refieren a las cantidades de automóviles que circulan por las carreteras posterior a la mejora de la carretera o las cantidades de automóviles que circulan actualmente por un nuevo usuario de la vía (MTOPI, 2003).

2.3.3.1 TPDA

Los datos tabulados de estaciones de conteo permanentes serían ideales, lo que nos permite conocer los cambios de flujos vehiculares ya sean por días, por semana y anuales. Además, sería conveniente deshacerse de registros históricos de datos tabulados de muchos años, lo que proporciona datos confiables para unos crecimientos del flujo de tráfico que podemos esperar en un futuro. Dado que a menudo es poco práctico tener paradas fijas en todas las vías, el TPDA semanal se puede determinar durante las primeras semanas, con una recolección de muestras realizada las 24 horas del día, al menos cuatro días en una semana, incluidos los sábados y de igual forma los domingos y se calcula con la siguiente fórmula (MTOPI, 2003).

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

Donde:

- T_o = Tráfico observado.
- Fh = Factor Horario.
- Fd = Factor Diario.
- Fs = Factor Semanal.
- Fm = Factor Mensual.

2.3.4 Tránsito futuro

El proceso de diseño se tuvo que tomar en cuenta algunos aspectos importantes, entre ellos el pronóstico para la vida útil de las carreteras en el Ecuador suele ser de 15 o 20 años. Esto es muy importante porque estas predicciones proporcionan los datos que determinan los diseños geométricos de las carreteras. Hay muchas formas de obtener tráfico en el futuro. Haciendo uso del modelo logístico, Esto se basa en el uso del índice de motorización (T_m) lo que tiende a significar cuántos autos hay en la ciudad en base a cada mil habitantes en el periodo de un año determinado k , utilizando estas series históricas de T_m , identificaremos los índices de saturaciones (T_s), T_m puede ser constante, lo que da a conocer que cuando aumenta la población aumentan los turismos, pero las velocidades de motorizaciones tienden a ser constantes, los valores de T_s aumentarán los coeficientes de regresiones y se ajusta mejor a la siguiente ecuación (MTOPI, 2003):

$$T_m = \frac{T_s}{1 + e^{a+bt}}$$

Donde:

- T_m = Tasa de motorización para un año k (vehículos/1000 habitantes).
- T_s = Tasa de Saturación (Vehículos/1000 habitantes).
- e = Base del logaritmo natural.
- t = Tiempo.

Dado que esta ecuación tiene tres variables, se puede reducir a una forma de línea recta con la regresión apropiada, dando: (MTOPI, 2003)

$$(a + bt) = \ln \left(\frac{T_s}{T_m} - 1 \right)$$

Dado que T_s se superpone y T_m son datos anuales, la ecuación tiende a tener una forma de una línea recta y hay una manera de usar la regresión lineal para poder hallar el valor de (a) en base a la ordenada inicial y (b) como la pendiente. (MTOPI, 2003)

$$Y = a + bt$$

$$Y = 2.539 - 0.094t$$

Podemos calcular la tasa de proyección esperada de los vehículos durante 5 años usando la ecuación que se describe a continuación (MTOPI, 2003).

$$\sqrt[n]{\frac{TF}{TA}} - 1 = i$$

Donde:

- TF: = Tráfico Futuro para el año n+5.
- TA = Tráfico Actual para el año n.
- n = Número de años transcurridos entre TA+TF (n+5-n=5).
- i = Tasa de crecimiento para los cinco años.

2.3.5 Tránsito inducido

Trata en los diferentes viajes hechos por diferentes vehículos, que no se hubieran dado si la carretera no fuera construida o mejorada y consta de aspectos como los recorridos que no se hubieran hecho anteriormente, los recorridos que se hubieran hecho con anterioridad mediante vehículos de uso público y los recorridos que con anterioridad se hubieran hecho a diferentes lugares y en que en ese instante ya se pueden desarrollar por la comodidad de la nueva carretera construida (NEVI 12, 2013).

2.3.6 Tránsito por desarrollarse

Es un concepto de tráfico futuro que posibilita reflejar y analizar luego de la apertura o mejoramiento de la vía por varios años, debido a que está directamente comparados con el desarrollo del área del proyecto, para estudiar este incremento es necesario mapear las tierras. en un mapa o en un campo (NEVI 12, 2013).

2.3.7 Determinación del Número total de ejes equivalentes

Para los cálculos de tránsito, el método actual calcula el equivalente a 18 000 libras (8,2 toneladas) de ejes individuales acoplados durante la fase de los diseños.

La siguiente ecuación se usa para poder calcular los parámetros del tráfico W18 en los carriles de diseño (AASHTO, 1993).

$$W18 = DD * DL * W18$$

Donde:

- W18 = Es el Tránsito acumulado en los primeros años, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 Ton, en el carril de diseño.
- DD = Factores de distribuciones direccionales.
- W18 = Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.
- DL = Factor de distribución por carril, cuando se tenga dos o más carriles por sentido.

2.4 Señalización

Es importante que en señalizaciones viales siempre se deban manejar con un modelo de indicación para que el tráfico de la vía pueda poder proyectar la acción necesaria y evitar cualquier percance. El uso de señales que no coinciden con los parámetros existentes puede crear una confusión y circunstancias gravemente peligrosas. El diseño del logotipo es uniforme y fácilmente reconocible por los usuarios de la vía. Es por esto, que se normará los usos de formas, colores e información para identificar rápidamente diferentes señales (INEN, 2010).

2.4.1 Colores

Los colores estándar de las señales son mostrados a continuación, debiendo cumplir con los reglamentos y estandarizaciones de la norma INEN correspondiente (INEN, 2010).

Rojo: Es utilizado como colores de fondos para los descriptivos de alto, señales que son comparadas con la prohibición de los flujos y velocidades más bajas, en las señales de tipo especiales de advertencia y señales de cruce; como color explicativo de las señales que prohíben paradas; como ceder el paso, alerta color del borde del triángulo y letrero no molestar en caso de riesgo.

Negro: Son utilizadas como colores de emblemas, encabezamientos y flechas en tipo de señales de fondos blancos, amarillos, verdes lima y naranjas, y en los distintivos de precaución, también son utilizadas para leyendas y fondos de distintivos de tráfico.

Blanco: Son utilizadas como colores de fondos para la mayor parte de las señales reglamentarias, descripciones de caminos, nombres de avenidas y señales de información, así como leyendas de colores, símbolos como flechas en señales con fondos verdes, azules, negros, rojos o marrones.

Amarillo: Son utilizadas como colores de fondos para emblemas de seguridad, distintivos de velocidades adicionales, señales de distancias y emblemas, señales de peligro y señales de límites de carácter especiales.

Naranja: Son utilizados como colores de fondos para señales temporales de construcción de carreteras y pancartas de cruce de niños.

Verde: Utilizado como colores de fondos para distintivos de información de llegada, tarifas de controles de peso y peligros; también son utilizadas como leyendas de colores, símbolos y emblemas en las señales de aparcamiento gratuito ya sea con o sin límites de tiempos.

Azul: Son utilizadas como colores de fondos de los distintivos de información de servicio, ya que la leyenda y el borde son del mismo color también en las señales de dirección y de aparcamiento en las zonas de pago (en las estaciones de para de autobús estas señales tienen un tipo de carácter reglamentario).

Café: Son utilizadas como colores de fondos para carteles de información turística y medioambiental.

2.4.2 Distancias de legibilidad:

Los alfabetos grandes que brindan buena legibilidad con espaciado y apariencia de caracteres son los alfabetos de las series D y E; para palabras comunes con restricciones de espacio en la señal, la serie C es aceptable. Estas letras se utilizan en señales reglamentarias, señales de advertencia y construcción de carreteras y señales especiales, las letras mayúsculas correspondientes a la serie A y B solamente pueden ser usadas en los distintivos de alto y otros distintivos que requieren una lectura lenta. Las respectivas distancias de lectura para el grupo de letras mayúsculas correspondientes a la serie C, D, E y E modificada son mostradas a continuación y pueden ser usadas como guías para identificar las distancias de lectura para los distintivos estándar y para diseñar distintivos especiales y otras señales informativas como se puede ver en la tabla (INEN, 2010).

Tabla 4. Distancia de Legibilidad de letreros

SERIE DE LETRAS	DISTANCIA DE LEGIBILIDAD EN METROS POR 10 MM de TAMAÑO DE LETRA
C	5 m
D	6 m
E	7 m
E modificada	7.5 m

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

2.4.3 Señales Regulatorias

Las señales regulatorias dan a conocer a los participantes del tránsito sobre la prioridad de su uso, de igual forma para las prohibiciones, obligaciones y permisos que existen, la inobservancia de estas señales será una multa a la Ley de Tránsito y Reglamento de Tránsito. (INEN, 2010)

2.4.3.1 Clasificación de las señales regulatorias

Estas señales pueden clasificarse en varias (INEN, 2010).

Serio de prioridad de paso R1: Se instalarán a las entradas de las intersecciones o lugares fijos donde se deban adaptar las reglas mencionadas en estos letreros.

Pare (R1-1). Se coloca en la vía de acceso a una intersección, donde una vía tiene preferencia sobre la otra, y obliga a los vehículos a detenerse posterior a la señal unos momentos posteriores al ingreso de la intersección.

Figura 3. Señalización Pare (R1-1)

R1 - 1

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

Su objetivo es hacer que el conductor detenga el vehículo por completo y reanude la conducción solo cuando se haya eliminado por completo la posibilidad de un accidente.

La parada debe hacerse de tal manera que el conductor tenga una visión clara de la carretera prioritaria para poder conducir con seguridad.

Ceda el paso (R1 - 2). Son utilizadas para acercarse a intersecciones en donde los vehículos presentes que tienen la función de ceder el respectivo paso tienen una adecuada visibilidad para el flujo vehicular en la carretera principal (principal).

Figura 4. Señalización Pare (R1-2)

R1-2

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

Esto requiere que los conductores cedan el camino a los automóviles que viajan por la carretera a la que se acercan sin parar si hay suficiente espacio para que el tráfico en la carretera cruce o se incorpore de manera segura.

Serie de movimiento y dirección. (R2) Constricción de los que manejan los automóviles de conducir solamente en las direcciones indicadas por las flechas señalizadas.

Una carretera izquierda (R2-1I), o derecha (R2-1D). Los que manejan solamente deben conducir en las direcciones indicadas por las flechas en las señaléticas.

Figura 5. Señalización una vía izquierda (R2-1I), o derecha (R2-1D)



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

Doble vía (R2-2). Debe ubicarse al comienzo de la carretera o vía de doble sentido y reincidir en todos los cruces e intersecciones. Los indicadores deberán colocarse siempre a ambos sentidos de las calles.

Figura 6. Señalización Doble vía (R2-2)



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

Ceda el paso los peatones (R2-4). La señal se coloca en un cruce semaforizado, donde, por la geometría de la vía, la zona peatonal no es paralela a la vía por la que gira el vehículo, por lo que es necesario dar a conocer al conductor que gire a la izquierda o correcto que deben conceder el paso a los peatones a pesar de la luz verde.

Figura 7. Señalización ceda el paso (R2-4)



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

No entre (R2-7). Esta señal prohíbe que el tráfico que se aproxima proceda inmediatamente más allá de su ubicación en la que se encuentra.

Figura 8. Señalización no entre (R2-7)



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

Debe usarse en carreteras y accesos a carreteras; se recomienda usar "Y" en las intersecciones en caminos de un solo sentido al ingresar a intersecciones con caminos regulares para evitar retroceder.

Serie restricción de circulación. (R3). Esta señal es utilizada para restringir la entrada y/o conducción de las clases de vehículos indicadas por el símbolo. La señal prohíbe que los vehículos o peatones que se aproximan procedan directamente fuera del lugar de su instalación. Debe colocarse donde los automovilistas o peatones puedan comprender fácilmente qué caminos están prohibidos.

No pesados (R3-2). Esta señal indica que los vehículos pesados tienen prohibido la entrada y/o paso en una carretera o zona determinada.

Figura 9. Señalización no pesados (R3-2)



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

No buses (R3-3). Esta señal indica que los autobuses tienen prohibido ingresar y/o circular en determinadas vías o zonas.

Figura 10. Señalización No buses (R3-3)



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

Serie de límites máximos - R4: Obligación de la reducción de las velocidades por parte de los conductores que vean esta señal.

Límites máximos de velocidades (R4-1). Estas señales son utilizadas para dar a conocer las velocidades máximas permitidas en una sección de carretera cuando el límite especificado difiere de la velocidad especificada en la Ley de Transporte Terrestre, Circulación y Seguridad Vial y su normativa general aplicable. Su colocación requiere de estudios previos del tramo vial, teniendo en cuenta los tipos de vías, las velocidades de diseño y de explotación, el número de accidentes registrados, el uso del suelo de los tramos viales adyacentes, etc.

Figura 11. Señalización límite máximo de velocidad



R4-1

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

Límites máximos de velocidades con iluminación LED (R4-2). Señal de prohibición de velocidades que tiene la característica de tener iluminación artificial incorporada con el uso de circuitos como leds. El cartel se cola en lugares con cualidades especiales y condiciones ambientales adversas, por ejemplo (niebla, lluvia, etc.) para dar a conocer las velocidades máximas permitidas en un tramo de vía.

Figura 12. Señalización límite máximo de velocidad con iluminación



R4-2

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2010)

2.5 Diseño Geométrico

2.5.1 Velocidad de diseño

Las velocidades de diseño que contempla una estructura vial, es la velocidad indicativa o la que se toma como referencia para que se pueda determinar qué características geométricas mínimas van ser comprendidas por los factores de los trazados y diseño final en aspectos de confort y seguridad. Por lo que, ésta es una señal mínima. (Cárdenas, 2013)

Las relaciones globales entre las velocidades de circulación y las velocidades de diseños son mostradas en la tabla 5, en la forma que incrementan el flujo vehicular, las velocidades de circulación disminuyen de acuerdo a las cantidades de vehículos. Si la cantidad de automóviles sobrepasan los niveles promedio, las velocidades de la bicicleta por ejemplo se reducirá aún más. En casos extremos donde los volúmenes de tránsito son iguales a las capacidades de la vía, las velocidades del vehículo dependen más de la saturación del tráfico que de la velocidad de diseño (MTOP, 2003).

Tabla 5. Velocidades de circulación

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

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

2.5.2 Radio mínimo de curvatura horizontal

Los radios de curvatura horizontales mínimos son la cantidad más pequeño que hace que el tráfico sea seguro a unas velocidades de diseño determinada, en base de la pendiente máxima seleccionada (e) y los correspondientes coeficientes de fricción laterales (f). El uso de las curvas con un radio más pequeños que el mínimo especificado requerirá espacio aéreo más allá de los límites operativos prácticos del automóvil. Por lo que, las curvaturas son un valor importante en el diseño de rutas. Los radios mínimos (R) en condiciones seguras se pueden calcular utilizando la siguiente fórmula (MTOP, 2003).

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

Donde:

- R = Radio mínimo de una curva horizontal (m).
- V = Velocidad de diseño (Km/h).
- f = Coeficiente de fricción lateral.
- e = Peralte de la curva, m/m (metro por metro ancho de la calzada).

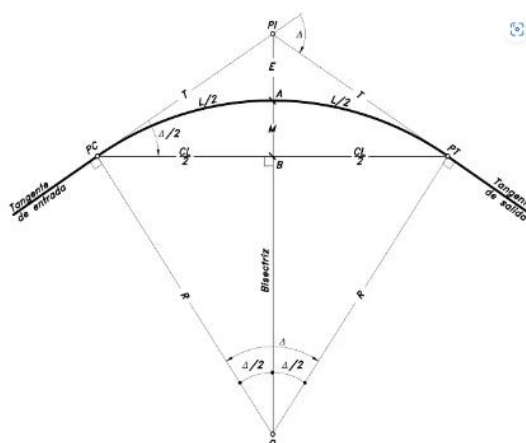
2.5.3 Alineamiento Horizontal:

Los diseños geométricos en planta o alineación horizontal de la vía son las proyecciones de sus ejes o eje espacial encima de un plano horizontal. Los ejes horizontales constan de varias partes rectas, denominadas tangentes, unidas por líneas curvas (Cárdenas, 2013).

2.5.3.1 Curvas Circulares Simples

Las curvas horizontales circulares simples son un arco circular comprendido de radios que une dos tangentes seguidas y forma las proyecciones horizontales de un sólido o curva maciza. Por lo que, la curva real del espacio no es necesariamente circular, como se puede ver en figura 13 (Cárdenas, 2013).

Figura 13. Elementos de una Curva Circular Simple



Fuente: (Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras, 2013)

Los elementos que conforman una curva circular, que se pueden observar en la ilustración anterior de detallan de la tabla 6.

Tabla 6. Elementos de una Curva Circular Simple

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
PI	Punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva
PC	Principio de curva: punto donde termina la tangente y empieza la curva.
PT	Principio de tangente: punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.
O	Centro de la curva circular
Δ	Angulo de deflexión de las tangentes: ángulo de deflexión principal.
R	Radio de curva circular simple
T	Tangente o sub tangente: distancia desde el PI al PC o desde el PI al PT
L	Longitud de curva circular: distancia desde el PC al PT a lo largo del arco circular, o de un polígono de cuerdas.
CL	Cuerda Larga: distancia en línea recta desde el PC al PT

E	Externa: distancia desde el PI al punto medio de la curva A
M	Ordenada media: distancia desde el punto medio de la curva A al punto medio de la cuerda larga B.

Fuente: (Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras, 2013)

- CL: Distancias en líneas recta desde el PC al PT (Cárdenas, 2013).

Como se ve del triángulo rectángulo O*B*PC, se obtiene:

$$\text{sen} \frac{\Delta}{2} = \frac{B * PC}{O * PC} = \frac{CL}{R}$$

$$\text{Donde } CL = 2R * \text{sen} * \frac{\Delta}{2}$$

- T: En función de R y Δ (Cárdenas, 2013).

$$\tan \frac{\Delta}{2} = \frac{PC * PI}{O * PC} = \frac{T}{R}$$

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

- Gc: Se le conoce como grados de curvaturas de unas determinadas curvaturas circulares de radios R, bajo los sistemas cuerdas - grados, las cuales variarán en base al valor de las cuerdas unidas c (Cárdenas, 2013).

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

- Lc: Son las longitudes de unas poligonales comprendidas en estas, partiendo del PC al PT, donde los lados son cuerdas. De tal forma, si se compara una cuerda a un ángulo central (Cárdenas, 2013).

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

- E: La externa son las distancias a partir del PI hasta los puntos medios de las curvaturas A (Cárdenas, 2013).

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

- M: Son las ordenadas medias siendo las distancias desde los puntos medios de las curvaturas A hasta los puntos medios de las cuerdas largas B (Cárdenas, 2013).

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

- Deflexión por metro: Se llama deflexiones de unas curvaturas a los ángulos conformados entre cualquiera recta tangente a las curvaturas y las cuerdas desde los puntos de tangencia a cualquier otro punto P de las curvaturas. (Cárdenas, 2013)

$$D. m = \frac{G_c}{2 * L_c}$$

- Deflexión por unidad de cuerda: En base a estas deflexiones se construyen las carteras de deflexiones, que van a ser las que nos permitan construir la curva en área del terreno (Cárdenas, 2013).

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

- PC: Es el comienzo de curvatura, punto en donde se terminan la tangente y comienza la curvatura (Cárdenas, 2013).

$$PC = PI - T$$

- PT: Son los principios de tangentes, punto en donde se terminan la curvatura y empiezan las tangentes de salidas (Cárdenas, 2013).

$$PT = PC + L$$

- PM: Este es el punto medio de la curvatura (Cárdenas, 2013).

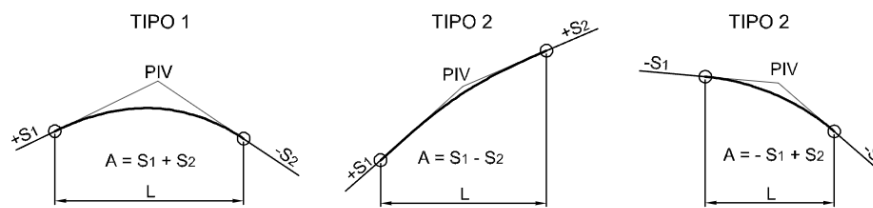
$$PM = \frac{PC + PT}{2}$$

2.5.4 Alineamiento Vertical

De igual forma que en la vista en planta, los ejes de alineación vertical consisten en una serie de partes de línea recta llamada tangente vertical unidas por una curva vertical definidas. Las pendientes de la tangente vertical y las longitudes de las curvaturas requieren fundamentalmente del terreno del área, la alineación horizontal, la distancia de visibilidad, las velocidades del proyecto, los montos referentes a la construcción, los montos de operaciones, los porcentajes de automóviles presentes entre otros (Cárdenas, 2013).

2.5.4.1 Curvas verticales Convexas

Como se puede ver en la figura 14 las curvas convexas pueden ser de varios tipos, las longitudes mínimas de la curvatura vertical se estiman mediante a los requisitos de las distancias de visibilidades para estacionar el automóvil, teniendo en consideración que las alturas de la vista del conductor son de 1,15 metros y las alturas de los objetos visibles en la vía es de 0,15 metros (MTOPI, 2003).

Figura 14. Curvas verticales convexas

Fuente: (INVIAS, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras , 2008)

Las longitudes de una curvatura vertical cóncava son expresadas por la siguiente ecuación (MTO, 2003).

$$L = K * A$$

Donde:

- L = Longitud de la curva.
- K = Curvas verticales mínimas.
- A = Diferencia algebraica de las gradientes, expresada en porcentaje.

En la tabla 7 se indican diferentes principios de “K” en base a la velocidad de diseños y para varios tipos de vías para curvas convexas.

Tabla 7. Valores de K para las diferentes velocidades en curvas Convexas

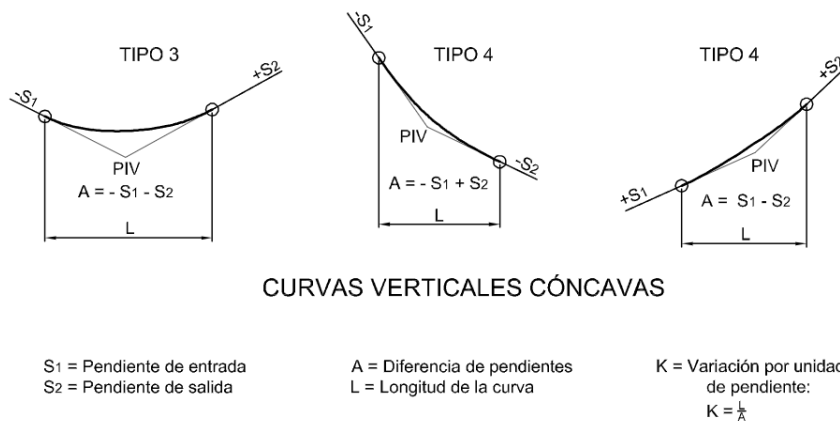
CURVAS VERTICLAES CONVEXAS MÍNIMAS			
Velocidad de diseño Kph	Distancia de Visibilidad para Parada - “S” (Metros)	Coefficiente $K=S^2/122+3.5S$ Calculado	Redondeado
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
35	35	2.88	3
40	40	3.76	4
45	50	5.87	6
50	55	7.1	7
60	70	11.5	12
70	90	19.01	19
80	110	28.4	28
90	135	42.78	43
100	160	60.09	60
110	180	76.06	80
120	220	113.62	115

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

2.5.4.2 Curvas verticales Cóncavas

Como se puede ver en la figura 15 las curvas convexas pueden ser de varios tipos, por motivos de precaución, éstas tienen que ser tan extensas que las longitudes de las luces de los faros de los automóviles sean exactamente igual a las distancias visuales requeridas para que los automóviles se detengan (MTOPI, 2003).

Figura 15. Curvas verticales cóncavas



Fuente: (INVIAS, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras , 2008)

Las longitudes de estas curvas están expresadas por la siguiente ecuación (MTOPI, 2003).

$$L = K * A$$

Donde:

- L = Extenso de la curvatura.
- K = Curvas verticales mínimas.
- A = Diferencias entre las gradientes (%).
- S = Distancias de visibilidad para que un auto pueda frenar.

En la tabla 8 se indica los diferentes principios de “ K ” en base a la velocidad de diseño y para los varios tipos de vías para curvas cóncavas.

Tabla 8. Valores de K para las diferentes velocidades en curvas Cóncavas

CURVAS VERTICIALES CÓNCAVAS MÍNIMAS			
Velocidad de diseño Kph	Distancia de Visibilidad para Parada - “S” (Metros)	Coeficiente $K = \frac{S^2}{122 + 3.5S}$	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4

35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

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

Tomando en consideración, las parábolas a un determinado arco de circunferencias de radios R, a las velocidades especificadas de las curvaturas verticales V_{cv} , las aceleraciones verticales a_c viene a ser:

$$a_c = V_{cv}^2 \leq 0.305 \frac{m}{seg^2}$$

$$En\ donde\ R \geq \frac{V_{cv}^2}{0.305}$$

No obstante, para los arcos de circunferencias, sus longitudes L_s viene a ser:

$$L_s = R * \Delta, \text{ donde } \Delta = i$$

$$L_v = R * i, R = \frac{L_v}{i} \geq \frac{V_{cv}^2}{0.305}$$

Tomando a i en %, las longitudes mínimas L_v de las curvaturas verticales, con criterios de comodidad o confort, vendría a ser igual a:

$$L_v = \frac{V_{cv}^2 * i}{395}$$

Las curvas verticales profundas, debido a que son completamente visibles a la luz del día, deberían darles a los conductores unas correctas apariencias o una apariencia estéticas. Se ha comprobado experimentalmente que las longitudes mínimas L_v de estas curvaturas, expresada en términos de apariencias o criterio estéticos, expresada en %, es:

$$L_v = 30 * i$$

Las curvas verticales, que presenten una pendiente de ingreso y de salida de signos opuestos, tanto convexos como cóncavos, muy anchos, con una parte superior o inferior casi horizontal, que pueden dificultar el drenaje de las aguas pluviales. Se ha demostrado que no se producen problemas de drenaje si se consigue una pendiente del 0,3% al menos a 15 metros de la parte superior de la curva. Se obtiene un kv de:

$$Kv = \frac{15m}{0.3\%} = 50$$

Por tanto, i expresada en %, las longitudes máximas L_v de las curvaturas verticales convexas cóncava que cumple el criterio de drenaje es:

$$L_v = 50 * i$$

Para la corrección de la pendiente se hizo uso de:

$$y = \left(\frac{i}{2L_v} \right) * x^2 = Kx^2$$

Para determinar cómo último paso la externa vertical E_v .

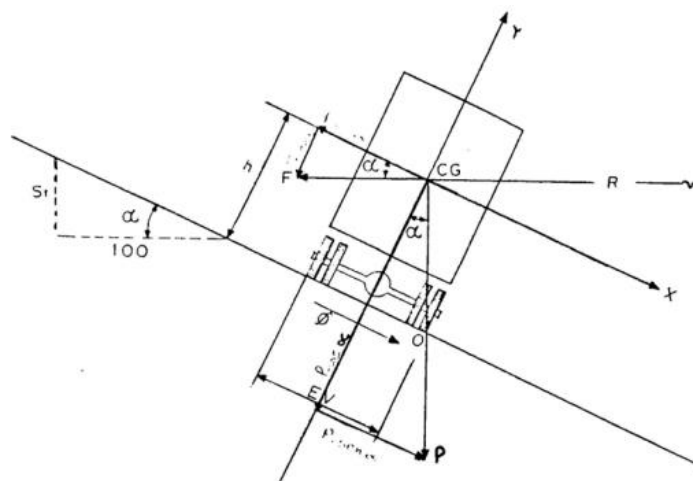
$$E_v = \frac{L_v * i}{8}$$

2.5.5 Peralte

La única fuerza que evita que el vehículo se deslice es la fricción comprendida entre las ruedas y la carretera. Estas fuerzas por sí sola no suele ser suficiente para evitar un paso lateral; por lo tanto, es necesario encontrar una adición en la pendiente lateral de la carretera. Ésta pendiente se llama peralte (Cárdenas, 2013).

A medida que el vehículo avanza por la pista circular, la fuerza centrífuga "F" lo empuja hacia afuera. Debido a la inclinación, estas fuerzas son contrarrestadas por un componente de los pesos de los vehículos (P) y las fricciones resultantes entre el neumático y la carretera como se ve en la figura 16 (MTO, 2003).

Figura 16. Estabilidad de un vehículo en curvas



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

Las fuerzas centrífugas “F” son calculadas en base a la siguiente fórmula: (MTOP, 2003)

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

Donde:

- P = Peso del vehículo (kg).
- V = Velocidad de diseño (m/seg).
- g = Aceleración de la gravedad 9.78 (m/seg²).
- R = Radio de la curva circular (m).

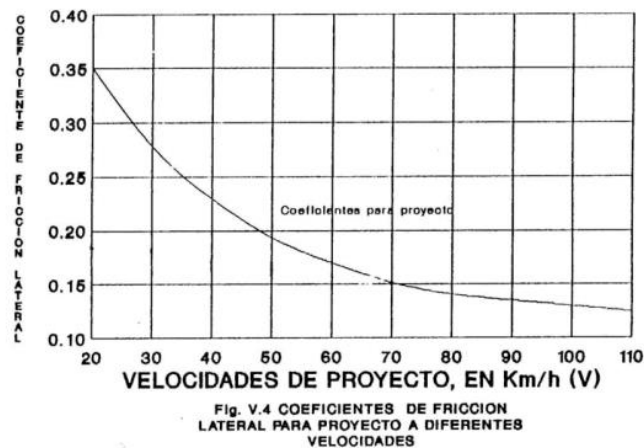
En donde la ecuación para el respectivo cálculo de los peraltes es la siguiente (MTOP, 2003):

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

Donde:

- e = Peralte de la curva, m/m (metro por metro de ancho de la calzada).
- V = Velocidad de diseño (Km/h).
- R = Radio de la curva (m).
- f = Máximo coeficiente de fricción lateral (Ver figura 17).

Figura 17. Coeficiente de fricción



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

2.5.6 Sobreancho

En el momento que un determinado automóvil circula sobre una curva horizontal, éste ocupará más ancho de vía a diferencia de una en línea recta. Esto ocurre debido a que las rigideces y el tamaño del automóvil hacen que las llantas posteriores sigan un camino diferente al de las ruedas delanteras, lo que dificulta que el usuario mantenga el automóvil en el eje de la vía correcto. En tales casos, los carriles en la curva deben ampliarse para proporcionar suficiente espacio entre los

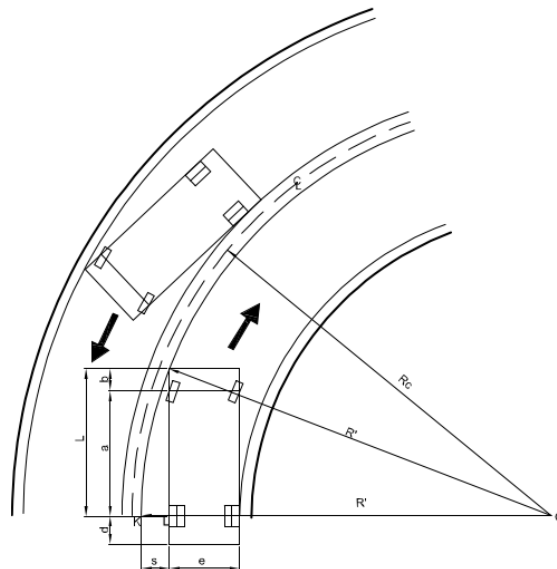
vehículos para que las formas de manejo en las curvas sean muy semejantes a los estados de operaciones de los automóviles en la recta. en la cesta. Carreteras de doble sentido o adelantamientos en carreteras de un solo sentido y entre el vehículo y el arcén. Este aumento de ancho se conoce como sobre ancho (Cárdenas, 2013).

2.5.6.1 Determinación del sobreancho

2.5.6.1.1 Vehículos Rígidos

La figura 18 muestra 2 automóviles pesados rígidos que circulan por una curva de radio R_C (INVIAS, 2008).

Figura 18. Sobreancho en las Curvas



Fuente: (INVIAS, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras , 2008)

En la Tabla 9 se muestra las dimensiones correspondientes a los vehículos representados según su categoría (INVIAS, 2008).

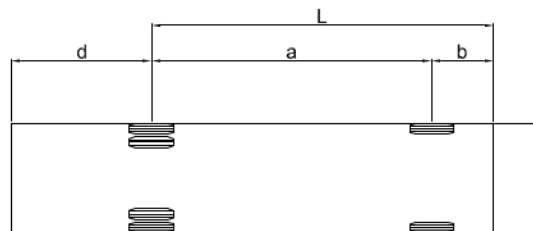
Tabla 9. Dimensiones para el cálculo del sobreancho en los vehículos de tipo rígido

CATEGORÍA	a (m)	b (m)	d (m)	e (m)	L (m)
Vehículo Liviano	2.90	0.80	1.30	1.80	3.70
Bus mediano	6.49	0.76	3.66	2.44	7.25
Bus grande	7.00	2.70	3.30	2.60	9.70

2	Camión de dos ejes	6.60	1.40	3.20	2.50	8.00
3	Camión de tres ejes	6.55	1.25	3.20	2.50	7.80

Fuente: (INVIAS, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras , 2008)

Figura 19. Dimensiones de un vehículo rígido



Fuente: (INVIAS, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras , 2008)

De la figura 18 se deduce que:

- R' = Radio hasta el extremo del parachoques delantero
- S = Sobreancho que se requiere para cada carril
- L = Es la distancia desde el parachoques delantero y el eje trasero del vehículo

De la figura 18, si se asume que R' es igual a R_c , obteniendo que para la calzada de n carriles la fórmula será (INVIAS, 2008):

$$S = n * (R_c - \sqrt{R_c^2 - L^2})$$

Donde:

- S = Sobreancho requerido para la calzada.
- n = Número de carriles.
- R_c = Radio de la curva circular.

Para esto se calcula un sobreancho como adición de seguridad, dependiendo de la curva y la rapidez del vehículo en las curvas horizontales (V_{ch}) con el fin de mejorar el manejo sobre la curvatura en metros (INVIAS, 2008).

$$Z = 0.1 * \sqrt{\frac{V_{CH}^2}{R_c}}$$

Donde:

- V_{ch} = Velocidades específicas de la curvatura en (km/h).
- R_c = Radio de la curva, en metros.

2.5.7 Distancia de Visibilidad

Estas distancias de visibilidad tienen que ser bastante grande para que el usuario logre la velocidad de diseño y así controlar las velocidades del automóvil antes de realizar determinadas acciones en la carretera, por ejemplo, cuando hay obstáculos fijos en la calzada (distancia de frenado) o adelantamientos. Un automóvil lento en una carretera de 2 sentidos y 2 carriles (adelantamiento de visibilidad) o un acercamiento entre 2 vehículos que circula en la misma dirección en un carril estrecho en una carretera de tercera clase (MTOPI, 2003).

2.5.7.1 Distancia de visibilidad en parada

Al momento que un vehículo toma una curvatura, ya sea horizontal o también vertical, el factor de visibilidad es crítico para su conducción normal, entonces la visibilidad de estacionamiento siendo la longitud mínima que necesita un chofer para alcanzar o acercarse a las velocidades calculada, ver objetos en la carretera y poder parar su automóvil posterior a la llegada. Por lo que, esta es la longitud de visibilidad mínima que se tiene que mantener en diferentes puntos de la carretera. Los tiempos de percepción varía de un conductor a otro y éste tiene el rango de 1,5 segundos en estados normales de la vía, según diversos estudios que se realizaron por la AASHTO. Las distancias de frenado son calculadas haciendo uso de las fórmulas “carga dinámica” y teniendo en cuenta las acciones de las fricciones desarrolladas entre las ruedas y la carretera (MTOPI, 2003).

$$d_2PF = \frac{PV_c^2}{2g}$$

En donde:

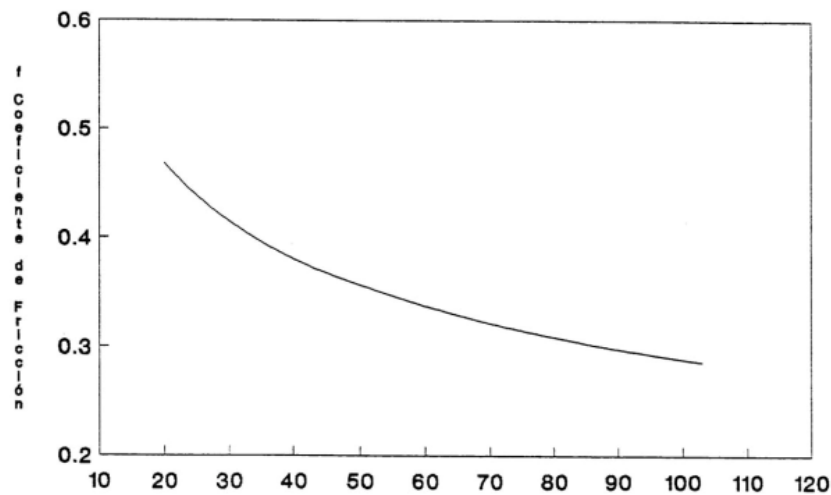
- d_2 = Es la trayectoria de freno en la calzada (m).
- f = Es el factor de fricciones longitudinales.
- V_c = Es la velocidad del vehículo al aplicar los frenos (m/s).
- P = Es el peso del automóvil.
- g = Es la aceleración de la gravedad (9.78 m/s).

Convirtiendo V_c en km/h y para unas determinadas gradientes longitudinales horizontales, la ecuación pasa a convertirse en (MTOPI, 2003):

$$d_2 = \frac{V_c^2}{254f}$$

Los cambios en los coeficientes de fricciones longitudinal (f) sobre superficies de carretera mojada se muestran en las curvas de la figura 20, expresados por la siguiente ecuación (MTOPI, 2003):

$$f = \frac{1.15}{V_c^{0.3}}$$

Figura 20. Velocidad del vehículo K.P.H.

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

2.5.7.2 Efecto de las Gradientes

La gradiente afecta hasta qué punto es visible el vehículo cuando está detenido, es decir las distancias de frenado. Para el presente caso, dichas distancias se representan mediante la siguiente ecuación (MTO, 2003).

$$d = \frac{V_c^2}{254(f \pm G)}$$

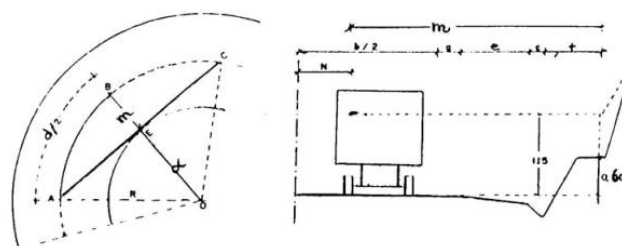
En donde:

G = El porcentaje de los gradientes divididos por 100.

f = Coeficientes de fricción longitudinal

2.5.7.3 Distancia de Visibilidad en las curvas horizontales

Hay inconvenientes laterales como paredes, taludes, edificios, etc., en el borde interior de la curva y debe haber suficiente visibilidad como se puede ver en la figura 21 (MTO, 2003).

Figura 21. Distancia de visibilidad en curvas horizontales

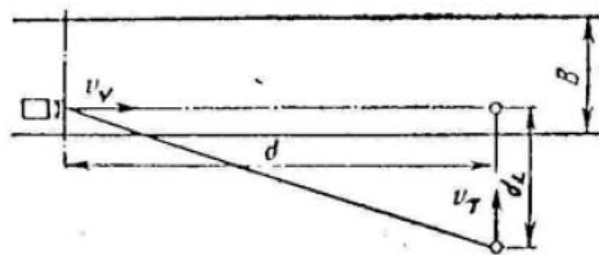
Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

De los respectivos estudios del arco ABC en la Figura 21, se puede ver que ésta da a conocer las distancias visuales de frenado "d" y pertenecen a una curvatura de radio R, que pasa por el automóvil. Desde otro punto, la línea AC da a conocer las líneas de visión del usuario, que cruzaría el punto tangente de la pendiente a la altura supuesta de 1,15 m. al otro lado de la carretera (MTOPI, 2003).

2.5.7.4 Distancia de Visibilidad Lateral

En las carreteras en aspectos urbanos y en los cruces de altura con otras carreteras y vías férreas, para mantener un tráfico vehicular seguro, es necesario garantizar una visibilidad lateral suficiente desde las áreas de la carretera (adyacentes). Los conductores necesitan ver a alguien corriendo desde la acera hacia la carretera con anticipación, o un vehículo o tren acercándose en una intersección como se ve en la figura 22 (MTOPI, 2003).

Figura 22. Distancia de Visibilidad Lateral



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

Las distancias mínimas requeridas para la visualización lateral son calculadas mediante la siguiente fórmula (MTOPI, 2003):

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

Donde:

- d_L = Distancias de Visibilidades laterales (m).
- d = Distancias de Visibilidades para las paradas de un automóvil (m)
- V_T = Velocidades de las personas que atraviesa por la vía.
- V_V = Velocidades de diseños de los vehículos (Km/h).

2.5.7.5 Distancia de Visibilidad para el Rebasamiento de un Vehículo

La capacidad de rebasamiento se basa en la longitud de las vías necesarias para un adelantamiento seguro. Aunque son posibles múltiples excedencias simultáneas, no es práctico aceptar tal situación; generalmente se considera que es el caso de un automóvil que adelanta a otro. Generalmente, el valor de diseño del rebasamiento es suficiente para permitir rebasamientos ocasionales (MTOPI, 2003).

La capacidad de adelantamiento consiste en la sumatoria de las siguientes 4 distancias parciales (MTOPI, 2003):

d_1 = Distancias recorridas por los vehículos que pasan durante la respuesta y la aceleración inicial para llegar al carril izquierdo.

d_2 = Distancias recorridas por los vehículos que pasan ocupando el carril izquierdo.

d_3 = En el final de la acción, las distancias a través el automóvil que sobrepasa y del que circula en sentido opuesto. Supongamos de 30 m a 90 m.

d_4 = Las distancias recorridas por los vehículos que se aproximan utilizando el carril izquierdo es dos tercios del tiempo recorrido por los vehículos que se adelantan, es decir, $2/3$ de d_2 . Se supone que las velocidades de los automóviles que se acercan es igual a la velocidad de los vehículos que pasan.

Es decir, la distancia aparente para adelantar es igual a:

$$d_r = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Donde d_r :

- d_r = Distancias de visibilidad para el adelantamiento de un automóvil.

2.6 Drenaje

El objetivo de dichas obras es la disposición final de los escurrimientos o los escurrimientos superficiales. Son complementos de gran importancia para controlar la erosión de taludes, proteger la estructura de los pavimentos y para prevenir la integridad de los usuarios que están utilizando la carretera. El agua superficial en las carreteras crea un peligro para el tráfico exacerbado por las condiciones de congelamiento; causa erosión, se filtra en las calzadas y no soporta las aceras y sus banquetas; y esto entrega como resultados aumentos significativos en los precios de mantenimiento o reparación (Pérez, 2013).

2.6.1 Drenaje Superficial

Las cuestiones de drenajes, en particular las escorrentías superficiales en los inconvenientes de drenaje de caminos, surgen porque las cuencas hidrológicas se humedecen de manera conservadora durante la lluvia pronosticada, de modo que la interceptación y la retención

superficial ya están cubiertas. En el pasado, el agua de lluvia era lo único que puede reducir las precipitaciones son los procesos de infiltración (INVIAS, 2009).

2.6.2 Drenaje Subterráneo

Con estos sistemas se puede evitar que el subsuelo y el subsuelo vial tomen los grados de humedades que contribuirá a las pérdidas de sus capacidades portantes y contribuirá a los deterioros de las superficies de las carreteras debido al tipo de cargas de los vehículos. El agua se filtra en los pavimentos a través de grietas e imperfecciones en las estructuras superficiales de caminos, diques o zanjas, y del subsuelo debido al aumento del nivel freático, la acción capilar y la infiltración causada por el flujo de agua subterránea desde áreas laterales (Pérez, 2013).

2.6.3 Precipitaciones

Las precipitaciones son comúnmente causadas por diferentes fenómenos de tipo atmosféricos. Éstas se miden en base a la altura determinada en milímetros de agua que cae en presencia de lluvia, mediante un período de tiempo que es determinado o de igual forma por la intensidad en milímetros por hora durante un aguacero (Pérez, 2013).

Las nubes son comúnmente llevadas por el viento, varias suelen estar sobre el océano, mientras que otras se mueven a través de los continentes. Durante estos movimientos, pueden rápidamente enfriarse, lo que permite que las gotas que tienden a formar las nubes se expandan a medida que se fusionan o se juntan alrededor de las partículas que se elevaban en la atmósfera. A medida que asciende, las precipitaciones pertenecientes a los líquidos aterrizan en las superficies de la tierra por su propio peso, provocando las precipitaciones (Fattorelli & Fernández, 2011).

2.6.3.1 Formación de las precipitaciones

Son necesarias tres condiciones para que la humedad atmosférica se convierta en precipitación como estar en estados de saturación (Por lo general debido a la reducción de temperatura), una transición de forma de vapor que sea de líquido a líquido o también a estados sólido, y el aumento de partículas de menor tamaño. Las gotas de agua o las formas de hielos hacen que éstas caigan (Fattorelli & Fernández, 2011).

2.6.4 Interpretación de datos de lluvia

La interpretación correcta de los registros de lluvia requiere la consideración de la hoja, las intensidades y las duraciones de las lluvias, donde los diagramas como los mapas de lluvia o las curvaturas de intensidades, duraciones y frecuencias (IDF) de lluvia que dan cuenta de la distribución temporal de la lluvia son útiles para determinar precipitaciones máximas en un periodo de tiempo (Fattorelli & Fernández, 2011).

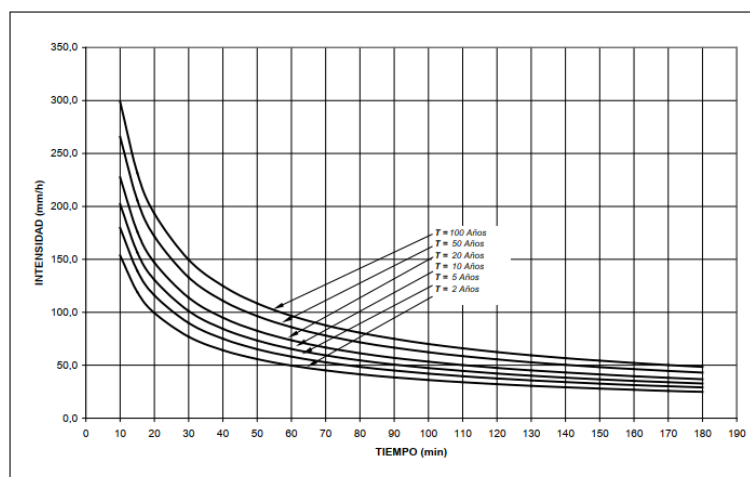
2.6.5 Estimación de la distribución espacial de las precipitaciones

Las precipitaciones promedio en alguna determinada región o de igual forma una cuenca son de gran importancia en los temas hidrológicos o de igual forma en la Ingeniería, y su correcta estimación es fundamental hacia la simulación de los diferentes mecanismos de las lluvias y de las escorrentías tanto en los modelos de pronósticos como en los diseños (Fattorelli & Fernández, 2011).

2.6.5.1 Curvas intensidad, duración y frecuencia (IDF)

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia IDF es una matriz que muestra la cantidad de precipitación (estimada como las intensidades de precipitaciones) según las duraciones y los períodos de retornos de la precipitación, como se puede ver en la figura 23 (INVIAS, 2009).

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



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

2.6.5.2 Cálculo de curvas IDF por método simplificado

Para estos estudios se dedujo curvas intensidad - duración - frecuencia por correlaciones con las precipitaciones máximas promedios anuales en el tiempo de 24 horas, los números promedio de días de lluvias que ocurren en un año, la precipitación totales medias anuales y las elevaciones de cada estación. Sin embargo, la correlación que mejor se logró es la correlación con la precipitación media anual máxima de 24 horas en una estación, que además de ser la más fácil de usar, también es la correlación recomendada para la investigación (INVIAS, 2009).

La fórmula resultante para su uso está dada por:

$$i = \frac{a * T^b * M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde:

- I = Intensidades de las precipitaciones (mm/h).
- T = Periodos de retorno, en años.
- M =Precipitaciones máximas promedio anuales en 24 h
- t = Duración de las lluvias (min).
- a, b, c, d = Son parámetros para ajustar las regresiones. Estos factores dependen de la región de ubicación y sus valores se presentan en la Tabla 10

Tabla 10. Valores de los coeficientes a, b, c

Región	Coeficientes			
	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

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

2.7 Cunetas

Son un tipo de zanja construidas a los dos lados de la vía y son utilizadas para interceptar la escorrentía de la vía y las aguas superficiales generadas debido a las lluvias o también por el corte del talud que acumulan estos fluidos y conducirlos al sitio de disposición final. De igual forma las cunetas que son construidas sobre terraplenes tienen como función la protección de los bordes de las bermas y de las erosiones en los taludes del terraplén, que son ocasionadas por lluvias (Pérez, 2013).

2.7.1 Localización pendiente y velocidad

La cuenta estará ubicada en el espaldón de la vía y entre el pie de los taludes de corte. Las pendientes serán igual a los perfiles longitudinales de las calzadas con un valor mínimo de 0,50% y valores máximos limitados por las velocidades del agua, que determinarán si necesitan de pavimentación. La tabla 11 muestra la velocidad del agua como criterio para la erosión de diferentes materiales. Aunque se dan valores específicos, es una práctica común restringir la velocidad del agua en zanjas a 3,00 m/s en pavimentos y 4,00 m/s en hormigones (MTOP, 2003).

Tabla 11. Velocidades del agua con las que se erosionan los materiales

MATERIAL	VELOCIDAD m/s	MATERIAL	VELOCIDAD m/s
Arena Fina	0.45	Pizarra suave	2.0
Arcilla Arenosa	0.50	Grava gruesa	3.50

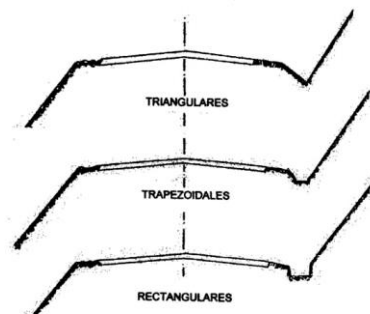
Arcilla Ordinaria	0.85	Zampeado	3.4-4.5
Arcilla Firme	1.25	Roca Sana	4.5-7.5
Grava fina	2.00	Hormigón	4.5-7.5

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

2.7.2 Forma de la sección

Dependiendo de la configuración de las secciones transversales, estos pueden llegar a ser triangular, rectangular y trapezoidal como se puede ver en la figura 24, las zanjas triangulares se usan mucho, probablemente porque son fáciles de construir y mantener; aunque de igual forma se puede usar secciones rectangulares o trapezoidales según el rango hidráulico requerido. Por motivos de factores de tráfico, las secciones rectangulares por lo general son poco usadas, debido a que son vistas como riesgosas para los conductores que pasan cerca de ellas. Por las mismas razones, las secciones trapezoidales se utilizan cada vez menos, a menos que la pendiente cerca de la carretera sea muy estrecha (MTO, 2003).

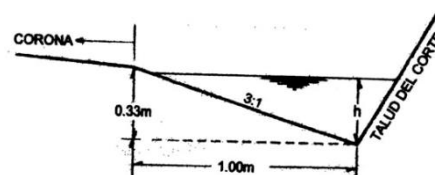
Figura 24. Secciones típicas de una cuneta



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

En los segmentos de las vías de tipo triangular, son recomendadas que las pendientes de la carretera sea como mínimo 3:1, preferible 4:1, y en a lado del corte deben seguir las pendientes de sus taludes, prestando atención que en estos casos el agua no tiene que ser mayor de 30 cm como se puede ver en la figura 25 (MTO, 2003).

Figura 25. Dimensiones típicas de una cuneta



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

2.7.2.1 Cálculo del flujo uniforme en Cunetas

Los flujos de aguas en canales descubiertos son constante y estable si las velocidades medias (V) y las profundidades (y) del canal no cambian con el tiempo o dentro del canal. De las ecuaciones que rigen los siguientes flujos: continuidad y las cantidades de movimientos o impulso, se obtiene las ecuaciones de Chezy, que describe los siguientes flujos (INVIAS, 2009).

$$V = C\sqrt{R * S_o}$$

Donde:

- V = Velocidad (m/s).
- R = Radio hidráulico (m).
- S_o = Pendientes longitudinales del canal.
- C = Constante de Chezy, la cual puede obtenerse mediante la relación empírica:

$$C: \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n}$$

En donde se le conoce a n como los coeficientes de rugosidades de Manning como se ve en la tabla 12, una variable que ha sido ampliamente investigada en las prácticas de ingenierías, aunque limitado en comparación con las ecuaciones originales de Chezy, es muy aceptado internacionalmente (INVIAS, 2009).

Tabla 12. Valores promedios del coeficiente de Manning “n”

Valores promedios del coeficiente de Manning n para un flujo de agua	
Material de paredes del canal recubiertos	N
Vidrio	0.010
Cobre	0.011
Acero liso	0.012
Acero pintado	0.014
Acero remachado	0.015
Hierro fundido	0.013
Concreto acabado	0.012
Concreto no acabado	0.014
Madera aplanada	0.012
Azulejo	0.014
Ladrillo	0.015
Asfalto	0.016

Fuente: (Chow, Hidráulica de canales Abiertos, 1994)

Las ecuaciones de Manning, característica de los flujos uniformes es entonces (INVIAS, 2009).

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

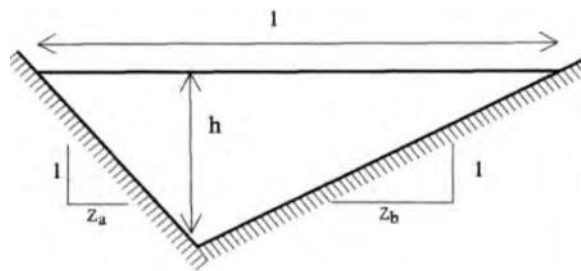
Las cuales, usando la ecuación de continuidad, son expresadas en función de los caudales como (INVIAS, 2009):

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

2.7.2.2 Sección de la cuneta

El tipo de cuneta que se usó tiene las características que se ven en la figura 26, la cual es una de las secciones típicas de uso en el país.

Figura 26. Sección de la cuneta



Fuente: (NEVI 12, Norma para Estudios y Diseños Viales, 2013)

Sus diferentes parámetros se calculan con las siguientes fórmulas:

- Ancho Superficial (I)

$$(Z_a + Z_b) * h$$

- Área (π)

$$\frac{(Z_a + Z_b) * h^2}{2}$$

- Perímetro Mojado (P)

$$(\sqrt{1 + Z_a^2} + \sqrt{1 + Z_b^2}) * h$$

- Radio Hidráulico (R)

$$\frac{(Z_a + Z_b) * h}{2 * (\sqrt{1 + Z_a^2} + \sqrt{1 + Z_b^2})}$$

2.7.3 Escorrentía superficial

Los problemas de drenajes, especialmente en las escorrentías de tipo superficiales en los inconvenientes de drenajes viales, desde un punto de vista conservador, la cuenca hidrológica se encuentra húmeda para la precipitación proyectada, por lo que el corte y retención superficial ha sido cubierto por agua de lluvia anterior, único factor que puede reducir. la precipitación es un proceso de infiltración (INVIAS, 2009).

2.7.3.1 Método Racional

Cuando se requieren la obtención de los caudales máximos que se esperan en estructuras que pueden ser como puentes o alcantarillas, se puede calcular haciendo uso de la ecuación racional que consiste de la siguiente fórmula (Fattorelli & Fernández, 2011).

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

Donde:

- Q = Caudal (m³/s).
- C = es el coeficiente de escorrentía (tabla 13).
- I = Intensidades de las lluvias (mm/hora).
- A = Áreas (hectáreas).

Para la utilización de la ecuación racional, hay que conocer los coeficientes de escorrentías C, el cual se ubica en tablas construidas para tal fin. En la Tabla 13 se dan ciertos valores que son típicos del coeficiente según se trate de áreas urbanas o rurales, respectivamente.

Tabla 13. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas urbanas

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)		
CALLES	Mínimo	Máximo
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto Hidráulico	0.70	0.95
Adoquinados	0.70	0.85
PRADERAS	Mínimo	Máximo
Suelos arenosos Planos (pendientes 0.02 o menos)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02- 0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos Planos (0.02 o menos)	0.13	0.17

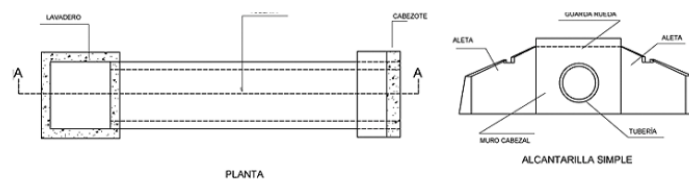
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

Fuente: (Aparicio, Fundamentos de la Hidrología de Superficie, 1989)

2.7.4 Alcantarillas

Estas son estructuras para la expulsión de aguas de drenaje como se ve en la figura 27. Tubería que suele pasar por debajo de una vía y que, por lo tanto, puede tener una sección geométrica circular, rectangular o cuadrada. El diseño debe dar como resultado el perfil más económico que debe permitir el máximo flujo sin sobrepasar las cargas máximas en las entradas de ACS, que se denomina altura o nivel (Pérez, 2013).

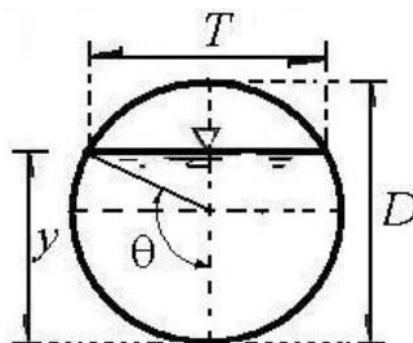
Figura 27. Componentes de una alcantarilla



Fuente: (Pérez, Diseño y construcción de alcantarillados sanitarios, pluvial y drenaje de carreteras, 2013)

Para el cálculo de una alcantarilla de sección circular como se ve en la figura 28 se hace uso de las siguientes fórmulas (Sotelo, 1997).

Figura 28. Canal circular



Fuente: (Sotelo, Hidráulica II, 1997)

- Área A:

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

- Perímetro Mojado P:

$$\theta = D$$

- Radio Hidráulico

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

- Ancho de la superficie libre, T

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

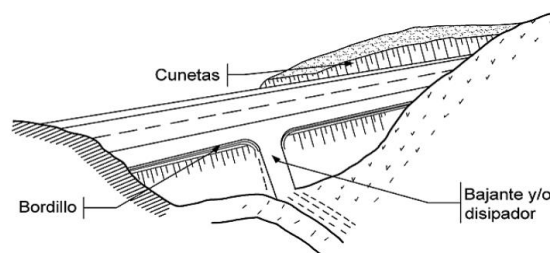
- Tirante medio

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

2.7.4.1 Pocetas

Estas estructuras están diseñadas para ingresar a las alcantarillas, que recogen el flujo de varios drenajes, desagües o filtros como se ve en la figura 29. En carreteras de dos carriles, las pocetas también se utilizan como pozos de inspección (Pérez, 2013).

Figura 29. Funcionamiento de las pocetas



Fuente: (Pérez, Diseño y construcción de alcantarillados sanitarios, pluvial y drenaje de carreteras, 2013)

2.8 Suelos de fundación y subrasante

El suelo que soporta las estructuras de los pavimentos son unos de los más complicados de entender. La influencia del suelo afecta el perfil y las medidas de las estructuras de los pavimentos, así como el mantenimiento requerido en toda la vida útil del pavimento. Es necesario saber las propiedades del suelo a utilizar como base y del suelo, que puede ser natural o transportado, como relleno (Menéndez, 2009).

2.8.1 Definición de Suelo y Roca

En estudios de pavimentación, la piedra es considerada como un tipo de agregado de proceder natural compuesto de granos minerales conectados por una alta y permanente cohesión. El suelo en parte, es considerado un tipo de agregados naturales de partículas minerales que tienen o no materias orgánicas que podrían ser separados por métodos prácticos convencionales, como la mezcla con agua (Montejo, 1998).

2.8.2 Etapas de un estudio de suelos

Las etapas del estudio de suelos son (Menéndez, 2009):

- Revisar la información topográfica y de igual forma de la parte geológica de la zona.
- Reconocimiento: Determinar la geología del área y desarrollar hipótesis de suelo (perfiles probables)
- Investigación Preliminar: Con base en la investigación, se realizó unos números limitados de perforaciones y pruebas para probar las condiciones del subsuelo.
- Seleccionar la sección de diseño según las características geológicas, topográficas y también de drenaje.
- Estudios definitivos: Esto permiten poder determinar los parámetros finales de resistividad y de las estratigrafías para los diseños de pavimentos.

2.8.3 Trabajos de campo

Para conocer los diferentes tipos de ensayos y trabajos de campo que se desarrollan, los procesos que se deben realizar son las siguientes (Menéndez, 2009):

a. Análisis de información existente

- Al igual que los estudios realizados con anterioridad, análisis de tipo geológicos, isoyetas geológicas, fotografías aéreas, perspectivas satelitales, vistas de Google Earth.

b. Métodos de prospección de suelos

- Calicatas
- Trincheras

- Perforaciones con posteadora
- Perforación con diamantina

c. Recolección de muestras

- Inalteradas
- Alteradas

d. Ensayo de Campo

- Ensayo estándar de penetración
- Cono de penetración ligero (PDC)

2.8.4 Ensayos de Laboratorio

Los diferentes ensayos que se llevan a cabo para poder determinar la composición del suelo son las siguientes (Menéndez, 2009):

a. Contenido de Humedad

- Los contenidos de humedades del suelo, (también conocidos como contenidos de agua)
- Indica sobre las cantidades de agua que se encuentran presentes en los suelos. Por concepto, los contenidos de humedades son las relaciones que se tiene acerca de los pesos del agua en unas muestras y la masa de sólidos (secos) en las muestras, que se expresa como porcentaje (w).

b. Análisis granulométrico

- El análisis de seguimiento lateral es una de las pruebas de suelos más antiguas y se utiliza para las clasificaciones de los suelos y forma conjunto del código de los suelos para las construcciones de aeródromo, vías, presas de tierras entre otros.
- Los análisis de tamiz estándar determinan las composiciones relativas de diferentes distribuciones de tamaño de partículas dentro de un rango de tamaño específico llamado distribución de tamiz.

c. Gravedad Específica de los Sólidos

- Los pesos específicos de un sólido son las relaciones entre los pesos de unos determinados volúmenes de los materiales y los pesos de los mismos volúmenes de agua (a 20°C). Muestra efectivamente el peso o peso del material en relación con el agua.

d. Límites líquidos, límites plásticos y obtención de los índices de plasticidades

- Las arcillas y algunos de los suelos finos tienen plasticidad cuando el suelo tiene la cantidad adecuada de agua.

e. Ensayo de relaciones esfuerzos densidades conocido como Proctor modificado (ensayos de compactación)

- Las prácticas de compactaciones son unos de los mecanismos básicos de construcciones que incluyen superficies de carreteras y bases de pavimentos de vías y aeródromos estructuras del mismo tipo.

f. Ensayo de CBR

La prueba CBR es una prueba relativamente simple que se utiliza para obtener clasificaciones de resistencia del suelo para subrasantes, subrasantes y subrasantes utilizadas en pavimentaciones de vías y aeropuertos. Las pruebas fueron desarrolladas por los Departamentos de Carreteras de California en 1929 y adoptada por el Cuerpo de Ingenieros para desarrollar pavimentos.

2.8.4.1 CBR

Estos ensayos intentan estimar la tensión de cortes de los suelos con parámetros de humedades y densidades, que pueden usarse para generar parámetros de resistencias a la penetración del suelo y capacidades de cargas del suelo. Para poder ejecutar la prueba hay que realizar varios impactos en la superficie del suelo con un martillo estándar usando un cilindro específico de acuerdo con AASHTO. Una vez que se obtienen los resultados, se debe hacer una comparación para determinar el uso previsto del suelo de prueba (Castro, 2013).

Tabla 14. Clasificación del suelo a través de 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: (Castro, Mecánica de suelos, 2013)

2.9 Pavimentos

Los pavimentos están compuestos por grupos de capas colocadas en formas horizontales, de maneras técnicas diseñadas y construidas con componentes adecuados y adecuadamente aplastados. Estas estructuras en capas colocadas sobre la superficie de la carretera, obtenidas a

través del proceso de estudio del movimiento del suelo, deben ser capaces de soportar las fuerzas que se les aplican durante las cargas de tráfico repetidas durante los diseños de las estructuras de los pavimentos (Montejo, 1998).

2.9.1 Clasificación de los pavimentos

Los pavimentos están clasificados en (Montejo, 1998):

2.9.1.1 Pavimentos flexibles

Estos tipos de pavimentos consisten en unas capas de asfalto, por lo general soportada por 2 capas blandas (base y base). Sin embargo, cualesquiera de este tipo de capas se pueden omitir en base a las necesidades específicas de cada pieza (Montejo, 1998).

2.9.1.2 Pavimento Semi – Rígido

Estos tipos de pavimento tiene esencialmente las mismas estructuras que un pavimento flexible, una capa se refuerza artificialmente con aditivos, que pueden ser: betún, emulsiones, cementos, cal y productos de origen químicos. El objetivo principal del uso de estos aditivos es la corrección o modificación de los factores mecánicas de los componentes inadecuados para la colocación de capas de cobertura locales, considerando que los materiales adecuados están demasiado lejos para encajear los materiales y costos de construcción (Montejo, 1998).

2.9.1.3 Pavimentos Rígidos

Estos tipos de pavimentos se caracteriza por losas de hormigones hidráulicos que pueden tener refuerzo estructural y se colocan directamente sobre la subrasante. Transfiere una tensión directamente al suelo, es autoportante y es necesario controlar la cantidad de hormigón (Montejo, 1998).

2.9.2 Metodología AASHTO para diseño de pavimentos flexibles

El Método AASHTO, edición de 1993, especifica procedimientos para los diseños de secciones estructurales flexibles y rígidas de pavimentos de vías. En los casos de pavimentos flexibles, este método prevé que las superficies de rodadura sólo deben tratarse con hormigón asfáltico y tratamiento superficial, ya que la estructura debe soportar un alto volumen de tráfico (más de 50.000 que acumulan el equivalente a 8,2 toneladas). Después del diseño, deje espacio para aceras ligeras con menos tráfico que antes, como caminos pavimentados o que sean de grava (AASHTO, 1993).

2.9.2.1 Confiabilidad "R"

El uso del parámetro de confiabilidad "R" requiere ciertos grados de certezas en el enfoque de diseños para garantizar que las diferentes alternativas a los miembros estructurales finales duren al menos a lo largo de los períodos de diseños. AASHTO clasifica estos niveles de confiabilidad como se muestra en la Tabla 15 (AASHTO, 1993).

Tabla 15. Niveles de Confiabilidad

NIVELES 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)

De igual forma para estimar los parámetros de confiabilidad S_o se comprueba en la tabla 16 (AASHTO, 1993).

Tabla 16. Niveles de Serviabilidad S_o

Tipo de Construcción	Flexible 0.45-0.50	Rígido 0.35-0.40
Construcción Nueva	0.45	0.35
Sobre capas	0.50	0.40

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

2.9.2.2 Pérdida o diferencia entre índices de servicio inicial y terminal

Las serviabilidades de los pavimentos se definen como una adecuación al flujo vehicular que lo utilizará. La mejor manera de medir esto es usar los índices de servicios actuales (PSI). Los criterios de diseños básicos son los conceptos de operación y mantenimiento, que prevé la posibilidad de diseñar los pavimentos al finalizar los ciclos de diseños en funciones de los volúmenes de tráfico total determinado y el nivel mínimo de operación requerido (Montejo, 1998).

Para el cálculo de los índices de serviabilidad, la AASHTO propone los siguientes índices en base al TPDA obtenido como se ve en la tabla 17.

Tabla 17. Índices de serviciabilidad en base al TPDA

TIPO DE CAMIÓN	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PI)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT)
Camino de bajo volumen de tránsito	TP1	150.001	300.000	4.10	2.00
	TP2	300.001	500.000	4.10	2.00
	TP3	500.001	750.000	4.10	2.00
	TP4	750.001	100.0000	4.10	2.00

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

Para los cálculos de la serviciabilidad final se efectúa la siguiente operación: (AASHTO, 1993)

$$\Delta PSI = PSI \text{ inicial} - PSI \text{ final}$$

Donde:

- ΔPSI = Índice de serviciabilidad

2.9.2.3 Módulo Resiliente

Los módulos resilientes se utilizan para deducir las composiciones de los suelos base (es decir, la base de la carretera). Estos datos son importantes teniendo en cuenta el tipo de subrasante sobre el que se depositará el revestimiento, por lo que determinar las condiciones del suelo subyacente se puede estimar los espesores de la capa de revestimiento. El método ASSHTO 93 para el procedimiento de diseño de pavimentos flexibles contiene las relaciones entre los módulos resiliente “Mr” y CBR, teniendo en cuenta que, en varios países, como el nuestro, no existe el equipo necesario para la determinación del módulo de elasticidad (AASHTO, 1993).

- $Mr (PSI) = 1500 * CBR$ para $CBR < 10\%$ (SEGÚN AASHTO).
- $Mr (PSI) = 3000 * CBR^{0,65}$ para los CBR de 7,2% a 20% (SEGÚN AASHTO).
- $Mr (PSI) = 4326 * \ln CBR + 241$ (De uso para los suelos que son granulares según la ASSHTO).

2.9.2.4 Número estructural

Con este método, a cada una de la capa de pavimento se le asigna un coeficiente necesario para la construcción de pavimentos flexibles. Estos factores posibilitan transformar los espesores reales en números de estructura (SN), cada uno de los cuales es una aptitud relativa de cada uno de los materiales para servir como fragmento de las estructuras de los pavimentos. Según el tipo

y características de la capa considerada, el método ofrece tres clases de estos coeficientes siendo para las carpetas asfálticas, base y sub base, los cuales se determina mediante la siguiente ecuación (AASHTO, 1993):

$$SN = a_1 h_1 + a_2 m_2 h_2 + a_3 m_3 h_3$$

Donde:

- a_1, a_2, a_3 = Número estructural del pavimento.
- h_1, h_2, h_3 = Espesores de capa asfáltica.
- m_2, m_3 = Coeficientes de drenaje.

2.9.2.4.1 Módulo resiliente para la capa asfáltica (a_1)

Las carpetas asfálticas son caracterizadas por los módulos resilientes, los cuales dependen de las frecuencias de cargas y de las temperaturas de las mezclas en donde para conocer nuestro número estructural hacemos uso de las siguientes fórmulas (AASHTO, 1993).

$$f = \frac{v}{2\pi}$$

Donde:

- f = Frecuencias de aplicaciones de cargas (Hz).
- v = Velocidades de operaciones de los vehículos (km/h).

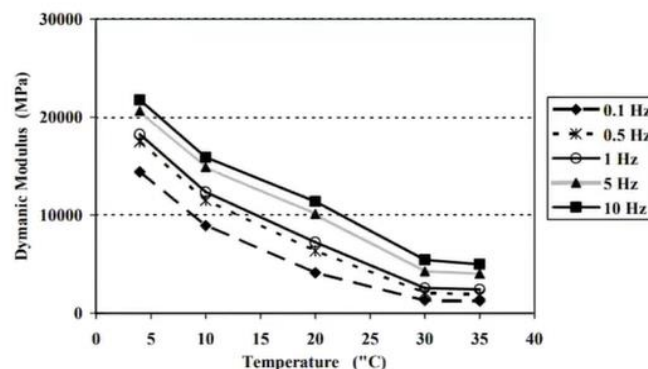
$$T_s = (-0.0093 * T_a^2 + 1.569 * T_a - 1.578)(-0.084 * \ln h_s + 1.55)$$

Donde:

- T_s = Temperaturas efectivas (C°).
- T_a = Temperaturas medias del aire (C°).
- h_s = Espesores de las capas asfálticas (mm).

Una vez determinado las frecuencias de aplicaciones de cargas y las temperaturas efectivas de las capas asfálticas se procede a ubicar los valores obtenidos en la figura 30 (AASHTO, 1993).

Figura 30. Determinación del Módulo Resiliente de la capa asfáltica



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

Cuando se haya determinado el módulo de resiliencia en la respectiva curva según se obtenga el resultado se calcula el número estructural a_1 con la siguiente fórmula.

$$a_1 = 0.184 * \ln(Mr) - 1.9547$$

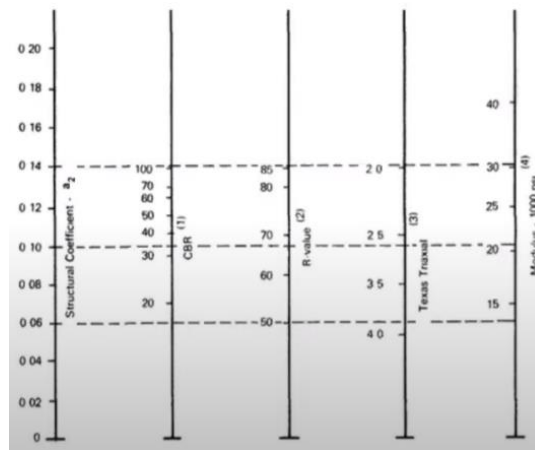
Donde:

- a_1 = número estructural para la capa asfáltica.
- Mr = módulo de resiliencia ubicada en la gráfica 18, en PSI.

2.9.2.4.2 Módulo de resiliencia para la capa base (a_2)

Según la MOP propone usar un CBR al 40% como mínimo para determinar los módulos resilientes para las sub bases el cual hacienda uso del ábaco de la figura 31, se puede estimar los módulos resilientes de las sub bases (MOP, 2002).

Figura 31. Ábaco para determinar el número estructural de la base

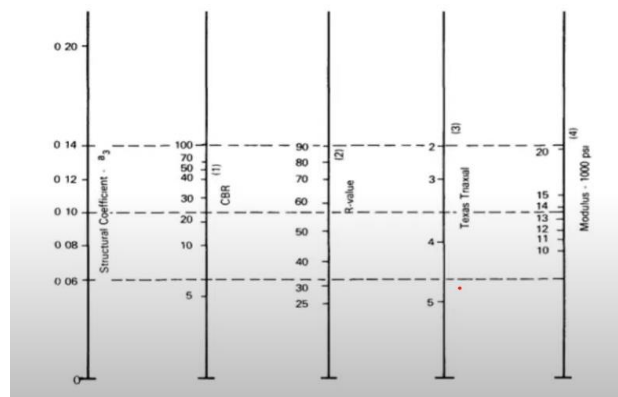


Fuente: (AASHTO, American Association of State highway and Transportation Officials, 1993)

2.9.2.4.3 Módulo de resiliencia para la subbase (a_3)

Al igual que para los cálculos de la base, en la sub base de igual forma se asume el criterio propuesto por MOP, debido a que ésta norma propone el uso del CBR en un valor mínimo o igual del 40 %, haciendo uso del ábaco de la figura 32 (MOP, 2002).

Figura 32. Ábaco para determinar el número estructural de la subbase



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

2.9.2.5 Características del drenaje

Por encima de la importancia del drenaje en los diseños de una carretera, las formas de pavimentación actuales a menudo incluyen subrasantes de baja permeabilidad que son difíciles de drenar. Este enfoque da libertad de determinar qué nivel de calidades de drenaje debe lograrse bajo un conjunto dado de condiciones de drenaje (Montejo, 1998).

La Tabla 18 dan a mostrar los valores recomendados por la AASHTO en concordancia con las calidades de los drenajes y los tiempos en los años durante los cuales se esperan que los pavimentos estén normalmente expuestos a grados de humedades próximos a las saturaciones (AASHTO, 1993).

Tabla 18. Calidad de drenaje según tiempos 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)

2.9.2.6 Diseño Estructural del pavimento

Este tipo de métodos de diseños se puede aplicar para carreteras que tienen tránsitos superiores a 0.05×10^6 ejes equivalentes de 8.2 toneladas y la ecuación que se usa para el respectivo diseño de pavimentos flexibles es la siguiente (AASHTO, 1993):

$$\text{Log } W_{18} = ZR * S_o + 9.36 \text{ Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta PSI}{2.2 - 1.5} \right)}{0.40 \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \text{ Log } Mr - 8.07$$

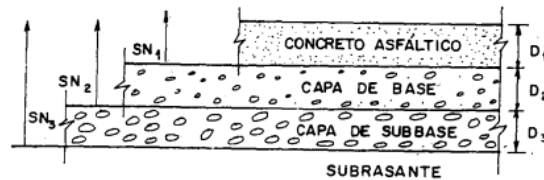
Donde:

- W_{18} = Número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas.
- ZR = Desviación estándar normal.
- S_o = Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.
- ΔPSI = Diferencias entre los índices de serviciabilidad.
- Mr = Módulos resilientes.
- SN = Número estructural.

2.9.2.6.1 Análisis de diseño por capas

De ser los pavimentos unos tipos de sistemas multicapas, la respectiva disposición de los diferentes espesores deben manejarse con respecto a los principios mostrados en la Figura 33 (Montejo, 1998).

Figura 33. Composición de las capas de un pavimento



Fuente: (Montejo, Ingeniería de Pavimentos, 1998)

Primero se debe calcular el SN requerido por sobre las subrasantes. De igual manera, se encuentra los SN requeridos en las subcapas y capas base, haciendo uso de los valores de resistencias aplicables en cada caso. Se determina los espesores máximos permitidos de cada capa en función de la diferencia entre el SN calculado para cada capa según sea necesario y éstos deben cumplir las condiciones propuestas (Montejo, 1998).

Condición 1

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

$$SN_1 = a_1 D_1 \geq SN_1$$

Condición 2

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 m_2}$$

$$SN_1 + SN_2 \geq SN_2$$

Condición 3

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1 + SN_2)}{a_3 m_3}$$

2.9.2.6.2 Cálculo del Mejoramiento para suelos de baja calidad

Para suelos de baja calidad que estén compuesto por un CBR inferior al 6% se recomienda colocar material de mejoramiento, con la finalidad de resistir y dispersar los diferentes esfuerzos causados por los vehículos mejorando las condiciones de comodidad y seguridad para los usuarios que están haciendo uso de la vía (MTC, 2014).

Para lo cual se calculará empleando la siguiente ecuación (MTC, 2014).

$$E = \frac{\Delta SN}{a_i * m_i}$$

Donde:

ΔSN = Diferencia algebraica de Número estructurales

E = Espesor de reemplazo (cm).

a_i = Coeficiente estructural del material a colocar (cm).

M_i = Coeficiente de drenaje del material a colocar.

En donde la diferencia algebraica será una resta entre los números estructurales correspondientes a los números obtenidos con el CBR resultado del suelo de baja calidad y los números estructurales correspondientes al CBR de mejoramiento, en este caso es el mínimo que vendría a ser el 6% (MTC, 2014).

$$\Delta SN = \Delta SN_E - \Delta SN_M$$

Donde:

ΔSN_E = Número estructural correspondiente al CBR predeterminado.

ΔSN_M = Número estructural correspondiente al CBR de mejoramiento (6%).

Para determinar el coeficiente estructural a_i correspondiente a la carpeta de mejoramiento es calculada con la siguiente fórmula

$$a_i = 0.95 * a_3$$

Donde:

a_i = Coeficiente estructural del material a colocar (cm).

a_3 = Coeficiente estructural correspondiente a la carpeta de la sub base.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1 Materiales y equipos usados

A lo largo del desarrollo del proyecto técnico, se requirió de equipos y materiales determinados para poder llegar a cumplir los objetivos planteados, los cuales se describen a continuación.

3.1.1 Medición en tiempo real cinemático (RTK)

Para poder realizar la topografía, se hizo uso del RTK el cual nos permite realizar todo mediante satélite.

Figura 34. Composición de un RTK



Fuente: (GEOCOM, 2023)

El modo RTK de medición GPS que requiere el uso de al menos dos sistemas receptores GPS simultáneos. De hecho, este es el caso de todas las aplicaciones de GPS que requieren una precisión de posición superior a 100 metros. En un sistema GPS RTK de doble receptor, un subsistema receptor está diseñado como estación base y el otro como móvil. El sistema receptor base generalmente se encuentra en una ubicación conocida, p. latitud, longitud, elevación o este, norte conocidos. Cuando el sistema base está operativo, recopila datos sin procesar de los satélites disponibles. (Thales Navigation, 2000)

3.1.2 Radios de comunicación

Al momento de trabajar para llevar a cabo el proyecto se hizo uso de radios de comunicación, debido a que, como el proyecto abarca longitudes de mayor distancia la comunicación se vuelve complicada, por lo que se optó por el uso de estos equipos.

3.1.3 Flexómetro

Se hizo uso de un flexómetro de 5m para tomar las medidas de determinadas magnitudes que son de mucha importancia al momento de la ejecución del proyecto.

3.1.4 Cinta métrica

Además del flexómetro se utilizó una cinta métrica la cual es muy útil para tomar la medida de magnitudes que son de gran proporción para realizar diferentes tomas de medidas como abscisado o también para determinar el ancho de la calzada.

3.1.5 Computador

Es de suma importancia el uso de una computadora debido a que gracias a ella podemos procesar los datos obtenidos de levantamiento topográfico y de igual forma para poder llevar a cabo todos los cálculos que conlleva el desarrollo del proyecto

3.2 Recopilación de datos

3.2.1 Análisis y recopilación de información

Para poder llevar a cabo del desarrollo del proyecto se realizaron varias visitas a su ubicación para así poder tener información que es crucial para poder desarrollar el mismo, ya sea como el análisis del estado en el que se encuentra la vía existente, realizar los respectivos conteos para conocer el flujo vehicular presente, hablar con la gente que habita en la localidad para así poder hacer varios análisis no solo técnicos sino sociales, entre otros.

3.2.2 Ubicación del proyecto

La vía está ubicada en la parroquia Tarqui, sector de Morascalle, actualmente cuenta con una longitud total de 800 metros y su capa es de rodadura es lastre. Como se puede observar en la figura 35, el trazado de la carretera ya se encuentra realizada, con el detalle de que esta carretera no se encuentra pavimentada y no cuenta con un diseño geométrico adecuado.

Figura 35. Ubicación del proyecto

Fuente: (Google Earth, 2023)

- Coordenadas del Proyecto (tabla 19):

Tabla 19. Coordenadas del proyecto

	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Elevación (m.s.n.m)
<i>Inicio</i>	720234.88	9668763.80	2705
<i>Fin</i>	720746.00	9668624.00	2665

Fuente: (Google Earth, 2023)

3.2.3 Determinación del flujo vehicular

3.2.3.1 Ubicación de las estaciones de conteo

Para poder estimar el tránsito presente en el área de estudio, se planteó la ubicación de dos estaciones, una de entrada y otra de salida las cuales darán a conocer los vehículos que conducen por la vía principal de entrada a la comunidad de Morascalle como se ve en la figura 36.

Figura 36. Ubicación de las Estaciones de Conteo

Fuente: (Google Earth, 2023)

- Intersección E1: Esta Intersección dará a conocer los datos de los vehículos que ingresan a la intersección.
- Intersección E3: Esta intersección dará a conocer los datos de los vehículos que salen de esta intersección.

3.2.3.2 Conteo Vehicular

Para realizar los conteos vehiculares, se plantó una cámara (Anexo A1 y A2), en la cual nos da a conocer las cantidades de automóviles que circulan en la carretera, tanto de entrada como de salida. Para realizar la contabilización de los vehículos se los hizo en el transcurso de todo el día es decir desde las 00h00 am hasta las 23h59 pm, lo que nos da a conocer con una precisión exacta de los vehículos presentes y de igual forma el conteo se realizó en todos los 7 días de una semana.

Los formularios que se usaron para contabilizar los vehículos se detallan en la tabla 20, el cual presenta una distribución adecuada en base al formato presentado por la MTOP, para que así la clasificación de los vehículos pueda ser de una manera adecuada teniendo en cuenta que las horas contabilizadas fueron de 24 horas.

Tabla 20. Formato para contabilizar los vehículos

INTERSECCION: Entrada Principal Comunidad Morasalle
ENCUESTADOR: David Toledo/Santiago Naspud
ESTACION:

E1 - I 1

HACIA LA IZQUIERDA.....

PERIODO HORAS	PERIODO 15 MIN	HACIA LA IZQUIERDA.....							
		LIVANOS	BUSES	CAMIONES			Motos	Bicis	Peatones
				2 EJES	3 EJES	TRAILER			
00H00-01H00	0-15								
	15-30								
	30-45								
	45-60								
01H00-02H00	0-15								
	15-30								
	30-45								
	45-60								
02H00-03H00	0-15								
	15-30								
	30-45								
	45-60								
03H00-04H00	0-15								
	15-30								
	30-45								
	45-60								

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

3.2.3.3 Análisis de Datos

Obtener los datos de los flujos vehiculares es de mucha importancia debido a que, en base a esos datos, se analizan y se comprenden con que datos se va a realizar tomando en consideración en qué día se presenta el mayor flujo vehicular para el proceso de diseño de la vía a construir teniendo en cuenta las respectivas normas viales para que el diseño final tenga un correcto y óptimo diseño.

CAPÍTULO 4

4. CÁLCULOS

4.1 Introducción

4.1.1 Conteo Vehicular para cálculo del TPDA

Para poder contabilizar los vehiculares, se ubicó dos estaciones en la entrada principal de la vía, una de entrada llamada E1 y otra de salida llamada E3 los cuales permitirán determinar el tránsito presentes en las áreas de estudios, de igual manera para poder clasificar los tipos de automóviles que circulan por la vía aplicando las respectivas normas como la MTOP y la AASHT para lo cual se realizaron el conteo de las 24 horas por todos los días de la semana sientos 7 en total obteniendo así el número máximo de automóviles que circulan en un determinado día de la semana como se ve en la tabla 21 y así poder realizar los debidos cálculos para determinar el TPDA.

Tabla 21. Total, de Vehículos que entran y salen en una semana

TOTAL, DE VEHÍCULOS QUE ENTRAN Y SALEN EN 24 HORAS DE LAS INTERSECCIONES						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
214	229	226	242	198	233	304

Fuente: Autor

Para analizar y comprender la distribución de los vehículos como resultado del conteo, en el (Anexo A4 y A5) se detallan el conteo en 24 horas del día que mayor flujo vehicular se obtuvo.

Por lo que el día que mayor flujo vehicular presenta es el día domingo, lo cual indica que ese día se usara para realizar los cálculos correspondientes al TPDA, entonces en la tabla 22 se analiza los resultados del conteo de ese día para cada estación.

Tabla 22. Resumen de Giros en 24 horas

RESUMEN DE GIROS (Vehiculos 00H00 - 23H59)						
INTERSECCION: Entrada Principal Comunidad Morascale						
domingo, 26 de febrero de 2023						
O	D	S1	S2	S3	S4	Total
	E1	0	0	141	0	141
	E2	0	0	0	0	0
	E3	163	0	0	0	163
	E4	0	0	0	0	0
		163	0	141	0	304

Fuente: Autor

4.1.1.1 Cálculo del factor horario

El factor horario está en relación al conteo de un día entero de 24 horas de conteo, por lo tanto, como el conteo se hizo en 24 hora el factor horario es 1.

$$Fh = \frac{24}{24} = 1$$

4.1.1.2 Factor diario

Como los días que se realizaron el conteo son 7 y el factor diario es la relación de los días contados a la semana por lo que el factor diario es 1.

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

4.1.1.3 Factor semanal

Este factor se basa en el número de semanas por mes y en el mes de conteo que se realizó, tomando en consideración que si el año no es bisiesto el factor semanal correspondiente a febrero será 1 como se puede ver en la tabla 23.

Tabla 23. Factor semanal correspondiente el presente año

MES	No DIAS	No SEMANAS	Fs
Enero	31	4.428571429	1.107142857
Febrero	28	4	1
Marzo	31	4.428571429	1.107142857
Abril	30	4.285714286	1.071428571
Mayo	31	4.428571429	1.107142857
Junio	30	4.285714286	1.071428571
Julio	31	4.428571429	1.107142857
Agosto	31	4.428571429	1.107142857
Septiembre	30	4.285714286	1.071428571
Octubre	31	4.428571429	1.107142857
Noviembre	30	4.285714286	1.071428571
Diciembre	31	4.428571429	1.107142857
Total	365		

Fuente: Autor

Por lo que deduciendo que el mayor flujo vehicular se da en el día domingo 26 de febrero nuestro factor semanal será 1.

$$Fs = 1$$

4.1.1.4 Factor mensual

Este factor está en función del consumo de combustibles de la provincia en donde se realizó el conteo, los cuales se realizaron en base de datos históricos de consumos, una proyección al año del consumo de combustibles como se ve en la tabla 24.

Tabla 24. Consumo de combustibles para la provincia del Azuay 2022

	Extra	Super	Diesel	suma	factor mensual
Enero	5 041 034	426 907	3 821 603	9 289 543	1.059591651
Febrero	4 880 836	433 298	3 541 383	8 855 516	1.111524411
Marzo	5 355 979	453 869	3 841 103	9 650 951	1.019912205
Abril	5 032 952	413 959	3 736 007	9 182 917	1.071894934
Mayo	5 078 272	399 376	4 163 812	9 641 460	1.020916201
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	0.940065545
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	0.969160177
Octubre	5 258 978	392 703	4 126 129	9 777 810	1.006679687
Noviembre	5 417 543	396 626	4 330 418	10 144 587	0.970283235
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: (Recursos y Energía, 2022)

Para realizar la proyección se hizo un promedio de los datos para cada año logrando así obtener la proyección para el año esperado.

Como el día que mayor flujo vehicular pertenece al mes de febrero, el factor mensual será:

$$Fm = 1.11152441$$

4.1.2 Cálculo del TPDA

Una vez se obtengan todos los factores que determinan el cálculo del TPDA se procede a calcular.

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

$$TPDA_{2023} = 304 * 1.00 * 1.00 * 1.00 * 1.11152441$$

$$TPDA_{2023} = 338$$

Por lo que el resumen de tráfico corregido observado en la intersección se puede ver en la tabla 25.

Tabla 25. Corrección de Tráfico observado en la intersección

CORRECCION DE TRAFICO OBSERVADO EN LA INTERSECCION

domingo, 26 de febrero de 2023

INTERSECCION: Entrada Principal Comunidad Morascale
E1 + E2 + E3 + E4

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	157	0	181	0	338
B	0	0	0	0	0
2E	0	0	0	0	0
3E	0	0	0	0	0
4E - 6E	0	0	0	0	0
TOTAL	157	0	181	0	338

Fuente: Autor

4.1.3 Proyección del tráfico

Los pronósticos a cortos y largos plazos son esenciales para realizar los estudios de pavimentos durante las fases de diseño y operación. Para el cálculo de este parámetro se requiere una serie de datos cronológicos de la población. Con base en los datos y usando modelos de regresión, se pueden usar modelos lineales y exponenciales para ajustar series históricas de tráfico porque dan a conocer los modelos que de mejor manera son ajustados a estas sucesiones históricas. Seleccione el modelo que tenga la mejor correlación de valores de flujo para el análisis tomando en consideración que por lo general las proyecciones se realizan para 20 en cuestiones de viabilidad (Montejo, 1998).

Para determinar la relación de vehículos livianos, utilizaremos un modelo logístico basado en la relación de motorizaciones T_m , los cuales significan cuántos automóviles por cada mil habitantes de la parroquia en un año determinado k , y encontrar las series histórica de T_m en relación de las tasas de saturaciones T_s , T_m es un factor constante, lo que significa que aumenta los habitantes, aumenta el número de vehículos livianos, pero las motorizaciones son constantes, los valores de T_s encontrados harán que los coeficientes de regresión sean los valores máximos que mejor se ajustan dicha ecuación (MTOPI, 2003).

$$T_m = \frac{T_s}{1 + e^{a+bt}}$$

Donde:

- T_m : Tasa de motorización para un año k (vehículos/1000 habitantes).
- T_s : Tasa de saturación (vehículos/1000 habitantes).
- e : Base del logaritmo natural.
- a, b : constantes a determinar.
- t : Tiempo.

Dado que esta ecuación tiene tres variables, se puede reducir a una forma de línea recta con la regresión apropiada (MTOPI, 2003).

$$(a + bt) = \ln\left(\frac{T_s}{T_m} - 1\right)$$

Dado que T_s se superpone y T_m son datos anuales, esta función tiene las formas de una línea recta y hay una manera de usar la regresión lineal para encontrar el valor de a como la ordenada inicial y b como la pendiente (MTOPI, 2003).

$$Y = a + bt$$

$$Y = 2.539 - 0.094t$$

Tabla 26. Proyección de vehículos según modelo logístico

AÑO	POBLACION CUENCA	VEHICULOS LIVIANOS	Tm	Y=Ln(Tv/Tm-1)	Tm AJUSTADO	VEH. AJU STADO. LIVIANOS
1969	183 862	1 935	10.52	2.87	17.08	3 141
1970	189 695	2 435	12.84	2.66	18.35	3 481
1971	196 628	3 173	16.23	2.41	19.70	3 853
1972	201 361	3 529	17.53	2.33	21.14	4 258
1973	207 194	3 921	18.92	2.24	22.68	4 698
1974	213 027	4 638	21.77	2.09	24.30	5 177
1975	220 782	5 710	25.86	1.89	26.03	5 747
1976	228 538	6 588	28.83	1.76	27.86	6 367
1977	236 293	8 106	34.30	1.56	29.79	7 040
1978	244 049	8 877	36.37	1.49	31.84	7 770
1979	251 804	11 193	44.45	1.23	33.99	8 560
1980	259 559	11 632	44.81	1.22	36.26	9 413
1981	267 315	12 070	45.15	1.21	38.65	10 332
1982	275 070	13 383	48.65	1.11	41.15	11 320
1983	282 065	14 695	52.10	1.02	43.77	12 347
1984	289 060	15 453	53.46	0.99	46.51	13 444
1985	296 054	16 113	54.43	0.96	49.36	14 614
1986	303 049	18 887	62.32	0.77	52.33	15 859
1987	310 044	18 847	60.79	0.81	55.41	17 179
1988	317 039	18 806	59.32	0.84	58.60	18 577
1989	324 033	23 028	71.07	0.57	61.88	20 053
1990	331 028	20 648	62.38	0.77	65.27	21 607
1991	338 901	22 202	65.51	0.70	68.75	23 299
1992	346 774	22 353	64.46	0.72	72.31	25 076
1993	354 647	22 504	63.45	0.74	75.95	26 935
1994	362 520	21 940	60.52	0.81	79.65	28 875
1995	370 393	25 658	69.27	0.61	83.41	30 895
1996	378 267	27 067	71.56	0.56	87.22	32 991
1997	386 140	30 957	80.17	0.38	91.06	35 160
1998	394 013	31 006	78.69	0.41	94.92	37 399
1999	401 886	35 703	88.84	0.20	98.79	39 702
2000	409 759	42 924	104.75	-0.13	102.66	42 067
2001	417 632	44 586	106.76	-0.17	106.52	44 487
2002	427 405	45 513	106.49	-0.16	110.36	47 167
2003	437 177	49 245	112.64	-0.29	114.16	49 906
2004	446 950	58 775	131.50	-0.70	117.91	52 698
2005	456 722	66 601	145.82	-1.05	121.60	55 538
2006	466 495	74 657	160.04	-1.47	125.23	58 418
2007	476 268	67 353	141.42	-0.93	128.78	61 332
2008	486 040	74 846	153.99	-1.28	132.24	64 275
2009	495 813	68 302	137.76	-0.84	135.61	67 239
2010	505 585	73 703	145.78	-1.05	138.89	70 220
2011	517 085	79 424	153.60	-1.26	142.06	73 457
2012	528 585	83 675	158.30	-1.41	145.12	76 709
2013	540 085	84 929	157.25	-1.38	148.07	79 971
2014	551 585	84 644	153.46	-1.26	150.91	83 238
2015	563 085	89 864	159.59	-1.45	153.63	86 505
2016	574 585	85 961	149.61	-1.15	156.23	89 767
2017	586 085	86 966	148.38	-1.12	158.71	93 020
2018	597 585	92 906	155.47	-1.32	161.08	96 261
2019	609 085	93 825	154.04	-1.28	163.34	99 486
2020	620 585	94 125	151.67	-1.21	165.48	102 692
2021	632 085	95 632	151.30	-1.20	167.50	105 876
2022	643 585	99 890	155.21	-1.31	169.42	109 038
2023	657 285				171.24	112 551
2024	664 627				172.95	114 946
2025	671 231				174.56	117 170
2026	677 297				176.08	119 257
2027	682 961				177.50	121 228
2028	688 328				178.84	123 103
2029	692 712				180.10	124 757
2030	699 262				181.28	126 759
2031	706 320				182.38	128 816
2032	714 174				183.41	130 984
2033	722 877				184.37	133 276
2034	732 288				185.27	135 670
2035	742 292				186.11	138 145
2036	752 794				186.89	140 689
2037	763 716				187.62	143 286
2038	774 993				188.30	145 928
2039	786 581				188.93	148 607
2040	798 432				189.51	151 315
2041	812 971				190.06	154 044
2042	825 571				190.57	156 792
2043	838 117				191.04	159 559
2044	851 150				191.48	162 347
2045	864 591				191.89	165 156
2046	878 385				192.26	168 000
2047	892 492				192.61	170 880
2048	906 867				192.94	173 797
2049	921 469				193.24	176 752
2050	936 268				193.52	179 745
2051	951 229				193.78	182 776
2052	967 536				194.02	185 845
2053	984 986				194.24	188 952

Fuente: Autor

En la tabla 26 muestra una tabla de ajuste de curvas logísticas y el cálculo de Tm ajustado para encontrar el valor del parque automotor para cada año k, usando información de población y registros de registro de la ciudad de Cuenca disponibles desde 1969 hasta 2023 en donde la Tasa de saturación es igual a 197/1000 habitantes.

Por lo tanto, según los datos proyectados para 2043, podemos usar la siguiente ecuación para calcular las tasas de proyección esperada por vehículo liviano por cada cinco años (MTOPE, 2003).

$$\sqrt[n]{\frac{TF}{TA}} - 1 = i$$

Donde:

- TF: Tráfico Futuro para el año n+5
- TA: Tráfico Actual para el año n
- n: Número de años transcurridos entre TA+TF (n+5-n=5)
- i: Tasa de crecimiento para los cinco años

En la tabla 27 se muestra una relación directa del crecimiento poblacional, quiere decir que crecerán con la misma tasa de la población (MTOPE, 2003).

Tabla 27. Tasa de crecimiento Vehicular

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2023-2028	1.81%	0.93%	0.93%
2028-2033	1.60%	0.98%	0.98%
2033-2038	1.83%	1.40%	1.40%
2038-2043	1.87%	1.58%	1.58%
2043-2048	1.79%	1.59%	1.59%

Fuente: Autor

En la tabla 28 los resultados de la previsión TPDA para los años 2023-2043 se presentan tanto para estaciones y sus componentes, como para toda la intersección, así como desglosados por tipos de vehículos que se tienen en cuenta a la hora de contabilizar los vehículos.

Tabla 28. Proyección del TPDA

: Tráfico de 00H00 a 24H00

ESTACION	VEHICULOS	2023	2028	2033	2038	2043
		TPDA 2023	TPDA 2028	TPDA 2033	TPDA 2038	TPDA 2043
E1	L	157	171	188	203	223
	B	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0
	E4 - E5	0	0	0	0	0
	TOTAL	157	171	188	203	223
E2	L	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0
	E4 - E5	0	0	0	0	0
	TOTAL	0	0	0	0	0
E3	L	181	198	215	235	258
	B	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0
	E4 - E5	0	0	0	0	0
	TOTAL	181	198	215	235	258
E4	L	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0
	E4 - E5	0	0	0	0	0
	TOTAL	0	0	0	0	0
TOTAL	L	338	370	400	438	481
	B	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0
	E4 - E5	0	0	0	0	0
	TOTAL	338	370	400	438	481

Fuente: Autor

En base a los resultados obtenidos en la proyección tenemos un flujo de vehículos total para el año 2043 de 438 vehículos

4.1.4 Cálculo del ESALS

Para los cálculos de tránsito, el método actual calcula el equivalente a 18 000 libras (8,2 toneladas) de ejes individuales acumulados durante la fase de diseño.

La ecuación siguiente se usa para calcular el parámetro del tránsito W18 en el carril de diseño.

$$W18 = DD * DL * W18$$

Donde:

- W18: Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 Ton, en el carril de diseño

- DD: Factor de distribución direccional; el cual se recomienda 50% para la mayoría de las carreteras pudiendo variar de 0.3 a 0.7.
- W18: Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones
- DL: Factor de distribución por carril, cuando se tenga dos o más carriles por sentido

Para lo cual en la tabla 29 se detalla la cantidad de ejes equivalentes de cargas calculadas en base al tipo de vehículo, ya que es necesario para determinar el número de ejes equivalentes a 8.2 Toneladas.

Tabla 29. Factor Equivalente por tipo de carga

FACTORES DE EQUIVALENTE DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO									
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR FEC
	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)

Para el factor de distribución de carriles se toma en consideración que número de carriles estarán funcionando en la vía, los cuales pueden variar como se ve en la tabla 30, dando a conocer en que el W18 va a ser dividido para el porcentaje asumido de esa cantidad de carriles que va a ser dividido el W18 acumulado.

Tabla 30. Factor de distribución de carriles

FACTOR DE CARRIL		
Num Carriles	Factor de carril	rango
1	1.00	1
2	0.95	0,8 - 1,00
3	0.70	0,60 - 0,80
4	0.75	0,50 - 0,75

Fuente: Autor

Una vez determinado estos factores se hace uso del TPDA obtenido en el año para que así podamos determinar el W18, para lo cual se asume un porcentaje de camiones que se adicionan al TPDA con fines de seguridad como se puede ver en la tabla 31.

Tabla 31. TPDA total

AÑO 2023	TOTAL	Porcentajes	
TPD TOTAL	382	de Vehículos	
AUTOS	338	88.5%	
BUSES	0	0.0%	Distribucion
CAMIONES	44	11.521%	Camiones
2DA	20	5.237%	83.3%
2DB	11	2.880%	45.8%
3 - A	10	2.618%	41.7%
4 - C	0	0.000%	0.0%
2S2	1	0.262%	4.2%
2R3	0	0.000%	0.0%
3S2	1	0.262%	4.2%
3R3	0	0.000%	0.0%
3S3	1	0.262%	4.2%

Fuente: Autor

Una vez que se tienen todos los factores que se necesitan para estimar el W18 se procede a construir la tabla de proyecciones del ESAL, el cual dará a conocer año por año la proyección del W18 según los datos presentes como se puede ver en la tabla 32. En donde el W18 acumulado es la sumatoria de todos los vehículos presentes en el año y el W18 en los carriles de diseño es el acumulado dividido para el porcentaje del número de carriles presentes.

Tabla 32. Cálculo de Número de Ejes Equivalentes a 8.2 Toneladas

AÑO	% Crecimiento				TRANSITO PROMEDIO DIARIO					CAMIONES							W ₁₈	W ₁₈		
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	2DA	2DB	3 - A	4 - C	2S2	2R3	3S2	3R3	3S3	Acumulado	Carril Diseño
2023	2.13%	0.00%	1.12%	1.12%	382	338	0	20	24	20	11	10	0	1	0	1	0	1	46 039	21 869
2024	2.13%	0.00%	0.99%	0.99%	390	345	0	20	24	20	11	10	0	1	0	1	0	1	92 121	43 757
2025	1.94%	0.00%	0.90%	0.90%	397	352	0	20	24	20	11	10	0	1	0	1	0	1	138 240	65 664
2026	1.78%	0.00%	0.84%	0.84%	403	358	0	21	25	21	11	10	0	1	0	1	0	1	184 395	87 588
2027	1.65%	0.00%	0.79%	0.79%	410	364	0	21	25	21	11	10	0	1	0	1	0	1	230 584	109 527
2028	1.55%	0.00%	0.64%	0.64%	415	370	0	21	25	21	11	10	0	1	0	1	0	1	276 800	131 480
2029	1.34%	0.00%	0.95%	0.95%	421	375	0	21	25	21	11	10	0	1	0	1	0	1	323 058	153 453
2030	1.61%	0.00%	1.01%	1.01%	427	381	0	21	26	21	11	10	0	1	0	1	0	1	369 360	175 446
2031	1.62%	0.00%	1.11%	1.11%	434	387	0	21	26	21	11	10	0	1	0	1	0	1	415 712	197 463
2032	1.68%	0.00%	1.22%	1.22%	441	393	0	22	26	22	11	10	0	1	0	1	0	1	462 118	219 506
2033	1.75%	0.00%	1.30%	1.30%	449	400	0	22	26	22	12	11	0	1	0	1	0	1	511 844	243 126
2034	1.80%	0.00%	1.37%	1.37%	456	407	0	22	27	22	12	11	0	1	0	1	0	1	561 632	266 775
2035	1.82%	0.00%	1.41%	1.41%	465	415	0	23	27	23	12	11	0	1	0	1	0	1	611 486	290 456
2036	1.84%	0.00%	1.45%	1.45%	473	422	0	23	28	23	12	11	0	1	0	1	0	1	661 409	314 169
2037	1.85%	0.00%	1.48%	1.48%	481	430	0	23	28	23	12	11	0	1	0	1	0	1	711 403	337 917
2038	1.84%	0.00%	1.50%	1.50%	490	438	0	24	28	24	13	11	0	1	0	1	0	1	763 115	362 479
2039	1.84%	0.00%	1.51%	1.51%	499	446	0	24	29	24	13	12	0	1	0	1	0	1	816 516	387 845
2040	1.82%	0.00%	1.82%	1.82%	508	454	0	24	29	24	13	12	0	1	0	1	0	1	870 009	413 254
2041	2.11%	0.00%	1.55%	1.55%	519	464	0	25	30	25	13	12	0	1	0	1	0	1	923 581	438 701
2042	1.82%	0.00%	1.52%	1.52%	528	472	0	25	30	25	13	12	0	1	0	1	0	1	977 232	464 185
2043	1.77%	0.00%	1.56%	1.56%	537	481	0	26	31	26	14	12	0	1	0	1	0	1	1 032 609	490 489

Fuente: Autor

Como resultado de la proyección del ESALS se obtuvo un W18 para el año 2043 de **1032609** acumulado y divididos para el carril de diseño se obtuvo un total de **490489**.

4.1.5 Diseño del pavimento flexible

Una vez se tenga los datos del ESALS correspondiente a 490. 489 perteneciente al año de proyección del 2043 se procede a realizar el diseño de pavimento flexible mediante al método AASHTO 93.

4.1.5.1 Datos para el diseño del pavimento flexible

Para realizar el diseño del pavimento se hizo un promedio de resultados de CBR correspondientes a la subrasante, obtenidos de laboratorios como resultado de dos muestras de calicatas (Anexo B1 y B2), como se ve en la tabla 33.

Tabla 33. CBR obtenidos de laboratorio

CBR	%
CBR1	1.7
CBR2	1.5
PROMEDIO:	1.6

Fuente: (GAD parroquial de Tarqui , 2021)

Como resultado del CBR obtenido se puede analizar que existe la presencia de un suelo de baja calidad, por lo que se asume el valor mínimo del 6% de diseño ya que para contrarrestar la baja calidad del suelo se calculará una capa de mejoramiento para estabilizar de mejor manera las condiciones estructurales de la vía.

4.1.5.2 Determinación de parámetros de confiabilidad

Para obtener los parámetros de confiabilidad se hizo uso de la tabla 34.

Tabla 34. Determinación de los Niveles de Confiabilidad R

NIVELES 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)

Donde se obtuvo:

R para red rurales o locales: 0.7

Y para determinar el Zr se hizo uso de la tabla 35.

Tabla 35. Determinación del parámetro Zr

R (%)	50	70	75	80	85	90
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282

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

Obtenido un Zr de: -0.524

Para determinar el parámetro de serviciabilidad, como es construcción nueva y pavimento flexible, haciendo uso de la tabla 36 se determinó.

So = 0.45

Tabla 36. Determinación de los Niveles de serviciabilidad So

Tipo de Construcción	Flexible 0.45-0.50	Rígido 0.35-0.40
Construcción Nueva	0.45	0.35
Sobre capas	0.50	0.40

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

4.1.5.3 Determinación de parámetros de confiabilidad

Para determinar los parámetros de confiabilidad se hizo uso de la tabla 37.

Tabla 37. Selección de los Índices de confiabilidad en base al TPDA

TIPO DE CAMIÓN	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PI)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP1	150.001	300.000	4.10	2.00
	TP2	300.001	500.000	4.10	2.00
	TP3	500.001	750.000	4.10	2.00
	TP4	750.001	100.0000	4.10	2.00

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

Aplicando la fórmula se obtuvo un valor de:

$$\Delta PSI = PI - PT$$

$$\Delta PSI = 4.10 - 2.00 = 2.1$$

4.1.5.4 Cálculo del módulo resiliente

El método AASHTO propone la siguiente condición:

- $M_r \text{ (PSI)} = 1500 * \text{CBR}$ para $\text{CBR} < 10\%$ (SEGÚN AASHTO)

Por lo que como nuestro CBR es de 1.6% y cumple con esta condición se aplicó la fórmula propuesta por la AASHTO.

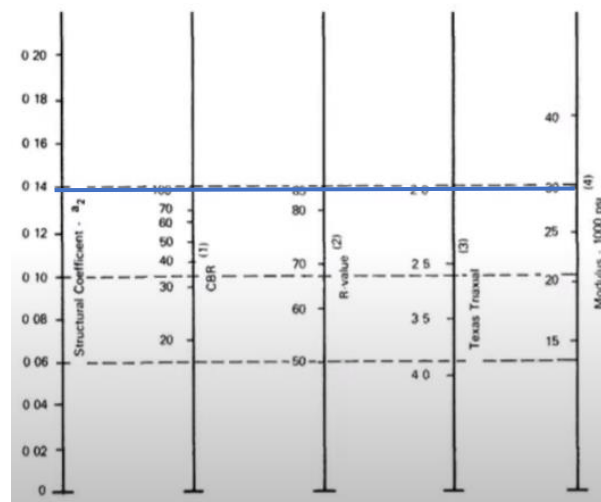
$$M_r = 1500 * \text{CBR}$$

$$M_r = 1500 * 1.6\% = 2400$$

4.1.5.5 Cálculo del módulo Resiliente y coeficientes estructurales

Para determinar el módulo resiliente de la subrasante se asume que la subrasante está compactada con un valor superior al 95% del Proctor modificado. (ICPC, 2008)

Figura 37. Estimación del número estructural de la subrasante



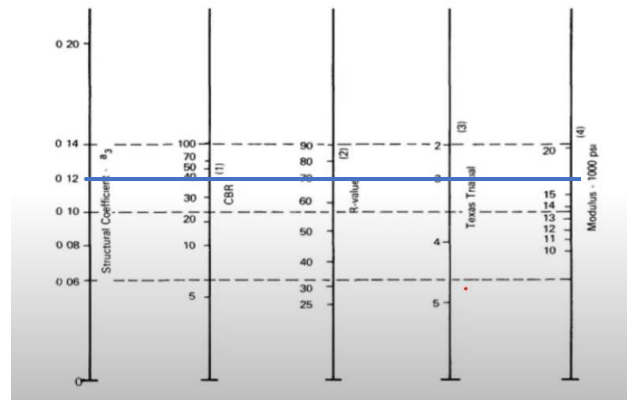
Fuente: (AASHTO, American Association of State highway and Transportation Officials, 1993)

Como el CBR para la subrasante se está usando al 95%, ubicando este valore en la figura 37 obtenemos que

- El módulo resiliente para la subrasante es de 3000 PSI
- Por lo que su coeficiente estructural $a_2 = 0.138$

Para determinar el módulo resiliente de la base y subbase, se recomienda como mínimo usar un $\text{CBR} \geq 40\%$ por lo que ubicando en el gráfico 38 obtenemos (MOP, 2002).

Figura 38. Estimación del número estructural de la base y Sub base



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

- Módulo Resiliente para la base y sub base de 17000 PSI
- Coeficiente estructural $a_3 = 0.12$

4.1.5.5.1 Cálculo del módulo Resiliente para la mezcla asfáltica

Para determinar el módulo resiliente calculamos la frecuencia de aplicación de carga.

$$f = \frac{v}{2\pi} = \frac{30}{2\pi} = 4.7746\text{Hz} = 5\text{Hz}$$

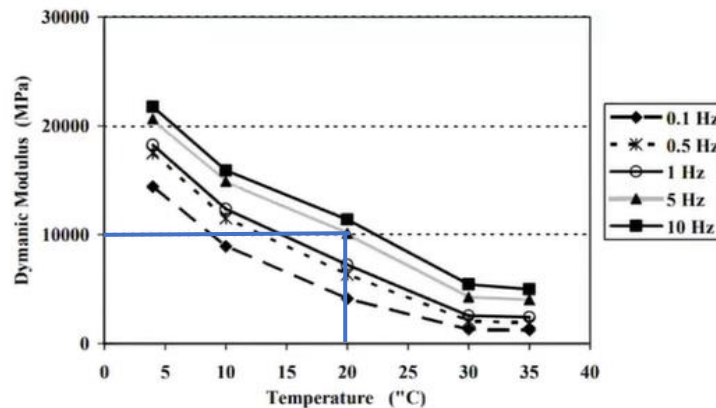
Calculamos la temperatura efectiva de la capa asfáltica, en °C.

Para lo cual la temperatura ambiente del Cuenca es de 17°C y se asumió un espesor de capa mínimo permitido de 100 mm, y reemplazamos.

$$T_s = (-0.0093 * 17^2 + 1.569 * 17^2 - 1.578)(-0.084 * \ln 100 + 1.55) = 20\text{ °C}$$

Una vez determinado la frecuencia de aplicación de carga y la temperatura efectiva de la capa asfáltica se procede a ubicar los valores obtenidos en la figura 39 (AASHTO, 1993).

Figura 39. Estimación del Módulo Resiliente de la capa asfáltica



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

Obteniendo un módulo resiliente: 10000 Mpa

Cuando se haya determinado el módulo de resiliencia en la respectiva curva según se obtenga el resultado se procede a calcular el número estructural a_1 con la siguiente fórmula convirtiendo el módulo resiliente de Mpa a PSI:

$$a_1 = 0.184 * \ln(1450000) - 1.9547 = \mathbf{0.655572164}$$

4.1.5.6 Cálculo de los coeficientes de Drenaje

Para determinar los coeficientes de drenaje, se tuvo en cuenta que, en la comunidad hay la existencia de varias quebradas en donde se podría drenar el agua por lo que la calidad de drenaje es buen y de igual forma el pavimento va a estar expuesto a niveles mayores del 25%. Teniendo esas consideraciones en la tabla 38 se obtiene.

Tabla 38. Selección de la Calidad de drenaje según tiempos 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)

Por lo que se obtiene un índice de Drenaje de 1.

4.1.5.7 Cálculo del número Estructural requerido

Para realizar el cálculo de los números estructurales mediante los datos estimados (Tabla 39), hacemos uso de la siguiente fórmula (AASHTO, 1993).

$$\log W_{18} = ZR * S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{2.2 - 1.5}\right)}{0.40 \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

Tabla 39. Resumen de Parámetros a utilizar

PARÁMETRO	COEFICIENTE
Zr	-0.524
So	0.45
ΔPSI	2.1

Coefficiente de Drenaje	1
SN 1	1.560604875
SN 2	1.957108473
SN 3	3.969003305
SNE	3.971135003
SNM	2.484497979
Mr 1	3000
Mr 2	17000
Mr 3	9000
Mr E	2400
Mr M	9000

Fuente: Autor

Una vez se tengan todos los parámetros necesarios para el cálculo del número estructural requerido, se reemplaza en la fórmula y se obtiene los siguientes números estructurales:

Tabla 40. Cálculo de los números estructurales Requeridos

CAPA	SN		LOG(W18)	LOG(ESALS)
Carpeta Asfáltica	SN1	1.560604875	5.691	5.691
Base	SN2	1.957108473	5.691	5.691
Sub base	SN3	2.484976197	5.691	5.691
Mejoramiento	SN4	3.971135003	5.691	5.691

Fuente: Autor

Tabla 41. Cálculo de los Espesores

CÁLCULOS DE LOS ESPESORES EN PULGADAS	Espesores Asumidos
Carpeta Asfáltica	8 cm
Base	15 cm
Sub base	20 cm
Mejoramiento	35 cm

Fuente: Autor

Tabla 42. Cálculo de los Número estructurales Reales

Espesores asumidos en Pulgadas D		SN Reales*	
Carpeta Asfáltica	3 in	SN1	2.098309239
Base	6 in	SN2	2.926309239
Sub base	8 in	SN3	3.871191128
Mejoramiento	13.8 in	SN4	5.444391128

Fuente: Autor

Tabla 43. Comprobación de las Condiciones

Capa	Espesor in	Espesor cm	SN REQUERIDO	SN* real	$SN^* \geq SN$
Carpeta Asfáltica	3	8	1.56	2.1	Cumple
Base	6	15	1.96	2.93	Cumple
Sub base	8	20	2.48	3.87	Cumple
Mejoramiento	13.8	35	3.97	5.44	Cumple

Fuente: Autor

Tabla 44. Comprobación de los Parámetros de diseño

$LOG(W) \geq LOG(ESALS)$	Cumple	$D2 \geq \frac{SN2 - SN1}{A2 * M2}$	Cumple
$D1 \geq \frac{SN1}{A1}$	Cumple	$SN1^* + SN2^* \geq SN2$	Cumple
$SN1 = A1 * D1 \geq SN1$	Cumple	$D3 \geq \frac{SN3 - (SN1 + SN2)}{A3 * M3}$	Cumple

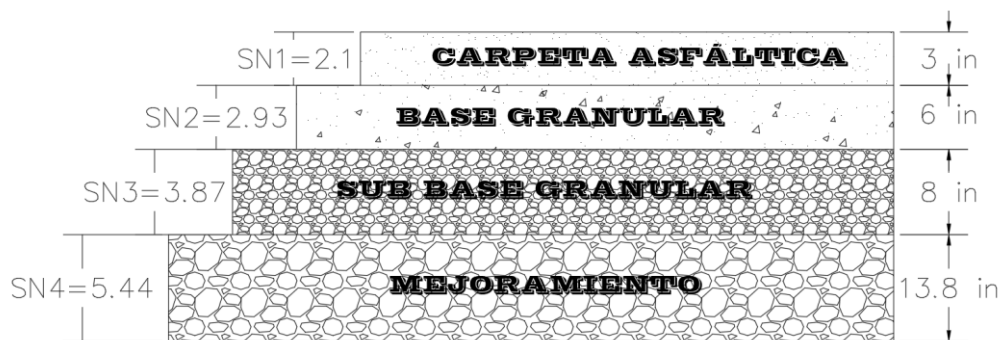
En la tabla 45 se puede ver el resultado final que tendrán las dimensiones de las capas:

Tabla 45. Resultado Final de las Dimensiones de las Capas

CAPA	DIMENSIÓN	
	Pulgas (in)	Centímetros (cm)
Carpeta Asfáltica	3	8
Base Granular	6	15
Sub base Granular	8	20
Mejoramiento	13.8	35

Fuente: Autor

Figura 40. Resultados de los espesores de las carpetas



Fuente: Autor

4.1.6 Levantamiento Topográfico

El levantamiento Topográfico tiene como objetivo, la medición y el registro de las distintas elevaciones que conforman nuestro terreno, obteniendo la posición relativa de un grupo de puntos sobre un plano Horizontal.

El levantamiento topográfico es el primer paso, para la realización de un proyecto de construcción, pues como mencionamos mediante dicho proceso reconocemos el terreno, y a la vez las diferentes relieves, obteniendo así los límites del mismo y clasificándolo en los tipos de terreno que planteamos en nuestro marco teórico.

4.1.6.1 Planteamiento del GPD diferencial (RTK)

La realización del levantamiento topográfico se realizó con la ayuda de un GPS diferencial y sus aditamentos correspondientes proporcionados por la Universidad. El GPS diferencial nos permite obtener la posición de un punto midiendo las distancias que existen entre las antenas emisoras de los satélites y la antena receptora del equipo de campo.

Figura 41. Planteamiento del RTK



Fuente: Autor

Mediante la ayuda del equipo mencionado se procedió levantar la información del terreno, teniendo en cuenta el ancho de la vía existente, límites de terrenos aledaños a la misma, para después poder procesar toda esta información en el Software más apropiado para nuestro diseño geométrico, como se ve en la figura 42.

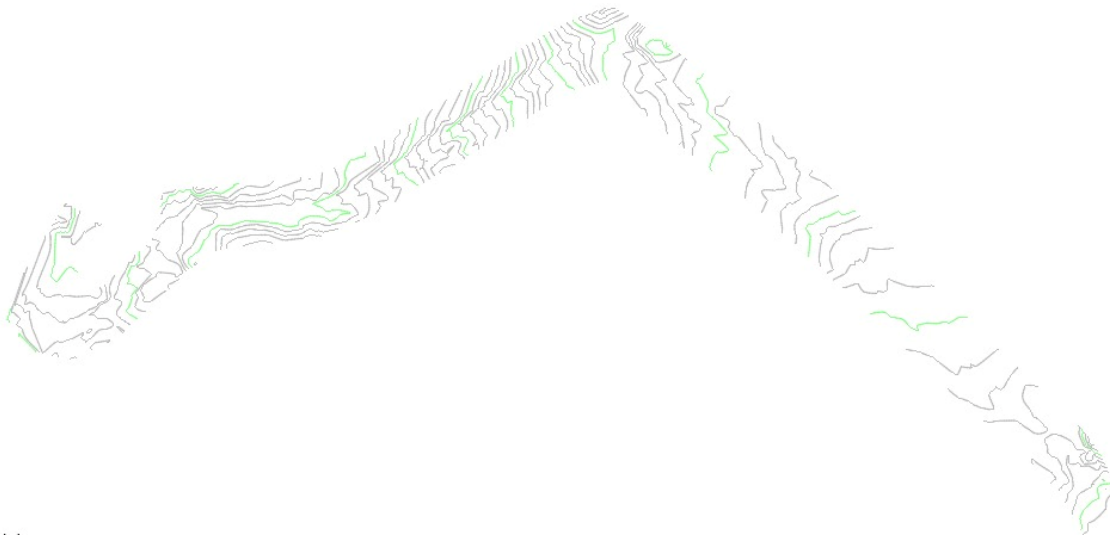
Figura 42. Nube de puntos del Levantamiento



Fuente: Autor

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.

Figura 43. Superficie del levantamiento



Fuente: Autor

4.1.7 Diseño Geométrico

Como sabemos el diseño de una vía comprende al método de trazar una vía, y a la vez el mismo nos permite establecer la disposición espacial, que este más acorde al terreno donde va a

desarrollase el proyecto, teniendo en cuenta varios de los aspectos, como la comodidad, seguridad, funcionalidad, entre otras características. El diseño Geométrico lo hemos realizado dos etapas, las mismas comprenden primero el trabajo en campo, seguidamente el trabajo en oficina, una vez obtenido los datos de las condiciones del terreno y los puntos por donde va a ser trazada la vía se procede a realizar los cálculos correspondientes al diseño geométrico.

4.1.7.1 Alineamiento horizontal

4.1.7.1.1 Velocidad de diseño

Como se muestra en la tabla 46, determinamos nuestra velocidad de diseño que para nuestro caso de estudio será de 30 km/h, teniendo en cuenta las consideraciones especificadas para bajo, intermedio y alto volumen de tránsito.

Tabla 46. Cálculo de las Velocidades de circulación

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	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, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

4.1.7.1.2 Radio Mínimo de curvatura

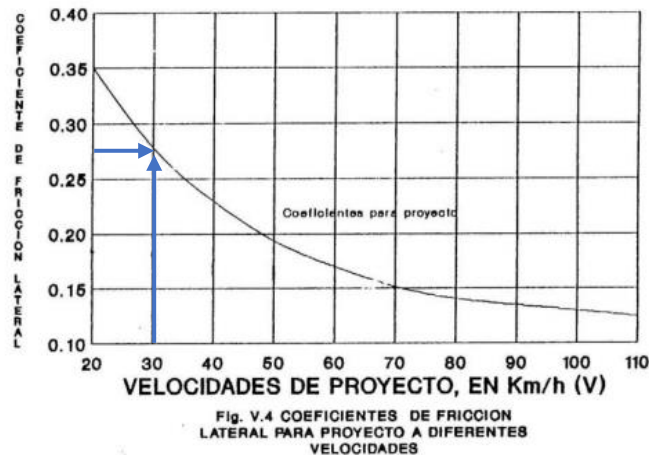
Una vez determinada nuestra velocidad de circulación, procedemos a determinar nuestros radios mínimos de curvaturas, el mismo que es el valor mínimo que nos brinda seguridad en el tránsito en relación a nuestras velocidades de diseños determinada en el punto anterior.

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

En la ecuación anterior tenemos 3 variables, como nuestra velocidad, la cual ya conocemos, nuestro valor de “e” que hace referencia al peralte máximo usado en nuestro diseño, en este caso sería del 4% que nos recomienda la normativa para nuestra velocidad de diseño, finalmente

nuestra variable “f”, la cual define el coeficiente de fricción, dicho valor viene dado por la figura 44, el mismo que está en base a nuestra velocidad.

Figura 44. Estimación del Coeficiente de fricción



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

Como podemos apreciar en la figura anterior nuestro coeficiente de fricción lateral es: 0.28, con este último valor procedemos a determinar nuestro Radio mínimo de curvatura para nuestro proyecto.

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

$$R_{min} = \frac{30^2}{127(4\% + 0.28)}$$

$$R_{min} = 22.15m$$

4.1.7.1.3 Distancia de frenado

Al ser un terreno de relieve montañosa, para calcular nuestra distancia de frenado o parada de un vehículo, tenemos que incluir nuestra pendiente o gradiente del terreno, hemos optado por ocupar la pendiente más crítica de todo nuestro tramo vial, que en este caso sería de **15.99%**, con nuestro valor de la pendiente, es decir nuestra variable G, procedemos a determinar nuestra distancia de frenado.

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

$$D. \text{frenado} = \frac{30^2}{254 * (0.28 \pm 15.99\%)}$$

$$D. \text{frenado} = 8.05 m$$

4.1.7.1.4 Distancia de Visibilidad en Curvas Horizontales

Nuestras distancias de visibilidades en las curvas horizontales vienen dadas por la siguiente expresión, la misma que está en función de nuestras variables calculadas en los pasos anteriores, como la distancia de frenado y nuestro radio mínimo de curvatura, sin embargo, se ha optado por otro radio de curvatura, pues por factores ajenos no ocuparemos nuestro radio mínimo calculado, se sustituirá dicho valor por nuestro radio más crítico observado en campo, el mismo es de **5.86m**.

$$m = Rc * \left(1 - \cos\left(\frac{28,65 * Dp}{Rc}\right)\right)$$

$$m = 5.86 * \left(1 - \cos\left(\frac{28,65 * 8.05}{5.86}\right)\right)$$

$$m = \mathbf{5.86 m}$$

4.1.7.1.5 Distancia de Visibilidad Lateral

Las distancias de Visibilidades Laterales, están expresadas por la siguiente ecuación en la cual tenemos una variable como es la velocidad de un transeúnte, teniendo en cuenta la Normativa Ecuatoriana de diseño geométrico de carreteras del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, esta nos da un valor de **10 km/h**, de igual manera empleamos nuestros valores determinados anteriormente

$$dL = \frac{Vt}{Vv} * d$$

$$dL = \frac{10}{30} * 8.05$$

$$dL = \mathbf{2.68 m}$$

4.1.7.1.6 Distancia de Visibilidad para el rebasamiento de un Vehículo

Las distancias de rebasamientos están en base de cuatro variables, dichos valores son proporcionados por la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 MTOP en función a nuestra velocidad de diseño.

$$d1 = 44 m$$

$$d2 = 145 m$$

$$d3 = 30 m$$

$$d4 = 30 m$$

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

D. Rebasamiento = 249 m

4.1.7.1.7 Curvas Circulares

Una vez obtenidos nuestros parámetros iniciales como nuestras velocidades de diseño, radios mínimos de curvaturas y las diferentes de distancias de visibilidad para garantizar la seguridad y comodidad al tránsito que circule por nuestra vía, seguidamente procedemos a determinar los distintos elementos de nuestras curvas circulares, los mismos que se calculan a partir de los radios de curvaturas, el ángulo de deflexión de las tangentes, y el valor de la abscisa PI para el replanteo de nuestras diferentes curvas, todas las ecuaciones empleadas son del libro de James Cárdenas Grisales.

Para ello hemos tomado como ejemplo a 1 curva de todo nuestro alineamiento, así se muestra a continuación:

Curva 1:

Radio de curvatura: 40.79m

Ángulo de deflexión de las tangentes: 26.60°

Valor PI: 0+36.87

- **Cuerda larga:**

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

$$CL = 2 * 40.79 * \text{sen} \left(\frac{26.60}{2} \right)$$

$$CL = \mathbf{18.77 m}$$

- **Tangente:**

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

$$T = 40.79 * \text{Tan} \frac{26.60}{2}$$

$$T = \mathbf{9.642m}$$

- **G. Curvatura:**

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

$$Gc = \frac{360 * 18.77}{2 * \pi * 40.79}$$

$$Gc = \mathbf{26.36^\circ}$$

- **Longitud Curva Circular:**

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

$$L = \frac{18.77 * 26.60^\circ}{26.36^\circ}$$

$$L = \mathbf{18.94\ m}$$

- **Externa:**

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

$$E = 40.79 * \left(\frac{1}{\cos \frac{26.60^\circ}{2}} \right) - 1$$

$$E = \mathbf{1.124\ m}$$

- **Ordenada Media:**

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

$$M = 40.79 * \left(1 - \cos \frac{26.60^\circ}{2} \right)$$

$$M = \mathbf{1.094\ m}$$

- **Deflexión por metro:**

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

$$D.m = \frac{26.36^\circ}{2 * 18.77}$$

$$D.m = \mathbf{0.70}$$

- **Deflexión por unidad de cuerda:**

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

$$D.c = \frac{26.36^\circ}{2}$$

$$D.c = \mathbf{13.18\ m}$$

- **Principio de Curva:**

$$PC = PI - T$$

$$PC = 36.86 - 9.642$$

$$PC = 27.23 \text{ m}$$

- **Principio de Tangente:**

$$PT = PC - L$$

$$PT = 27.23 - 18.94$$

$$PT = 46.17 \text{ m}$$

Tabla 47. Resumen de Curvas Horizontales

ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES												
N° CURVA	DELTA Δ °	RADIO (m)	T (m)	LONG.CURVA (m)	CL	E	M	PC	PM	PT	PI NORTE	PI ESTE
1	26,60	40,79	9,64	18,94	18,77	1,12	1,09	0+027,23	0+036,7	0+046,17	9668653,14	720733,267
2	4,20	200,00	3,82	7,63	7,63	0,07	0,07	0+072,06	0+075,88	0+079,69	9668677,69	720702,51
3	2,42	1035,06	21,84	43,67	43,66	0,23	0,23	0+128,07	0+149,91	0+171,74	9668727,99	720648,19
4	2,42	200,00	4,22	8,44	43,66	0,07	0,04	0+194,32	0+198,54	0+202,75	9668762,51	720613,93
5	0,84	511,38	3,73	7,46	7,46	0,01	0,01	0+258,9	0+262,63	0+266,36	9668806,06	720566,9
6	62,13	13,43	8,09	14,56	13,86	2,25	1,93	0+339,73	0+347,82	0+354,29	9668863,02	720503,56
7	14,20	35,74	4,45	8,86	8,84	0,28	0,27	0+360,52	0+364,97	0+369,38	9668856,55	720485,94
8	3,27	244,80	6,99	13,97	13,97	0,10	0,10	0+432,54	0+439,53	0+446,51	9668814,44	720424,36
9	9,94	72,57	6,31	12,59	12,57	0,27	0,27	0+491,65	0+497,96	0+504,24	9668784,26	720374,32
10	27,03	70,01	16,83	33,03	32,73	1,99	1,94	0+515,07	0+531,9	0+548,1	9668772	720342,64
11	21,73	22,84	4,38	8,66	8,61	0,42	0,41	0+554,71	0+559,1	0+563,38	9668774,85	720314,96
12	31,28	21,37	5,983	11,67	11,52	0,82	0,79	0+576,4	0+582,38	0+588,07	9668768,46	720292,46
13	10,13	71,17	6,31	12,58	12,57	0,28	0,28	0+621,65	0+627,96	0+634,24	9668734,83	720261,25
14	52,38	21,39	10,52	19,56	18,88	2,45	2,20	0+650,97	0+661,49	0+670,52	9668714,63	720234,45
15	91,83	5,86	6,05	9,39	8,42	2,56	1,78	0+672,62	0+678,67	0+682,01	9668719,58	720216,45
16	12,43	67,59	7,36	9,39	14,64	0,40	0,40	0+687,69	0+695,06	0+702,36	9668737,82	720222,1

Fuente: Autor

4.1.7.2 Alineamiento Vertical

Una vez concluido el diseño o alineamiento horizontal, procedemos a realizar nuestro alineamiento vertical, teniendo en cuenta todos los aspectos necesarios, para asegurar la tranquilidad y garantía del tránsito, sucesivamente calculamos todos los parámetros que componen cada una de nuestras curvas verticales, los mismos que se calculan a partir de datos indispensables tales como: la velocidad de diseño respectivamente, al igual que la variable "A" la misma que se define como la diferencia de pendientes de "m" y "n", los factores K son muy importantes pues con ellos determinamos nuestra longitud de curva vertical, dichos valores de K nos proporciona la Norma de diseño geométrico de carreteras, como se mencionó anteriormente las ecuaciones utilizadas son basadas en el libro de Diseño Geométrico de Carreteras de James Cárdenas Grisales.

De igual manera como el alineamiento horizontal, se ejemplifica el cálculo con una de las curvas de nuestro diseño vertical, como se muestra a continuación:

- **Curva 2:**

Velocidad: 30 km/h

Valor PI: 0+55.73

Elevación PI: 2676.2 m.s.n.m

Pendiente m: -4.92%

Pendiente n: 4.02%

- **Diferencia de pendientes:**

$$A = |m - n|$$

$$A = |-4.92 - 4.02|$$

$$A = \mathbf{8.94\%}$$

- **Factor K para curvas cóncavas:**

$$K = 2$$

- **Longitud mínima de curva vertical:**

$$Lvmin = K * A$$

$$Lvmin = 2 * 0.0894$$

$$Lvmin = \mathbf{17.88\ m}$$

- **Longitud mínima por comodidad:**

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

$$Lvmin = \frac{30^2 * 8.94}{395}$$

$$Lvmin = \mathbf{20.37\ m}$$

- **Longitud mínima por Apariencia:**

$$Lvmin = 30 * A$$

$$Lvmin = 30 * 8.94$$

$$Lvmin = \mathbf{268.2\ m}$$

- **Longitud máxima por Drenaje:**

$$Lvmin = 50 * A$$

$$Lvmin = 50 * 8.94$$

$$Lvmin = \mathbf{447\ m}$$

Para nuestra longitud de curva vertical optamos el valor de **17.88m**, puesto que los otros valores no son los adecuados para el diseño vertical de nuestra vía, puesto que la misma es una vía de tercer orden, y las longitudes calculadas por términos de apariencia y drenaje son muy altos, con

nuestra longitud de curva procedemos a determinar nuestros parámetros restantes de nuestra curva vertical cóncava.

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

$$\frac{L_{min}}{2} = \frac{17.88}{2}$$

$$\frac{L_{min}}{2} = 8.94 \text{ m}$$

- **Corrección de pendiente:**

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

$$y = \frac{8.94}{2 * 17.88}$$

$$y = 0.0025$$

- **Externa Vertical:**

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

$$E = \frac{17.88 * 8.94}{8}$$

$$E = 0.20$$

Tabla 48. Resumen de Curvas Horizontales

ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES											
N° CURVA	ELEVACIÓN	PENDIENTE m	PENDIENTE n	A	TPO DE CURVA	K	L.CURVA	R. CURVA	PCV "0+"	PIV "0+"	PTV "0+"
1	2678,3	-14,67	-4,92	9,75	Cóncava	2,5	24,38	250	9,05	21,24	33,43
2	2676,6	-4,92	4,02	8,94	Cóncava	2	17,88	200	46,79	55,73	64,67
3	2682,08	4,02	15,21	11,19	Cóncava	3,5	39,17	350	172,39	191,97	211,54
4	2688,29	15,21	3,6	11,61	Convexa	3,25	37,73	325	213,92	232,79	251,65
5	2691,84	3,6	15,99	12,39	Cóncava	4,75	58,85	475	301,82	331,22	360,63
6	2719,16	15,99	2,17	13,82	Convexa	3	41,46	300	481,39	502,12	522,85
7	2721,02	2,17	8,89	6,72	Cóncava	3	20,16	300	577,75	587,83	597,9
8	2727,02	8,89	2,1	6,79	Convexa	2	13,58	200	648,53	655,31	662,1
9	2727,57	2,1	11,21	9,11	Cóncava	2	18,22	200	672,56	681,66	690,77
10	2730,98	11,21	0,08	11,13	Convexa	2	22,26	200	700,96	712,09	723,22

Fuente: Autor

4.1.7.3 Sobrancho

Como sabemos el momento que un automóvil atraviesa una curva, las ruedas traseras recorren una trayectoria en el interior de la trayectoria de las ruedas frontales, por tal motivo se determina un "Sa" que hace referencia a un sobre ancho, el mismo que se calcula teniendo en cuenta varias variables como la velocidad, los radios mínimos de curvaturas y las longitudes del vehículo más largo que transitara por la vía en estudio.

En todo nuestro diseño vial contamos con 16 curvas, por tal razón de la misma manera que el alineamiento horizontal y vertical, procedemos a ejemplificar el diseño de un sobre ancho en una de las curvas de nuestra vía en estudio, como se muestra a continuación:

Partimos de la tabla 49 que nos indica las longitudes para los diferentes tipos de vehículos.

Tabla 49. Cálculo del sobreancho en los vehículos de tipo rígido

	CATEGORÍA	a (m)	b (m)	d (m)	e (m)	L (m)
	Vehículo Liviano	2.90	0.80	1.30	1.80	3.70
	Bus mediano	6.49	0.76	3.66	2.44	7.25
	Bus grande	7.00	2.70	3.30	2.60	9.70
2	Camión de dos ejes	6.60	1.40	3.20	2.50	8.00
3	Camión de tres ejes	6.55	1.25	3.20	2.50	7.80

Fuente: (INVIAS, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras , 2008)

Optamos la longitud mayor, es decir del “Camión de tres ejes o doble troque”, la cual nos indica que tiene una longitud de **7.80** m, y procedemos a determinar nuestro sobreancho.

Curva 8:

Radio: 244.8m

Velocidad: 30 km/h

Ancho de Carril: 3 m

Longitud de Vehículo: 7.80 m

Sobre ancho necesario:

$$S = 2 * \left(Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2} \right) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$$

$$S = 2 * \left(244.8 - \sqrt{244.8^2 - 7.80^2} \right) + \frac{0,1 * 30}{\sqrt{244.8}}$$

$$S = 0.44 \text{ m}$$

Como podemos notar el sobreancho necesario para la curva ocho es de 0.44m, no obstante, en nuestro diseño existen curvas con radio menores al mínimo, por tal razón el sobreancho calculado es muy alto, sin embargo, para las curvas con radios menores al mínimo procedimos a tomar en cuenta uno de los párrafos descritos en la Norma Ecuatoriana de diseño geométrico de carreteras MTOP – 2003, donde nos a conocer los valores de sobre ancho a usar para distintas velocidades. Para vías con velocidades no mayores a 50 km/h se establece un sobreancho de 30cm y para velocidades mayores a 50 km/h, se optará un sobreancho de 40cm.

4.1.7.4 Peralte

La función de los peraltes es brindar seguridad al transitar por una curva horizontal, pero hay que tomar en cuenta la magnitud del mismo, pues un peralte muy elevado, puedes ocasionar el deslizamiento del automóvil hacia la parte interna de la curva, por tal motivo se ha planteado un peralte máximo para tipos de carreteras en función a su velocidad del 8% para rodaduras asfálticas, concreto, sin embargo, el peralte máximo que se ha optado para la vía en estudio es del 4%.

La fuerza centrífuga hay que tener en cuenta para el mejor entendimiento de la función del peralte en las curvas horizontales, para encontrar dicha fuerza, partimos de variables importantes como la velocidad, radio de curvatura, gravedad y el respectivo peso del vehículo.

Procedemos a determinar la fuerza centrífuga en nuestra curva de menor radio de todo nuestro alineamiento horizontal, para un camión grande de dos ejes, el mismo que posee un peso de 10000kg, así tenemos a continuación:

Velocidad: 30 km/h

Radio de curvatura: 5.86 m

Gravedad: 9.81 m/s²

Peso del Vehículo: 10000kg

Fuerza Centrífuga:

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

$$F = \frac{10000 * 30^2}{9.81 * 5.86^2}$$

$$F = 26716.42 N$$

Teniendo en cuenta la importancia de la fuerza centrífuga de un vehículo ejercida en una curva horizontal, procedemos a determinar nuestro peralte, el mismo que está en función de nuestro coeficiente de fricción, determinado con anterioridad, de la misma manera el peralte de igual forma está en función de la velocidad y el radio de curvatura.

Como realizamos en procesos anteriores, procedemos a ejemplificar el cálculo del peralte en una curva de nuestro alineamiento, así tenemos a continuación:

Velocidad: 30 km/h

Radio de curvatura: 5.86m

Fuerza de fricción: 0.28

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

$$e = \frac{30^2}{127 * 5.86} - 0.28$$

$$e = 0.93 \%$$

4.1.7.5 Obras de Drenaje Vial

La conservación de las vías depende fundamentalmente del buen manejo de drenaje que tenga la misma, por tal motivo se procede al diseño de cunetas, las mismas que conducirán los residuos de las precipitaciones hacia áreas donde las mismas no tiendan a acumularse o depositarse, para el diseño de las cunetas, tenemos que tener en cuenta factores como la intensidad de lluvia en el lugar de estudio, coeficiente de escorrentía y el área de aportación que recibirá cada tramo de cuneta en diseño.

4.1.7.5.1 Cunetas

Los datos de las precipitaciones de las estaciones más cercanas al lugar de estudio, dicha estación se llama “Tarqui DJ Cumbe”, mismos datos que se muestran en la tabla 50.

Tabla 50. Precipitaciones máximas de la estación Tarqui DJ Cumbe

Precipitaciones máxima en 24 Horas		
Año	Precipitación	
1997	30	mm
1998	43,5	mm
1999	29,5	mm
2000	24,5	mm
2001	30	mm
2002	26	mm
2003	22,5	mm
2004	25,5	mm
2005	30,5	mm
2006	31	mm
2007	31,5	mm
2008	27	mm
2009	32	mm
2010	33,5	mm
2011	43	mm
2012	20	mm
2013	30	mm
2014	22	mm

Fuente: (Etapas EP, 2023)

En la tabla anterior se puede apreciar las precipitaciones máximas en 24 horas en la estación antes mencionada, como se puede apreciar la precipitación máxima se dio en el año 1998, seguidamente con estos datos pluviométricos procedemos a determinar nuestra ecuación de intensidad.

Para establecer nuestra ecuación de intensidad usamos el método simplificado planteado en el “Manual de drenaje vial INVIAS”, el mismo que nos determina varios coeficientes según la región en donde esté ubicado.

$$i = \frac{a * T^b * M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Nuestro proyecto está ubicado en la región Andina, en la sierra ecuatoriana, por ende, nuestros distintos coeficientes para completar nuestra ecuación son:

a: 0.94

b: 0.18

c: 0.66

d: 0.83

Con nuestros coeficientes, periodo de retorno (T), precipitación máxima (M), y nuestro tiempo de duración de lluvia, procedemos a armar nuestra ecuación para un periodo de retorno de 25 años y una duración de 60 minutos.

$$i = \frac{0.94 * 25^{0.18} * 43.5^{0.83}}{\left(\frac{60}{60}\right)^{0.66}}$$

$$i = 38.43 \text{ mm/h}$$

Con nuestra ecuación procedemos a determinar nuestra intensidad (mm/h), para diferentes periodos de retorno y tiempo de duración, como se muestra en la tabla 51.

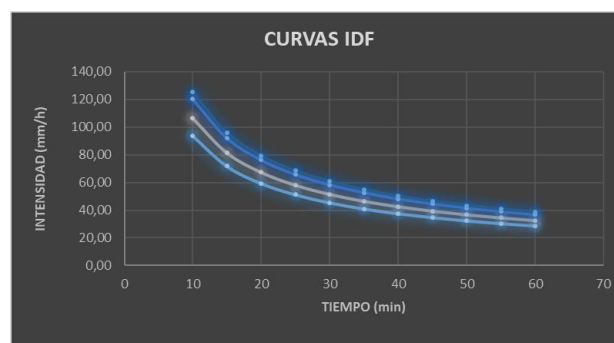
Tabla 51. Cálculo de las Intensidades para cada Periodo

CURVAS IDF				
Tiempo (min)	PERIODO DE RETORNO			
	5	10	20	25
10	93,86	106,33	120,46	125,40
15	71,82	81,36	92,18	95,95
20	59,40	67,29	76,24	79,36
25	51,27	58,08	65,80	68,49
30	45,45	51,49	58,34	60,73
35	41,06	46,51	52,69	54,85
40	37,59	42,59	48,25	50,23
45	34,78	39,40	44,64	46,47
50	32,45	36,76	41,64	43,35
55	30,47	34,52	39,10	40,70
60	28,77	32,59	36,92	38,43

Fuente: Autor

Una vez determinada nuestra intensidad de lluvia para el periodo y tiempo requerido, procedemos a graficar nuestras curvas IDF, las mismas que nos muestran nuestra intensidad en función de las variables antes mencionadas.

Tabla 52. Interpretación de las Curvas IDF



Fuente: Autor

4.1.7.5.1.1 Cunetas

Para el cálculo de nuestro caudal de aporte para los distintos tramos de cunetas de la vía en estudio, necesitamos determinar el coeficiente de escorrentía correcto, para ello nos basamos en el libro “Fundamentos de hidrología de superficie” de Aparicio Mijares, donde el autor nos da a conocer los respectivos coeficientes para los distintos tipos de terreno, en este caso, para pavimento y para suelos arcillosos escarpados.

Tabla 53. Coeficientes de Escorrentía

Coeficientes de Escorrentía para diferentes áreas		
Calles Asfaltadas		0,8
Suelos Arcillosos escarpados		0,3

Fuente: (Aparicio, Fundamentos de la Hidrología de Superficie, 1989)

Como el caudal de las precipitaciones aportado corresponde a dos distintos tipos de terreno, procedemos a ponderar cada uno de acuerdo al área de aportación de cada terreno, finalmente obtenemos el coeficiente de escorrentía para cada tramo de la vía, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 54. Coeficientes de escorrentía ponderados según área de aporte

COEFICIENTES DE ESCORRENTIA PARA LOS DISTINTOS TRAMOS						
Tramo	Carril Derecho			Carril Izquierdo		
	∑ A. Carril D	∑ C*A. Carril D.	C. Ponderado	∑ A. Carril Iz	∑ C*A. Carril Iz	C.ponderado
1	161	83	0,51	92	62	0,68
2	114	79	0,69	630	234	0,37
3	900	540	0,60	2340	972	0,42
4	340	256	0,75	3399	1174	0,35
5	2366	983	0,42	1638	764	0,47
6	1764	624	0,35	221	161	0,73
7	1566	600	0,38	305	222	0,73
8	213	142	0,67	182	133	0,73

Fuente: Autor

4.1.7.5.1.2 Método Racional

Para el cálculo del caudal aportado por las precipitaciones utilizamos el método racional, dicha ecuación está en función del área de aporte, coeficiente de escorrentía y la respectiva intensidad.

$$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$$

Para el diseño de nuestras cunetas, hemos dividido en ocho tramos nuestra vía en estudio, por razones de descarga de aguas pluviales, de igual manera como en los procesos anteriores procedemos a ejemplificar nuestro cálculo mediante uno de los ocho tramos, en este caso el tramo donde el caudal de diseño sea el mayor, así tenemos a continuación:

Tramo 7

Cuneta Derecha

Abscisa: 0+586 – 0+673

Longitud: 87 m

Ancho de carril: 3 m

Área de aportación terreno aledaño a la vía: 1305 m²Área de aportación por el ancho de carril: 261 m²Área total: 1566 m²Área total: 0.001566 km²

Coeficiente de Escorrentía: 0.38

n manning: 0.0013

Procedemos a aplicar la ecuación del método racional

$$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$$

$$Q = \frac{0.38 * 38.43 * 0.001566}{3,6}$$

$$Q = \mathbf{0.00641 \text{ m}^3/\text{s}}$$

4.1.7.5.1.3 Cálculo de la sección de la Cuneta

Con nuestro caudal mediante el método racional, procedemos a imponernos una altura “h” y las respectivas relaciones de taludes, como nuestra cuneta es triangular, los taludes za y zb, serían **1:1** y **1:1** respectivamente, como se mencionó nos imponemos nuestra altura “h: **0.3 m**”, para posteriormente comprobar nuestras dimensiones de la cuneta con la ecuación de manning, la misma que está en función del área, perímetro mojado y la pendiente de nuestro tramo en estudio.

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2} \right)^{1/3} * S^{1/2}$$

Para determinar el área y perímetro mojado de nuestra cuneta, hacemos uso de las siguientes ecuaciones, las mismas que son obtenidas de la norma ecuatoriana vial NEVI 2B.

$$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$$

$$A = \frac{(1 + 1) * 0.3^2}{2}$$

$$A = 0.09 \text{ m}^2$$

$$P = \left(\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2} \right) * h$$

$$P = \left(\sqrt{1 + 1^2} + \sqrt{1 + 1^2} \right) * 0.30$$

$$P = 0.85 \text{ m}$$

$$S = 5\%$$

Finalmente aplicamos la ecuación de manning mencionada para comprobar si las dimensiones de la cuneta cumplen con el caudal aportado por las aguas pluviales.

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2} \right)^{1/3} * S^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{0.0013} * \left(\frac{0.09^5}{0.85^2} \right)^{1/3} * 0.05^{1/2}$$

$$Q = 0.634 \text{ m}^3/\text{s}$$

Las dimensiones cumplen, pues el caudal aportado es menor al caudal que puede conducir la cuneta mediante la ecuación de manning.

Tabla 55. Resumen de Cunetas

CUADRO DE CUNETAS											
N°	CARRIL	ABS. INICIO	ABS. FINAL	Coef. C	Za	Zb	Q (l/s)	manning(n)	h(m)	Ancho (l) (m)	5%
1	Izquierdo	0+0	0+23	0,68	1	1	0,66	0,0013	0,3	0,6	15%
	Derecho	0+0	0+23	0,51	1	1	0,88	0,0013	0,3	0,6	15%
2	Izquierdo	0+28	0+58	0,37	1	1	2,50	0,0013	0,3	0,6	5%
	Derecho	0+28	0+58	0,69	1	1	0,85	0,0013	0,3	0,6	5%
3	Izquierdo	0+58	0+238	0,42	1	1	10,38	0,0013	0,3	0,6	10%
	Derecho	0+58	0+238	0,60	1	1	5,76	0,0013	0,3	0,6	10%
4	Izquierdo	0+238	0+341	0,35	1	1	12,54	0,0013	0,3	0,6	4%
	Derecho	0+238	0+341	0,75	1	1	2,74	0,0013	0,3	0,6	4%
5	Izquierdo	0+341	0+523	0,47	1	1	8,16	0,0013	0,3	0,6	16%
	Derecho	0+341	0+523	0,42	1	1	10,49	0,0013	0,3	0,6	16%
6	Izquierdo	0+523	0+586	0,73	1	1	1,72	0,0013	0,3	0,6	2%
	Derecho	0+523	0+586	0,35	1	1	6,66	0,0013	0,3	0,6	2%
7	Izquierdo	0+586	0+673	0,73	1	1	2,37	0,0013	0,3	0,6	5%
	Derecho	0+586	0+673	0,38	1	1	6,41	0,0013	0,3	0,6	5%
8	Izquierdo	0+673	0+725	0,73	1	1	1,42	0,0013	0,3	0,6	11%
	Derecho	0+673	0+725	0,67	1	1	1,52	0,0013	0,3	0,6	11%

Fuente: Autor

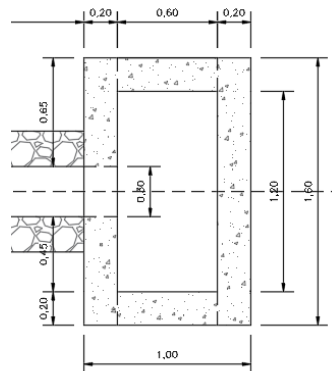
4.1.7.5.2 Alcantarillas de Alivio

El caudal aportado por las cunetas tiene que ser despedido cada cierta distancia, varias normas nacionales como internacionales, sugieren cada 200 metros la implementación de alcantarillas de alivio, con el fin de sacar estas aguas pluviales. Teniendo en cuenta nuestra topografía nos hemos planteado seis alcantarillas de alivio, las mismas que estarán ubicados en los puntos más acertados para retirar dichas aguas de nuestra calzada.

Nuestras alcantarillas de alivio se basan en la estructura de entrada más conocida como “poceta” o “lavadero”, la respectiva tubería transversal y la correspondiente estructura de salida, tanto la estructura de entrada como de salida, el diseño fue realizado teniendo en cuenta las dimensiones más adecuadas, en relación a las medidas de nuestra cuneta y al caudal de entrada y salida.

Como se puede observar en la siguiente la figura 45, tenemos la vista en planta de la respectiva poceta o lavadero como se mencionó anteriormente.

Figura 45. Vista en planta de la Poceta

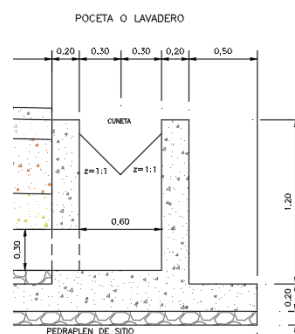


Fuente: Autor

Las dimensiones de la estructura de entrada como se puede apreciar en la figura 45 anterior, corresponden a 0.60m de ancho por 1.20m de largo, teniendo en cuenta las dimensiones de la cuneta de aportación, la misma que posee 0.60m de ancho superficial como se observó en cálculos anteriores.

La altura de la poceta o lavadero de entrada a nuestra alcantarilla de alivio es de 1.20m, misma dimensión nos garantiza el correcto fluido de las aguas pluviales, como se muestra en la figura 46.

Figura 46. Alturas de las Pocetas



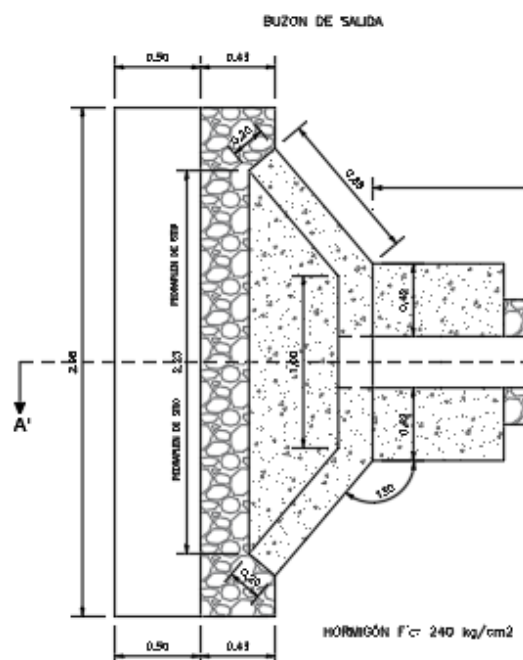
Fuente: Autor

En la figura 46 se puede apreciar la vista en perfil de la estructura de entrada de la alcantarilla de alivio en estudio, en la parte inferior derecha se aprecia la entrada de la tubería respectivamente, esta tubería tiene un diámetro de 300 mm, para el diseño de la misma se empleó el método para dimensionar un canal circular, el mismo que tiene consta de varias consideraciones como la pendiente, la viscosidad, densidad del agua, gravedad, entra otras variables, teniendo en

consideración siempre el máximo porcentaje de llenado que es del 80%, para no saturar nuestro canal.

La estructura de salida de nuestra alcantarilla en estudio, se define como muro de cabezal o buzón de salida, el mismo que cuenta de las respectivas aletas y el descole para garantizar que el fluido que este siendo evacuado se dirija al lugar designado, en algunos tramos de nuestra vía en estudio, se sugiere construir un pedraplén el mismo que nos servirá para evitar la erosión del suelo del lugar en donde se vaya a implementar la respectiva alcantarilla, como se puede observar en la figura 47.

Figura 47. Estructura de Salida de las alcantarillas



Fuente: Autor

En la figura anterior, se observa el buzón de salida, dicha estructura como se mencionó anteriormente consta de dos aletas, las mismas que están ubicadas a 130 grados con respecto a la tubería de salida.

Como se mencionó para determinar las dimensiones de la tubería se hizo uso de varias variables, las mismas que se mencionaron anteriormente. Para dimensionar las estructuras de drenaje de nuestra vía en estudio, se dividió en ocho tramos, seguidamente procedemos a ejemplificar el dimensionamiento de la respectiva tubería en la alcantarilla de alivio 6.

Alcantarilla de alivio #6

Abscisa de ubicación: 0+673

Pendiente S: 2%

Longitud: 7.2 m

n manning: 0.0013

Caudal Aportado por el tramo de cuneta 8: 0.0015 m3/s

Porcentaje de llenado: 80%

Diámetro impuesto: 250mm

Ángulo θ : 4.429 Rad

Tirante y:

$$0.8 * y =$$

$$0.8 * 250 =$$

$$y = \mathbf{200mm}$$

Área:

$$A = \frac{(\theta * \text{sen}\theta) * D^2}{8}$$

$$A = \frac{(4.429 * \text{sen}4.429) * 250^2}{8}$$

$$A = \mathbf{0.042 m^2}$$

Perímetro mojado:

$$P = \frac{\theta * D}{2}$$

$$P = \frac{4.429 * 250}{2}$$

$$P = \mathbf{0.554 m}$$

Radio Hidráulico:

$$RH = \frac{\text{Área}}{\text{Perímetro Mojado}}$$

$$RH = \frac{0.042}{0.554}$$

$$RH = \mathbf{0.076 m}$$

Caudal:

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

$$Q = \frac{1}{0.0013} * 0.042 * 0.076^{2/3} * 0.02^{1/2}$$

$$Q = \mathbf{0.082 m^3/s}$$

Velocidad:

$$V = \frac{A}{Q}$$

$$V = \frac{0.042}{0.082}$$

$$V = 1.95 \text{ m/s}$$

Como se puede observar nuestro diámetro de 250 mm si abastece nuestro caudal aportado por los diferentes tramos de cunetas, por razones constructivas procedemos a implementar un diámetro de 300 mm en todas nuestras alcantarillas de alivio.

Tabla 56. Alcantarillas de Alivio

ALCANTARILLAS DE ALIVIO							
N°	ABSCISA		Q (m3/s)	mannig (n)	Pendiente (S)	D interior(mm)	D Comercial
1	0+	58	0,007	0,0013	2%	250	300
2	0+	238	0,013	0,0013	2%	250	300
3	0+	341	0,008	0,0013	2%	250	300
4	0+	523	0,007	0,0013	2%	250	300
5	0+	586	0,006	0,0013	2%	250	300
6	0+	673	0,002	0,0013	2%	250	300

Fuente: Autor

4.1.7.6 Total de Volúmenes de Corte y Relleno

La obra lineal de la vía en estudio consta de un ancho de carril de 3 metros para cada uno de los sentidos de la vía, una cuneta de 0.6m de ancho superficial, siendo la totalidad de 7.20m el ancho de la vía como tal.

Como se puede evidenciar en procesos anteriores de nuestro diseño de pavimento, el CBR del suelo de nuestra vía es muy bajo, por consiguiente se tiene que añadir material de mejoramiento, y a la vez realizar un desalojo en la vía existente, por motivos de la estructura vial y por el alineamiento vertical, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se determinó el volumen de corte y relleno, siendo de **6947.36 m3** y **5.48 m3** respectivamente, para mejor entendimiento del proceso indicado, estos volúmenes se pueden corroborar en los planos y tablas anexadas.

4.1.8 Presupuesto Total del Proyecto

Como resultado de los diferentes estudios y cálculos para el dimensionamiento de la carretera, se determinaron los diferentes rubros en base a los materiales de construcción, mano de obra, tipo de actividades y los materiales necesarios para que se pueda estimar con exactitud los rubros para obtener el presupuesto total del proyecto, obteniendo como resultado los costos que se pueden ver en la tabla 57.

Tabla 57. Presupuesto Total del Proyecto

Rehabilitación de la vía la Comunidad de Morascale, Parroquia Tarqui, Canton Cuenca						
Oferente:	Ing. Santiago Naspud - Ing. David Toledo					
Ubicación:	Tarqui					
Fecha:	01/07/2023					
PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		OBRAS PRELIMINARES				66 769.24
1.1	501774	Replanteo y nivelación	m	5 220.00	0.89	4 645.80
1.2	504279	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	6 942.80	1.99	13 815.77
1.3	549005	Excavación manual en suelo sin clasificar	m3	4.76	12.79	60.88
1.4	508002	Cargado de material con minicargadora	m3	7 642.01	1.98	15 131.18
1.5	508005	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	7 642.01	2.22	16 965.26
1.6	508007	Sobrecarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, distancia > 6 Km	m3-km	70 218.90	0.23	16 150.35
2		ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				165 331.04
2.1	548004	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	4 350.00	1.36	5 918.00
2.2	505003	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	1 522.30	25.28	38 483.74
2.3	505004	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	870.00	31.93	27 779.10
2.4	548005	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	652.30	37.04	24 161.19
2.5	548010	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	4 350.00	1.27	5 524.50
2.6	548011	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	4 350.00	14.59	63 486.50
3		OBRAS DE DRENAJE VIAL				40 654.78
3.1	507003	Hormigón simple f'c = 210 kg/cm2	m3	188.50	128.53	24 227.91
3.2	512005	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	56.40	10.21	575.84
3.3	551704	Ins. Tubos de Hormigón D=300 mm, Tubería prefabricada	m	43.20	3.68	158.98
3.4	507004	Hormigón simple f'c = 240 kg/cm2	m3	65.25	132.73	8 660.63
3.5	505002	Pedraplén, conformación y compactación con equipo pesado	m3	2.25	25.30	56.93
3.6	512008	Encofrado metálico chafián para bordillo, h=30cm	m	1 450.00	4.81	6 974.50
4		SEÑALIZACION E IMPACTOS AMBIENTALES				5 264.97
4.1	534699	Pintura para señalización de tráfico con franjadora, ancho de franja de 12.5cm	m	2 175.00	0.96	2 088.00
4.2	531707	Letrero informativo de tool de 2.00 x 1.50 m	u	1.00	336.90	336.90
4.3	531696	Letreros de Información del Proyecto (Socio Comunidad)	u	1.00	374.47	374.47
4.4	549A9Q	Señalización vertical (Información de destino)	u	10.00	236.47	2 364.70
4.5	532003	Señalización con cinta	m	120.00	0.24	28.80
4.6	532710	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	10.00	6.59	65.90
4.7	532006	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	20.00	0.31	6.20
SUBTOTAL						278 020.03
					12 %	33 362.40
TOTAL						311 382.43
Son: TRESCIENTOS ONCE MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y DOS CON 43/100 DÓLARES						

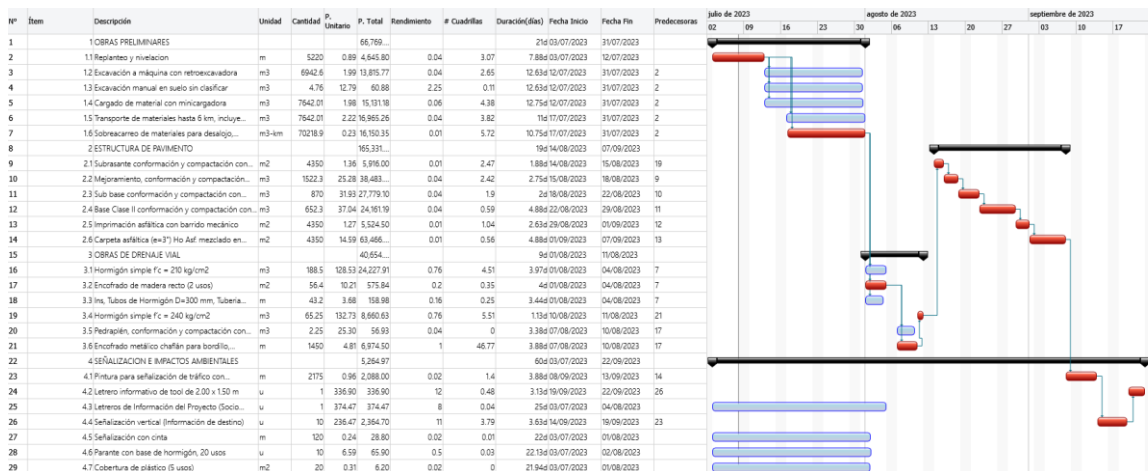
Fuente: Autor

Tabla 58. Cronograma Valorado

REHABILITACIÓN DE LA VÍA A LA COMUNIDAD MORASCALLE, PARROQUIA TARQUI, CANTÓN CUENCA										
Ubicación:		Parroquia Tarqui - Cantón Cuenca								
Fecha:		01/07/2023								
CRONOGRAMA VALORADO										
NOMBRE DEL OFERENTE:		Ing. Santiago Naspid - Ing. David Toledo								
Item	Codigo	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unit.	P.Total	PERIODOS			
							1	2	3	
1 OBRAS PRELIMINARES							66 769.24	66 769.24	0.00	0.00
1.1	501774	Replanteo y nivelación	m	5 220.00	0.89	4 645.80	5 220.00	0.00	0.00	
1.2	504279	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	6 942.60	1.99	13 815.77	6 942.60	0.00	0.00	
1.3	549005	Excavación manual en suelo sin clasificar	m3	4.76	12.79	60.88	13 815.77	0.00	0.00	
1.4	506002	Cargado de material con minicargadora	m3	7 642.01	1.98	15 131.18	4.76	0.00	0.00	
1.5	506005	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	7 642.01	2.22	16 965.26	60.88	0.00	0.00	
1.6	506007	Desacarre de materiales para desalajo, lugar determinado por el Fiscalizador, distancia > 6 Km.	m3-km	70 218.90	0.23	16 150.35	7 642.01	0.00	0.00	
2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO							165 331.03	0.00	101 496.23	63 834.80
2.1	548004	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	4 350.00	1.36	5 916.00	0.00	4 350.00	0.00	
2.2	505003	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	1 522.30	25.28	38 483.74	0.00	1 522.30	0.00	
2.3	505004	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	870.00	31.93	27 779.10	0.00	38 483.74	0.00	
2.4	548005	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	652.30	37.04	24 161.19	0.00	870.00	0.00	
2.5	548010	Impresión asfáltica con barrido mecánico	m2	4 350.00	1.27	5 524.50	0.00	24 161.19	0.00	
2.6	548011	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	4 350.00	14.59	63 466.50	0.00	4 350.00	0.00	
3 OBRAS DE DRENAJE VIAL							40 654.79	0.00	40 654.79	0.00
3.1	507003	Hormigón simple f'c = 210 kg/cm2	m3	188.50	128.53	24 227.91	0.00	188.50	0.00	
3.2	512005	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	56.40	10.21	575.84	0.00	24 227.91	0.00	
3.3	551704	Ins. Tubos de Hormigón D=300 mm, Tubería prefabricada	m	43.20	3.68	158.98	0.00	56.40	0.00	
3.4	507004	Hormigón simple f'c = 240 kg/cm2	m3	65.25	132.73	8 660.63	0.00	158.98	0.00	
3.5	505002	Pedraplén, conformación y compactación con equipo pesado	m3	2.25	25.30	56.93	0.00	65.25	0.00	
3.6	512008	Encofrado metálico chafán para bordillo, h=30cm	m	1 450.00	4.81	6 974.50	0.00	56.93	0.00	
4 SEÑALIZACIÓN E IMPACTOS AMBIENTALES							5 264.97	410.53	64.84	4 789.60
4.1	534699	Pintura para señalización de tráfico con franjadora, ancho de franja de 12.5cm	m	2 175.00	0.96	2 088.00	0.00	0.00	2 175.00	
4.2	531707	Letrero informativo de tolo de 2.00 x 1.50 m	u	1.00	336.90	336.90	0.00	0.00	1.00	
4.3	531696	Letreros de Información del Proyecto (Socio Comunitad)	u	1.00	374.47	374.47	0.00	0.00	336.90	
4.4	549A9Q	Señalización vertical (Información de destino)	u	10.00	236.47	2 364.70	0.00	0.00	10.00	
4.5	532003	Señalización con cinta	m	120.00	0.24	28.80	114.55	0.00	14.25	
4.6	532710	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	10.00	6.59	65.90	27.49	0.00	38.41	
4.7	532006	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	20.00	0.31	6.20	9.49	0.00	0.71	
TOTAL:							278 020.03	410.53	64.84	4 789.60
INVERSION MENSUAL							67 179.77	142 215.86	68 624.40	
AVANCE PARCIAL EN %							24.16	51.15	24.68	
INVERSION ACUMULADA							67 179.77	209 395.63	278 020.03	
AVANCE ACUMULADO EN %							24.16	75.32	100.00	

Fuente: Autor

Tabla 59. Ruta Crítica



Fuente: Autor

4.2 Conclusiones

En base a los estudios realizados, se pudo determinar los diferentes factores que intervinieron en el diseño de la carretera en la comunidad de Morascalle, muchos de estos factores teniendo un carácter importante para que se logre llevar a cabo el desarrollo del presente proyecto, dichos factores ya sea cómo aspectos sociales, geográficos, niveles de distribución territorial, calidades de vida y movilidad son factores que dieron a conocer el estado en la que se encuentra la comunidad en la actualidad y porque nace la necesidad del desarrollo del presente proyecto.

Los resultados de los diseños en este proyecto dan a conocer los parámetros y las condiciones en las que se encuentra la vía existente en la comunidad y qué es lo que necesita ésta para que la nueva vía desarrolla pueda ser tanto sustentable como sostenible en beneficio para la comunidad, es por esto que cada proceso por el que atravesó el diseño de la vía tanto geométrico como estructural, se basó en parámetros ya existentes como una vía existente en la cual contaba con un trazo determinado conectado a la comunidad de Morascalle con el resto de comunidades pero que esta vía no contaba con las condiciones adecuadas para que pueda ser circulada.

Tomando en consideración aspectos como el tipo de automóviles que circulan por la zona como resultado de los conteos se determinó el TPDA el cual se proyectó a 20 años ya que este tiempo es la vida útil de un pavimento, los tipos de suelos sobre los cuales soportarán las cargas de la estructura de la vía contando con un porcentaje de CBR de baja calidad por lo que se determinaron los espesores ya descritos como resultado final, las condiciones para que el agua procedente de precipitaciones por ejemplo; pueda ser expulsada a algún determinado lugar sin afectar a ninguna persona que habita por ahí, las velocidades en las que las personas podrán circular con toda seguridad y los diferentes procesos que conllevan el diseño de una carretera son aspectos que lograron que el proyecto se desenvuelva con total certeza y exactitud para así lograr obtener el diseño definitivo al que se ha llegado.

4.3 Recomendaciones

Se debe contar que al momento de la ejecución del proyecto se hagan las respectivas instalaciones tanto de agua potable como alcantarillados con la finalidad de garantizar el estilo de vida de los pobladores de la comunidad.

Es importante tomar en consideración que las señalizaciones que se colocaron a lo largo de la vía, son distintivos para evitar algún percance a futuro como el límite de velocidades o las señalizaciones pare. De igual manera al ser una comunidad que cuenta con un establecimiento educativo es primordial respetar estas señalizaciones.

De igual manera se recomienda al respectivo Gad parroquial realizar mantenimientos rutinarios para así poder prolongar la vida útil del pavimento y este no sufra desperfectos a futuro.

Se recomienda a la entidad constructora que desde la abscisa la estabilización del talud o de muros de construcción con el fin de estabilizar los predios aledaños a la vía.

5. Bibliografía

- AASHTO. (1993). *American Association of State Highway and Transportation Officials*. Washington D.C.
- Aparicio, F. (1989). *Fundamentos de la Hidrología de Superficie*. México: Limusa.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Castillo, D., Herrera, R., & Muños, J. (2013). *Análisis de los factores que inciden en los accidentes de tránsito del servicio de transportación pública interprovincial en el Ecuador*. Guayaquil.
- Castro, W. (2013). *Mecánica de suelos*. Madrid.
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de canales Abiertos*. Bogotá: McGraw Hill.
- Etapa EP. (2023). *Estación Pluviométrica*. Cuenca.
- Fattorelli, S., & Fernández, P. (2011). *Diseño Hidrológico*. Zaragoza: WASA-GN.
- Fernández, R. (2010). *Elementos de teoría del tráfico vehicular*. Lima: Fondo Editorial.
- GAD parroquial de Tarquí. (2021). *Ensayo de la bororatorios de suelos*. Cuenca.
- GEOCOM. (15 de Junio de 2023). Obtenido de <https://www.geocom.cl/blogs/news/posicionamiento-rtk-recomendaciones-y-cuidados>
- ICPC. (2008). *Manual de Diseño de pavimentos de Concreto*. Bogotá.
- INEC. (2010). *Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos*. Cuenca.
- INEN. (2010). *Señalización Vertical*. Quito.
- INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá.
- INVIAS. (2009). *Manual de drenaje para carreteras*. Bogotá.
- Leclair, R. (2004). *Normas para el diseño Geométrico de las Carreteras Regionales*. Guayaquil.
- Menéndez, J. (2009). *Pavimentos*. Lima: ICG.
- Montejo, A. (1998). *Ingeniería de Pavimentos*. Bogotá: Stella Valbuena de Fierro.
- MOP. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y Puentes*. Quito.
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras*. Lima: Servicios Gráficos Squadrito EIRL.
- MTOP. (2003). *Norma de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.
- NEVI 12. (2013). *Norma para Estudios y Diseños Viales (Vol. 2A)*. Quito.
- NEVI 12. (2013). *Norma para Estudios y Diseños Viales (Vol. 2B)*. Quito.
- PDOT Tarquí. (2014). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Cuenca.
- Pérez, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitarios, pluvial y drenaje de carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Recursos y Energía. (24 de 02 de 2022). *Gobierno del Ecuador*. Obtenido de Gobierno del Ecuador: <https://www.recursosyenergia.gob.ec/biblioteca/>

Sotelo, G. (1997). *Hidráulica II*. México: UNAM.

Tapia García, M. Á. (2016). *Pavimentos*. Ciudad de México.

Thales Navigation. (2000). *Guía para el sistema de medición RTK*. Santa clara: ASHTECH.

Wolf, P. (2018). *Topografía*. Mexico: Alfaomega.

5.1 Anexos

Anexo A 1. Cámara de Conteo Vehicular



Fuente: Autor

Anexo A 2. Colocación de la Cámara para el Conteo



Fuente: Autor






Anexo A 3. Cámara en Funcionamiento



Fuente: Autor

Anexo A 4. Conteo Vehicular Estación E1 – Ingreso

Fecha: Domingo 26 de Febrero del 2023


PERIODO HORAS	15 PERIODO MIN	    	Entran a la Interseccion				Motos	
			LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			
					2 EJES	3 EJES		TRAILER
00H00-01H00	0-15							
	15-30		1					
	30-45							
	45-60							
01H00-02H00	0-15		1					
	15-30		1					
	30-45							
	45-60							
02H00-03H00	0-15							
	15-30							
	30-45							
	45-60							
03H00-04H00	0-15							
	15-30							
	30-45							
	45-60							
04H00-05H00	0-15							
	15-30							
	30-45							
	45-60							
05H00-06H00	0-15							
	15-30		1					
	30-45		2				1	
	45-60							
06H00-07H00	0-15		3					
	15-30		1					
	30-45		2					
	45-60		2				2	
07H00-08H00	0-15		1					
	15-30		3				1	
	30-45		2					
	45-60		1				1	
08H00-09H00	0-15		2					
	15-30							

08H00-09H00	30-45	2					
	45-60	3					1
09H00-10H00	0-15	4					
	15-30	2					
	30-45	3					
	45-60	1					1
10H00-11H00	0-15	2					
	15-30	1					
	30-45	1					
	45-60						
11H00-12H00	0-15						1
	15-30	2					
	30-45	2					
	45-60	2					
12H00-13H00	0-15	2					
	15-30	2					
	30-45	1					
	45-60						1
13H00-14H00	0-15	4					
	15-30	1					
	30-45	2					
	45-60	2					1
14H00-15H00	0-15						
	15-30	1					
	30-45	1					
	45-60	3					
15H00-16H00	0-15	2					
	15-30	3					
	30-45	2					1
	45-60						
16H00-17H00	0-15	2					
	15-30	1					
	30-45	3					
	45-60	2					
17H00-18H00	0-15	3					
	15-30	4					
	30-45	1					
	45-60	1					1
18H00-19H00	0-15	2					
	15-30	2					
	30-45						
	45-60	1					
19H00-20H00	0-15						
	15-30	2					
	30-45	1					
	45-60	1					
20H00-21H00	0-15	1					
	15-30	3					1
	30-45	3					
	45-60	2					1
21H00-22H00	0-15	1					
	15-30	1					
	30-45	3					
	45-60	2					
22H00-23H00	0-15						
	15-30	2					
	30-45	1					
	45-60						
23H00-24H00	0-15						
	15-30	1					
	30-45	1					
	45-60						

Fuente: Autor

Anexo A 5. Conteo Vehicular Estación E3 -Salida


Fecha: Domingo 26 de Marzo del 2023

PERIODO HORAS	15 PERIODO MIN		Salen de la Interseccion				Motos
			LIVIANOS	BUSES	CAMIONES		
					2 EJES	3 EJES	
00:00-01:00	0-15						
	15-30						
	30-45						
	45-60						
01:00-02:00	0-15						1
	15-30						
	30-45						
	45-60						
02:00-03:00	0-15						
	15-30						
	30-45						
	45-60						
03:00-04:00	0-15						
	15-30						
	30-45						
	45-60						
04:00-05:00	0-15						
	15-30						
	30-45						
	45-60						1
05:00-06:00	0-15						
	15-30						
	30-45						
	45-60		1				
06:00-07:00	0-15						
	15-30						
	30-45		1				
	45-60		2				
07:00-08:00	0-15		3				1
	15-30		1				
	30-45		5				
	45-60						
08:00-09:00	0-15		3				
	15-30		1				
	30-45		1				
	45-60		2				
09:00-10:00	0-15		4				1
	15-30		2				
	30-45		3				
	45-60		2				
10:00-11:00	0-15		3				
	15-30		1				
	30-45		1				
	45-60		2				
11:00-12:00	0-15		1				
	15-30		3				
	30-45		1				1
	45-60		2				
12:00-13:00	0-15						
	15-30		3				
	30-45		3				

12 13H00-14H00	45-60	5					
	0-15	4					
	15-30	3					
	30-45	2					
	45-60	3					
14H00-15H00	0-15	2					1
	15-30						
	30-45	4					
	45-60	2					
15H00-16H00	0-15	7					
	15-30	5					
	30-45						
	45-60	2					
16H00-17H00	0-15						
	15-30	1					
	30-45	2					
	45-60	5					
17H00-18H00	0-15	1					1
	15-30	2					
	30-45						
	45-60	1					
18H00-19H00	0-15	2					
	15-30	5					
	30-45	2					
	45-60	1					1
19H00-20H00	0-15	2					
	15-30	2					1
	30-45	1					
	45-60	3					
20H00-21H00	0-15	3					
	15-30	1					
	30-45						
	45-60						
21H00-22H00	0-15	1					
	15-30	1					
	30-45						
	45-60	1					
22H00-23H00	0-15						
	15-30						
	30-45	1					
	45-60						
23H00-24H00	0-15						
	15-30						
	30-45						
	45-60						

Fuente: Autor

Anexo B 1. Resultados de Laboratorio - Calicata C2



TITANIUM ROAD
Expertos en suelos, concretos y asfaltos.

DETERMINACIÓN DE C.B.R.

PROYECTO: ELABORACIÓN DE ESTUDIOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA LA PARROQUIA DE TARQUI, CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY

SOLICITA: GAD Parroquial de Tarqui

ADMINISTRADOR: Ing. Adrián Moscoso

ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

NORMA: ASTM-D-1883

Fecha de Extracción: jueves, 25 de febrero de 2021

Fecha de Ensayo: jueves, 4 de marzo de 2021

Revisado por: Ing. Flavio Albarracín Ll.

Calicata No.: C2

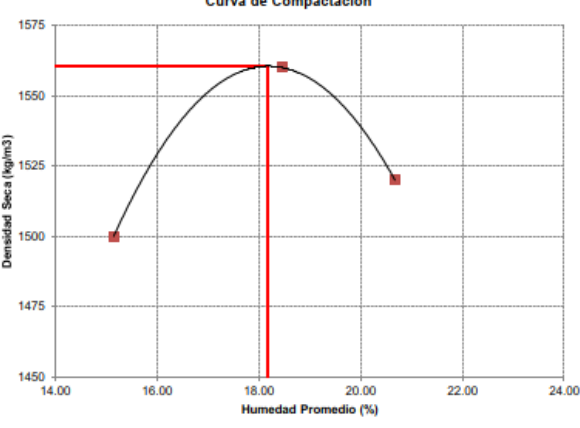
Profundidad: 1.50 m

Abscisa: -

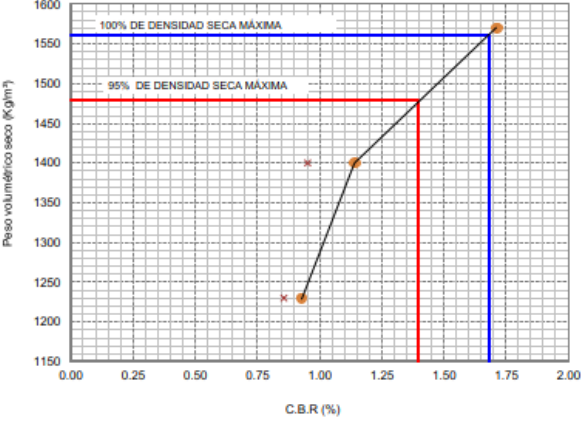
Material: Suelo Natural - Subrasante

Lugar de Extracción: Parroquia Tarqui

Curva de Compactación



Densidad Seca vs % CBR



Nº Golpes	Densidad Kg/m3	Carga Unitaria Kg/cm2		Carga Unitaria Patrón Kg/cm2		C.B.R. %		Expansión %
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	
56	1570	1.21	1.81	70.45	105.68	1.71	1.71	3.05
25	1400	0.80	1.01	70.45	105.68	1.14	0.95	5.17
10	1230	0.65	0.91	70.45	105.68	0.93	0.86	7.47

RESULTADOS

Densidad seca Máxima = 1560.5 Kg/m3

95% de Densidad seca Máxima = 1480.0 Kg/m3

Humedad óptima = 18.19 %

CBR al 100% para 0,10" = 1.7 %

CBR al 95% para 0,10" = 1.4 %

Expansión = 3.05 %

Observaciones: _____


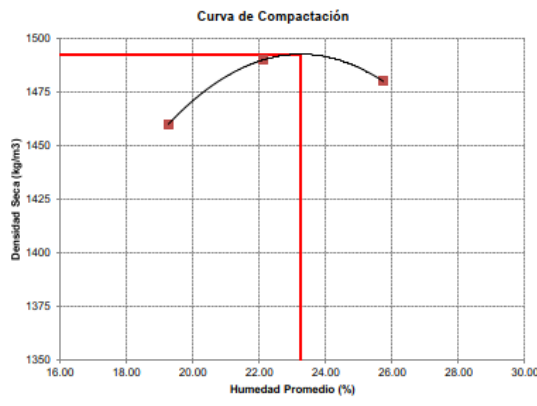
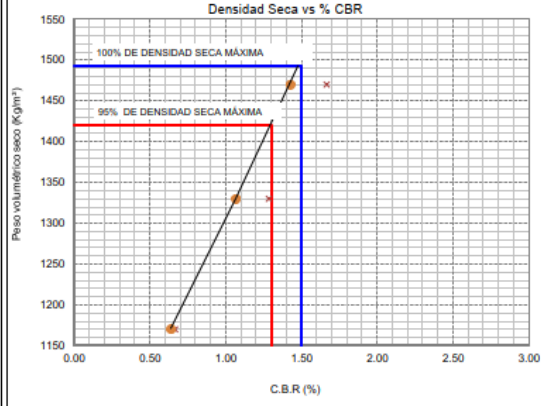
PEDRO ARCE IDROVO
LABORATORISTA

ING. FLAVIO ALBARRACIN LLIVISACA
SENESCYT 1007-14-1281818

5-5

Fuente: Gad Parroquial de Tarqui

Anexo B 2. Resultados de Laboratorio - Calicata C3

 TITANIUM ROAD Expertos en suelos, concretos y asfaltos.		DETERMINACIÓN DE C.B.R.																																																									
PROYECTO: ELABORACIÓN DE ESTUDIOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA LA PARROQUIA DE TARQUI, CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY																																																											
SOLICITA: GAD Parroquial de Tarquí ADMINISTRADOR: Ing. Adrián Moscoso																																																											
ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) NORMA: ASTM-D-1883		Calicata No.: C3 Profundidad: 1.50 m Abscisa: - Material: Suelo Natural - Subrasante Lugar de Extracción: Parroquia Tarquí																																																									
Fecha de Extracción: jueves, 25 de febrero de 2021 Fecha de Ensayo: jueves, 4 de marzo de 2021 Revisado por: Ing. Flavio Albarracín LL.																																																											
																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nº Golpes</th> <th rowspan="2">Densidad Kg/m³</th> <th colspan="2">Carga Unitaria Kg/cm²</th> <th colspan="2">Carga Unitaria Patrón Kg/cm²</th> <th colspan="2">C.B.R. %</th> <th rowspan="2">Expansión %</th> </tr> <tr> <th>0.10"</th> <th>0.20"</th> <th>0.10"</th> <th>0.20"</th> <th>0.10"</th> <th>0.20"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>56</td> <td>1470</td> <td>1.01</td> <td>1.76</td> <td>70.45</td> <td>105.68</td> <td>1.43</td> <td>1.67</td> <td>7.93</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>1330</td> <td>0.75</td> <td>1.36</td> <td>70.45</td> <td>105.68</td> <td>1.07</td> <td>1.29</td> <td>8.84</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>1170</td> <td>0.45</td> <td>0.70</td> <td>70.45</td> <td>105.68</td> <td>0.84</td> <td>0.87</td> <td>11.25</td> </tr> </tbody> </table>		Nº Golpes	Densidad Kg/m ³	Carga Unitaria Kg/cm ²		Carga Unitaria Patrón Kg/cm ²		C.B.R. %		Expansión %	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	56	1470	1.01	1.76	70.45	105.68	1.43	1.67	7.93	25	1330	0.75	1.36	70.45	105.68	1.07	1.29	8.84	10	1170	0.45	0.70	70.45	105.68	0.84	0.87	11.25	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Densidad seca Máxima</td> <td>= 1462.7 Kg/m³</td> </tr> <tr> <td>95% de Densidad seca Máxima</td> <td>= 1420.0 Kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Humedad óptima</td> <td>= 23.25 %</td> </tr> <tr> <td>CBR al 100% para 0,10"</td> <td>= 1.5 %</td> </tr> <tr> <td>CBR al 95% para 0,10"</td> <td>= 1.3 %</td> </tr> <tr> <td>Expansión</td> <td>= 7.93 %</td> </tr> </tbody> </table>		RESULTADOS		Densidad seca Máxima	= 1462.7 Kg/m ³	95% de Densidad seca Máxima	= 1420.0 Kg/m ³	Humedad óptima	= 23.25 %	CBR al 100% para 0,10"	= 1.5 %	CBR al 95% para 0,10"	= 1.3 %	Expansión	= 7.93 %
Nº Golpes	Densidad Kg/m ³			Carga Unitaria Kg/cm ²		Carga Unitaria Patrón Kg/cm ²		C.B.R. %			Expansión %																																																
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"																																																				
56	1470	1.01	1.76	70.45	105.68	1.43	1.67	7.93																																																			
25	1330	0.75	1.36	70.45	105.68	1.07	1.29	8.84																																																			
10	1170	0.45	0.70	70.45	105.68	0.84	0.87	11.25																																																			
RESULTADOS																																																											
Densidad seca Máxima	= 1462.7 Kg/m ³																																																										
95% de Densidad seca Máxima	= 1420.0 Kg/m ³																																																										
Humedad óptima	= 23.25 %																																																										
CBR al 100% para 0,10"	= 1.5 %																																																										
CBR al 95% para 0,10"	= 1.3 %																																																										
Expansión	= 7.93 %																																																										
Observaciones:																																																											
PEDRO ARCE IDROVO LABORATORISTA		ING. FLAVIO ALBARRACIN LLIVISACA SENESCYT 1007-14-1261818																																																									
5-5																																																											

Fuente: Gad Parroquial de Tarquí

Anexo C 1. Velocidades de Diseño

PARÁMETROS INICIALES - DISEÑO GEOMÉTRICO			
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	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

Normas de Diseño Geométrico de Carreteras - 2003 MTOP

Fuente: Autor

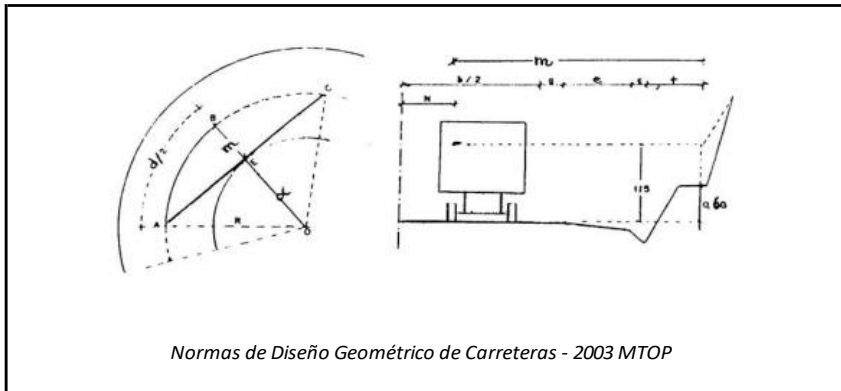
Anexo C 2. Distancias de frenado

PARÁMETROS INICIALES - DISEÑO GEOMÉTRICO			
DISTANCIA DE FRENADO			
Velocidad de diseño:	30	km/h	
Pendiente:	15,66	%	
Tiempo de reacción:	2,5	seg	<i>(Para el 90% de los conductores según la AASHTO)</i>
Efecto de las Gradientes:			
$D. \text{ frenado} = \frac{Vc^2}{254 * (f \pm G)}$	<i>(Diseñamos con la pendiente mas crítica de nuestro diseño: 15,66%)</i>		
D:	8,05	m	

Fuente: Autor

Anexo C 3. Distancias de Visibilidad

DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES



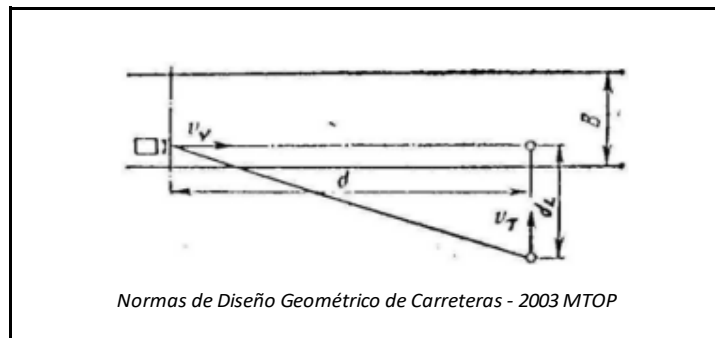
Velocidad de diseño: 30 km/h
 Radio de curva: 5,86 m *(Diseñamos con el radio mas crítica de nuestro diseño)*

Distancia de visibilidad en curvas horizontales:

$$m = Rc * \left(1 - \cos\left(\frac{28,65 * Dp}{Rc}\right) \right) \quad \text{(Manual de diseño de carreteras Pavimentadas de bajo volumen)}$$

m: **6,51** m

DISTANCIA DE VISIBILIDAD LATERAL



Velocidad de diseño: 30 km/h
 Velocidad de transeunte: 10 km/h
 Distancia de parada: 8,05 m

Distancia de visibilidad lateral:

$$dL = \frac{Vt}{Vv} * d \quad \text{(Normas de Diseño Geométrico de Carreteras - 2003 MTOP)}$$

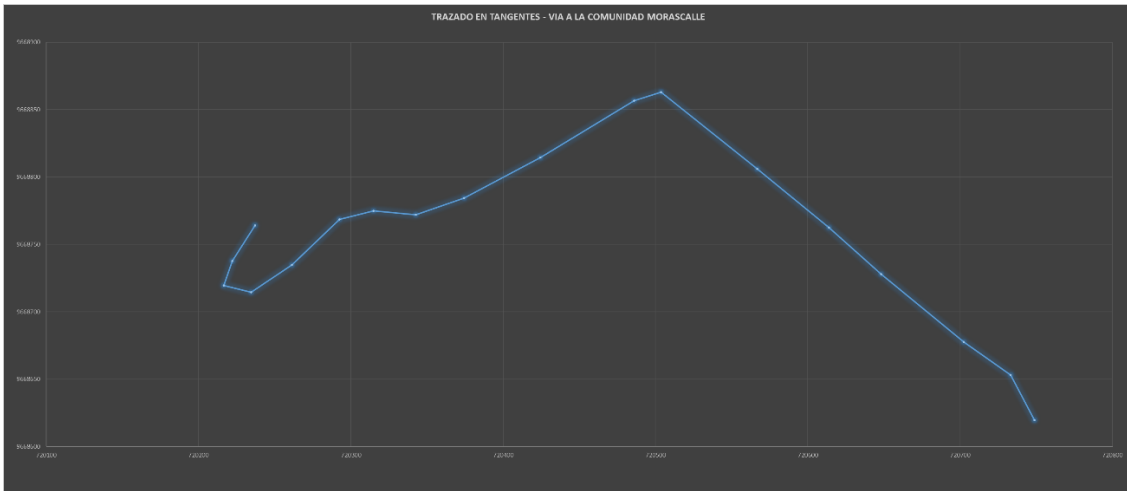
dL: **2,68** m

DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO		
Los valores proporcionados por la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 MTOP		
Velocidad de diseño:	30	km/h
Maniobra Inicial:		
d1:	44	m
Ocupacion del carril:		
d2:	145	m
Vehículo Opuesto:		
d3:	30	m
Distancia rrecorrida - m:		
d4:	30	m
$D. Rebasamiento = d1 + d2 + d3 + d4$		
D.Reb:	249	m

Fuente: Autor

Anexo C 4. Alineamientos Horizontales

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA										
TRABAJO DE TITULACION										
DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA A LA COMUNIDAD "MORASCALLE" PARROQUIA TARQUI, CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY										
AUTORES: SANTIAGO NASPUD - DAVID TOLEDO										
PROVINCIA:	AZUAY		CANTON:				CUENCA		PARROQUIA:	TARQUI
TIPO DE VÍA:	CLASE III	ELEMENTO	NORTE	ESTE	DISTANCIA	ANGULO(rad)	ANGULO(°)	RUMBO-ANGULO	AZIMUT	Δ
ABSCISA										R
0+	0,00	INICIO	9668619,668	720748,737						
0+	36,874	PI1	9668653,14	720733,3	36,87	-0,43293	-24,80531	-65,19469	114,8	26,598
0+	76,228	PI2	9668677,99	720702,51	39,353	-0,89716	-51,40340	-38,59660	141,40340	4,203
0+	150,260	PI3	9668727,99	720648,19	74,032	-0,82380	-47,20049	-42,79951	137,20049	2,417
0+	198,895	PI4	9668762,51	720613,93	48,635	-0,78162	-44,78341	-45,21659	134,78341	200
0+	262,992	PI5	9668806,06	720566,9	64,097	-0,82380	-47,20017	-42,79983	137,20017	0,836
0+	348,176	PI6	9668863,02	720503,56	85,184	-0,83838	-48,03579	-41,96421	138,03579	62,127
0+	366,947	PI7	9668856,55	720485,94	18,770	1,21888	69,83695	20,16305	200,16305	14,202
0+	441,548	PI8	9668814,44	720424,36	74,601	0,97101	55,63467	34,36533	214,36533	3,270
0+	499,984	PI9	9668784,26	720374,32	58,437	1,02809	58,90509	31,09491	211,09491	9,939
0+	533,954	PI10	9668772	720342,64	33,970	1,20155	68,84381	21,15619	201,15619	27,035
0+	561,780	PI11	9668774,85	720314,96	27,826	-1,46820	-84,12140	-5,87860	174,12140	21,733
0+	585,170	PI12	9668768,46	720292,46	23,390	1,29408	74,14545	15,85455	195,85455	31,283
0+	631,051	PI13	9668734,83	720261,25	45,881	0,74809	42,86256	47,13744	227,13744	10,131
0+	664,611	PI14	9668714,63	720234,45	33,560	0,92491	52,99352	37,00648	217,00648	52,383
0+	683,279	PI15	9668719,58	720216,45	18,668	-1,30243	-74,62375	-15,37625	164,62375	91,835
0+	702,374	PI16	9668737,82	720222,1	19,095	0,30039	17,21083	72,78917	72,78917	12,435
0+	725,000	FIN	9668764	720237	30,123	0,51742	29,64579	60,35421	60,35421	60,354



TIPO DE CURVA: CIRCULAR SIMPLE - IZQUIERDA			
$\Delta =$	26,00	°	Rad 0,454
$Pi \text{ km} \Delta =$	36,87		13,3
$R =$	40,79	m	
$v =$	30	km/h	
$L \text{ Tang} =$	36,87	m	

L. Cuerda:			
$CL = 2 + R + \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$	$CL =$	18,77	m

Tangente:			
$T = R + T \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$	$T =$	9,642	m

G. Curvatura:			
$Gc = \frac{360 + CL}{2 + \pi + R}$	$Gc =$	26,36	°

L. Curva Circular:			
$L = \frac{Lc + \Delta}{G}$	$L =$	15,94	m

Externa:			
$E = R \left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - 1 \right)$	$E =$	1,124	m

Ordenada Media:			
$M = R \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right)$	$M =$	1,004	m

Deflexión por metro:			
$D.m = \frac{Gc}{2 + Lc}$	$D.m =$	0,70	°/m

Deflexión por unidad de cuerda:			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	$D.c =$	13,18	°/cuerda

L. Replanteo:			
		1,5	m

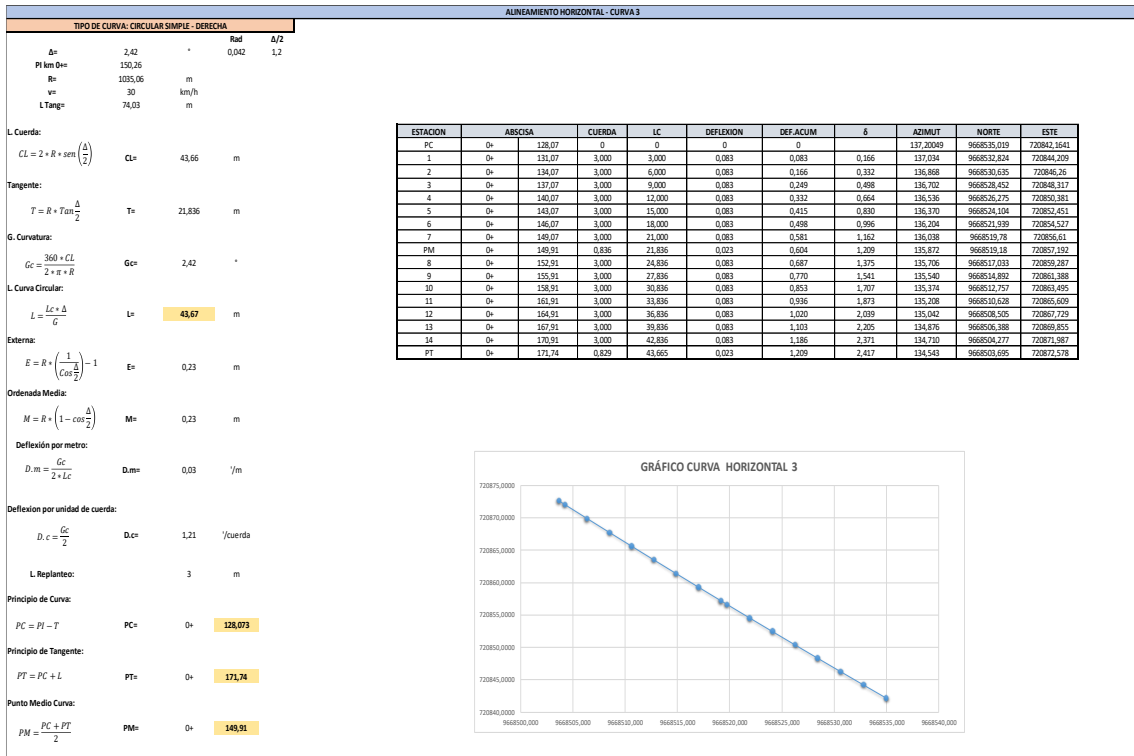
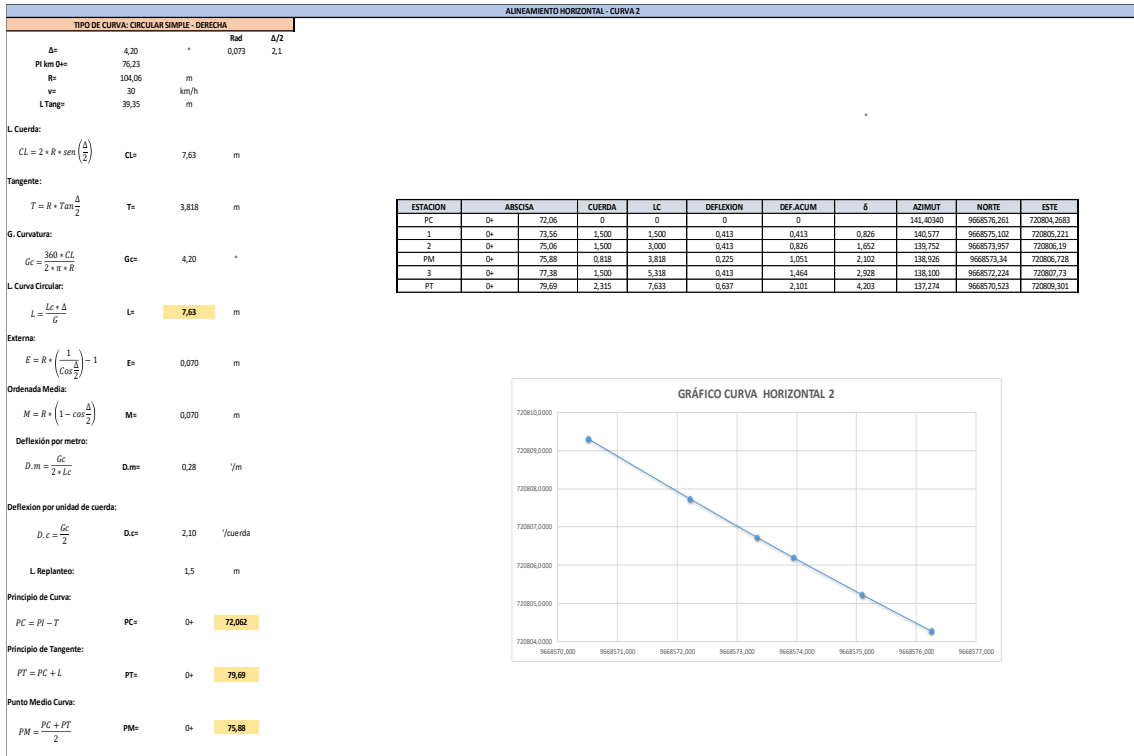
Principio de Curva:			
$PC = PI - T$	$PC =$	0+	27,23

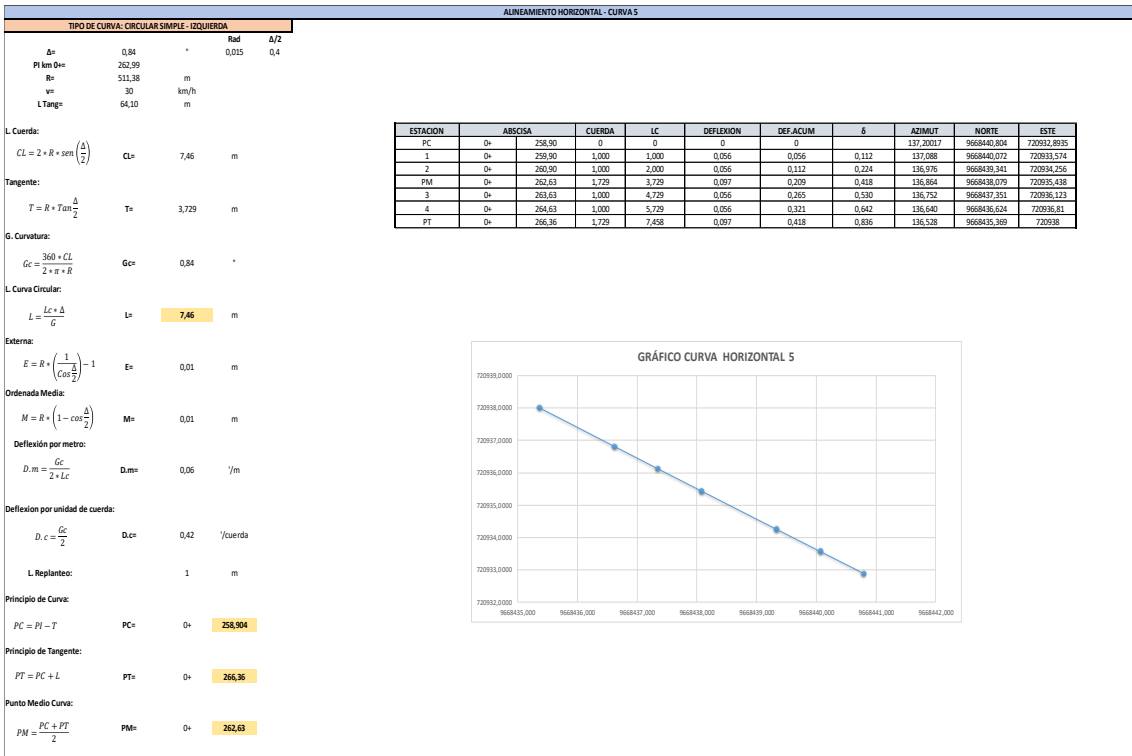
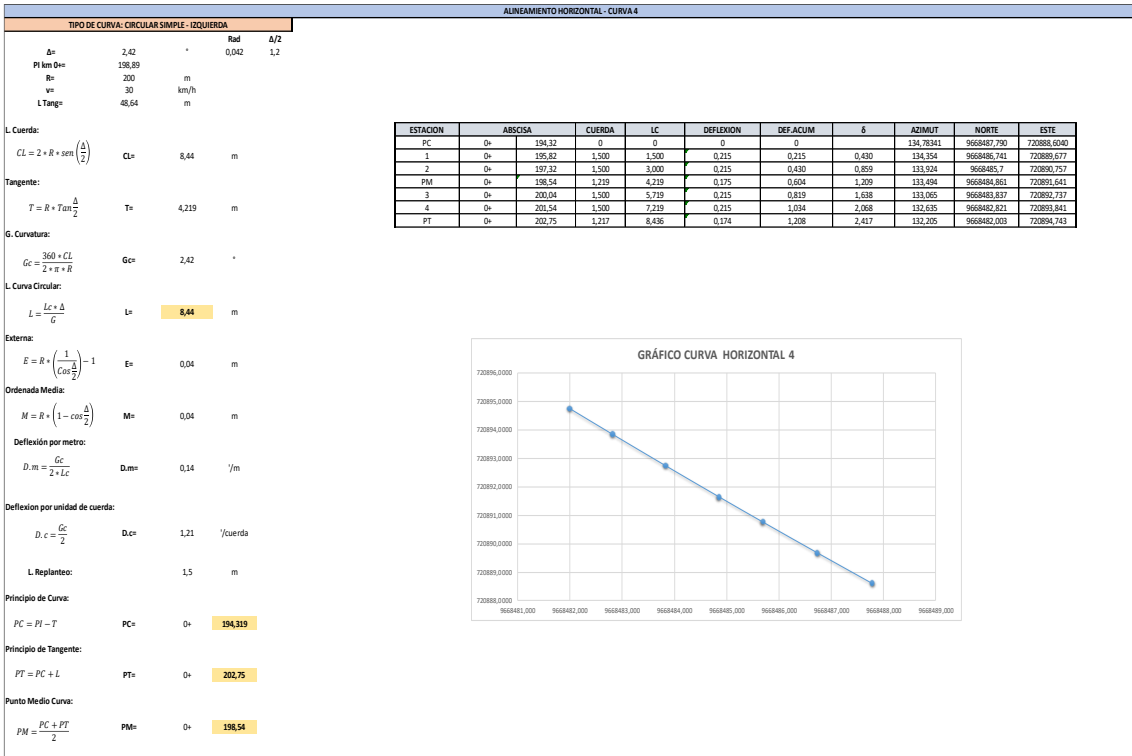
Principio de Tangente:			
$PT = PC + L$	$PT =$	0+	46,17

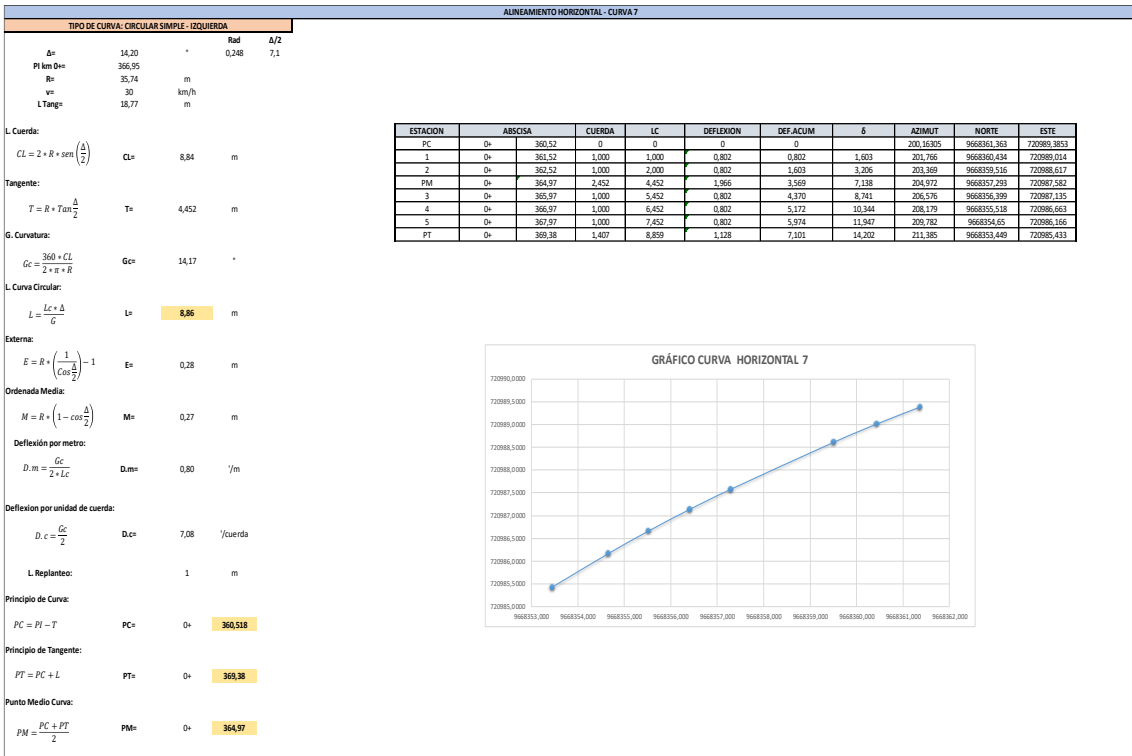
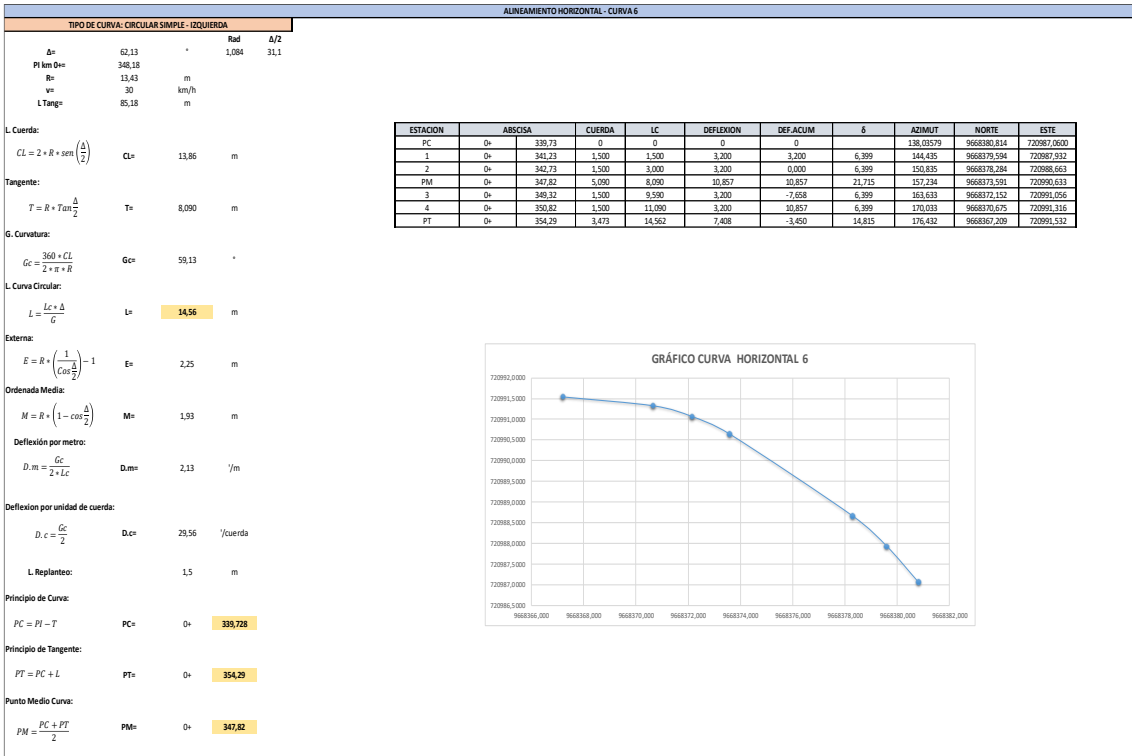
Punto Medio Curva:			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	$PM =$	0+	36,70

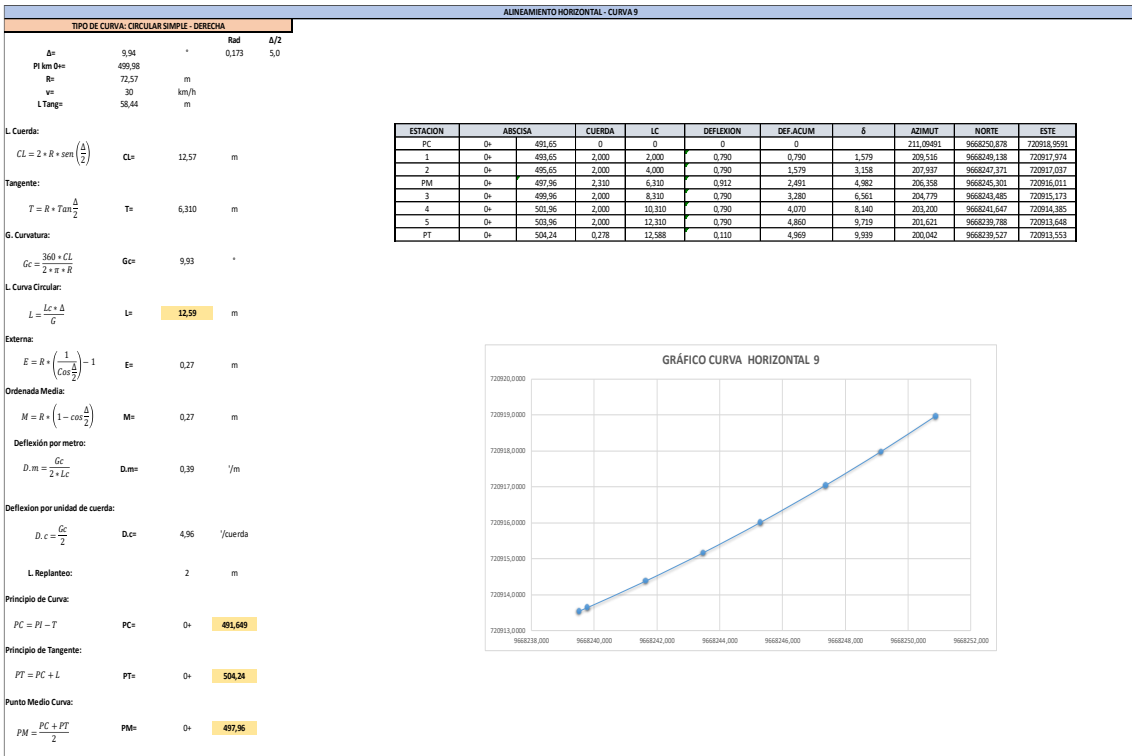
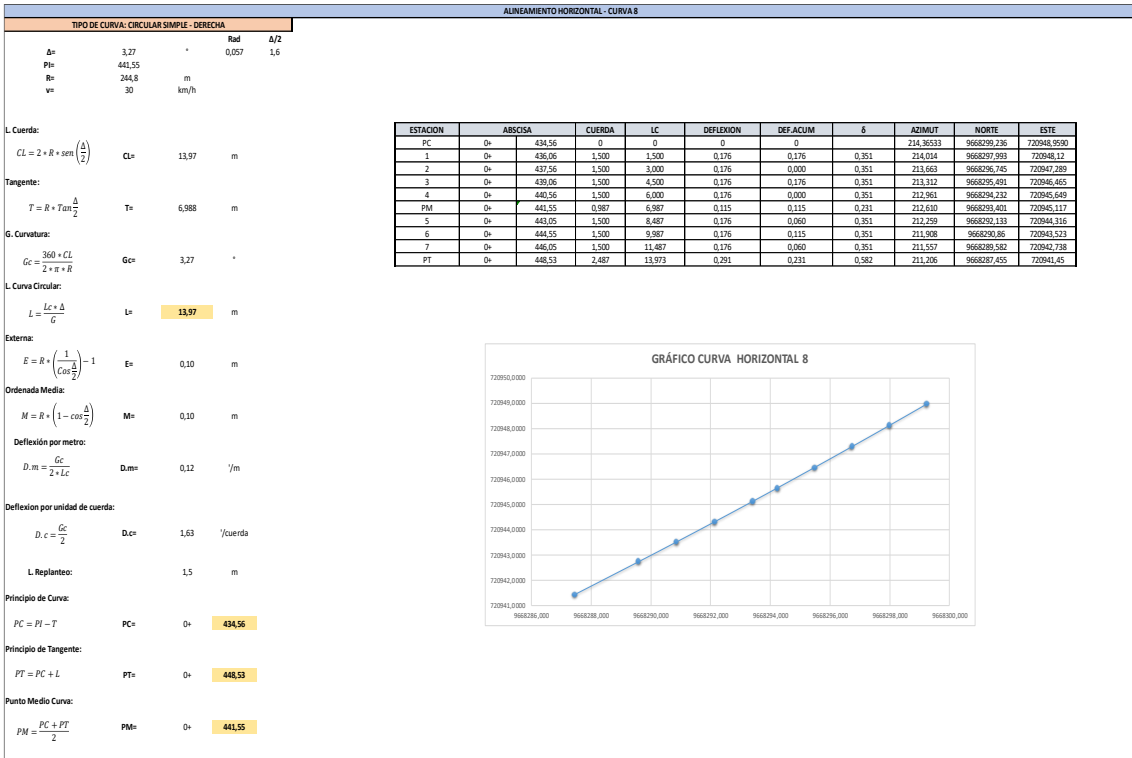
ALINEAMIENTO HORIZONTAL - CURVA 1										
ESTACION	ABSCISA	CUERDA	LC	DEFLEXION	DEF.ACUM	δ	AZIMUT	NORTE	ESTE	
PC	0+	27,23	0	0	0		114,8000	966808,244	720771,4548	
1	0+	28,73	1,500	1,500	1,053	2,107	116,907	966807,565	720774,792	
2	0+	30,23	1,500	3,000	1,053	0,000	119,034	966806,837	720776,104	
3	0+	31,73	1,500	4,500	1,053	1,053	121,121	966806,062	720777,286	
4	0+	33,23	1,500	6,000	1,053	0,000	123,228	966805,24	720778,643	
5	0+	34,73	1,500	7,500	1,053	1,053	125,335	966804,372	720779,867	
PM	0+	36,70	1,968	9,468	1,389	0,329	127,442	966803,476	720781,43	
6	0+	38,20	1,500	10,968	1,053	0,725	129,549	966802,521	720782,387	
7	0+	39,70	1,500	12,468	1,053	0,329	131,656	966801,524	720783,708	
8	0+	41,20	1,500	13,968	1,053	0,725	133,763	966800,486	720784,791	
9	0+	42,70	1,500	15,468	1,053	0,329	135,870	966899,409	720785,835	
10	0+	44,20	2,000	17,468	1,405	1,076	137,977	966897,623	720787,174	
PT	0+	46,17	1,468	18,936	1,031	-0,045	140,084	966896,497	720788,116	

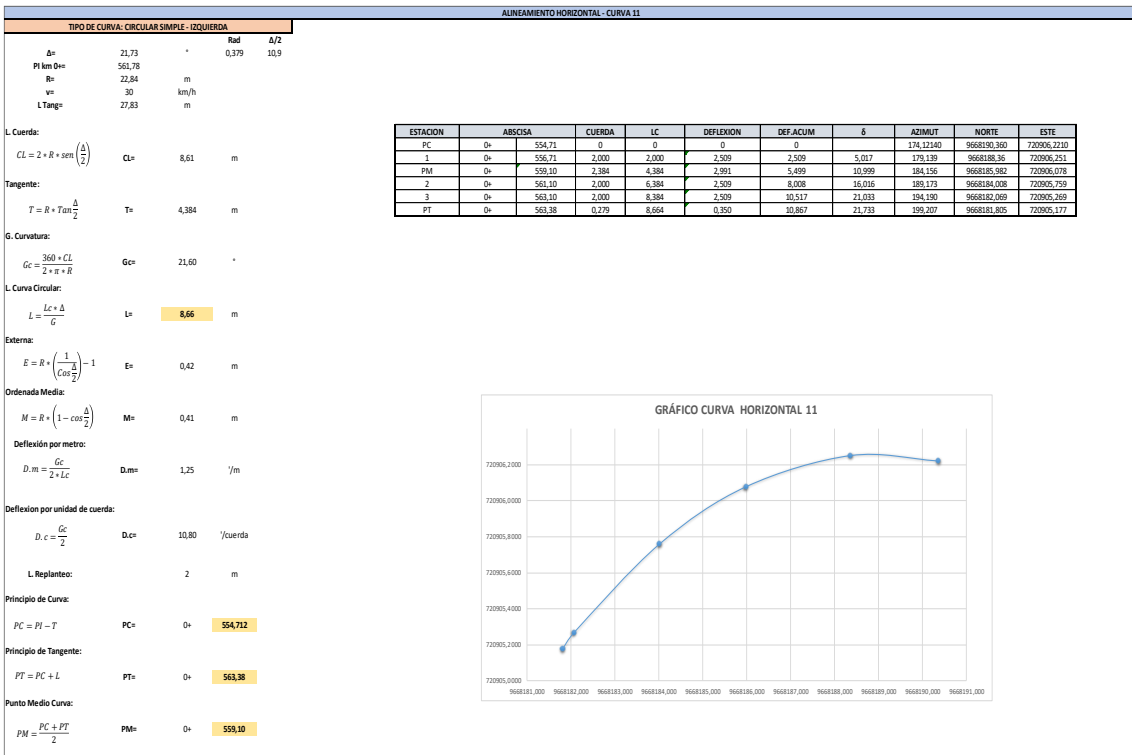
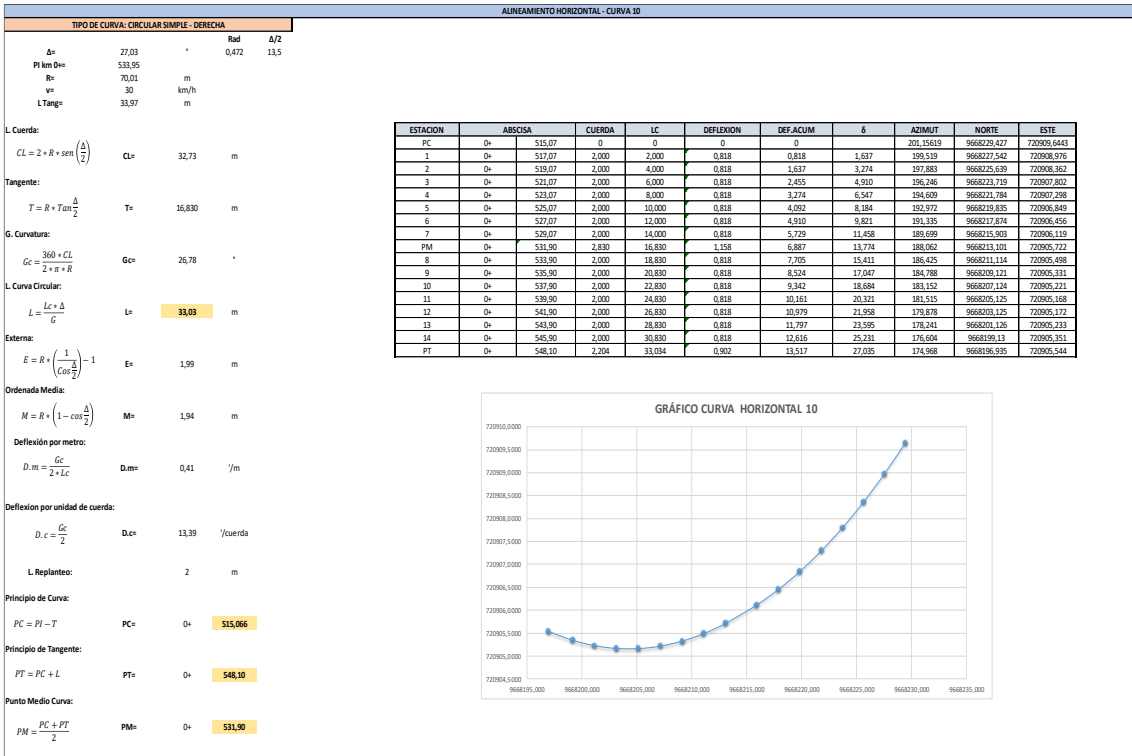
GRÁFICO CURVA HORIZONTAL 1

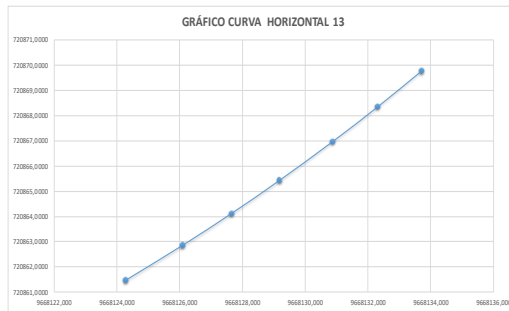
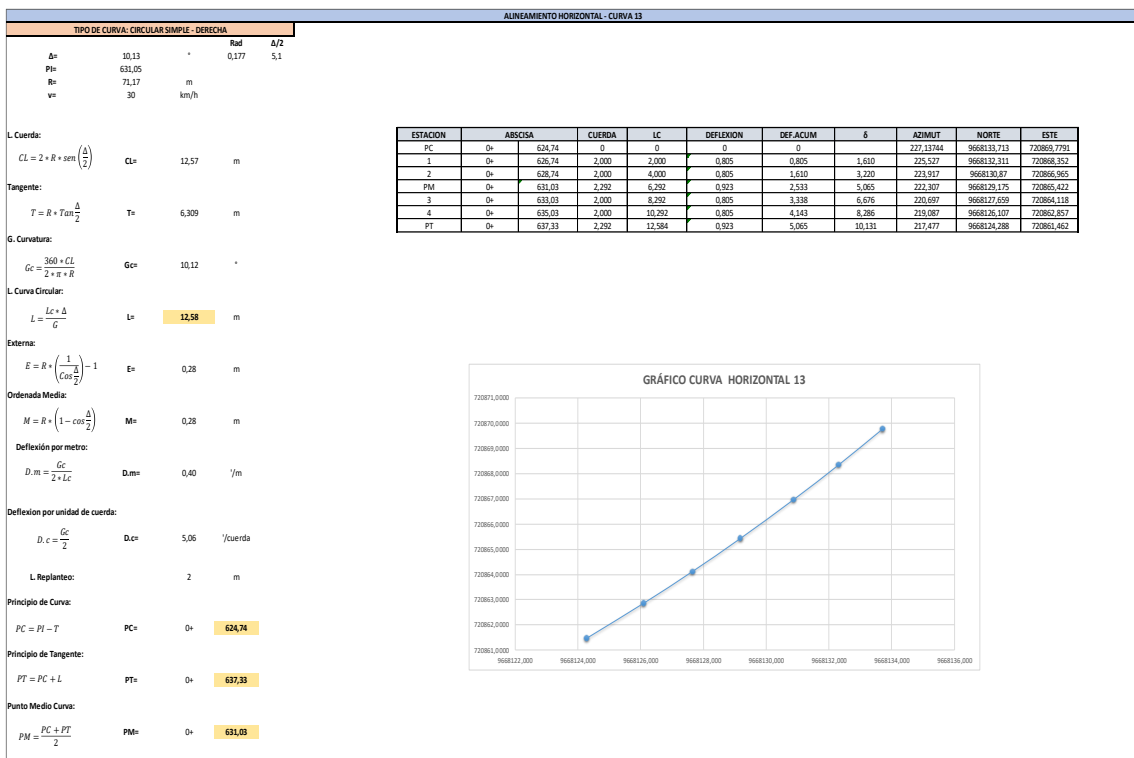
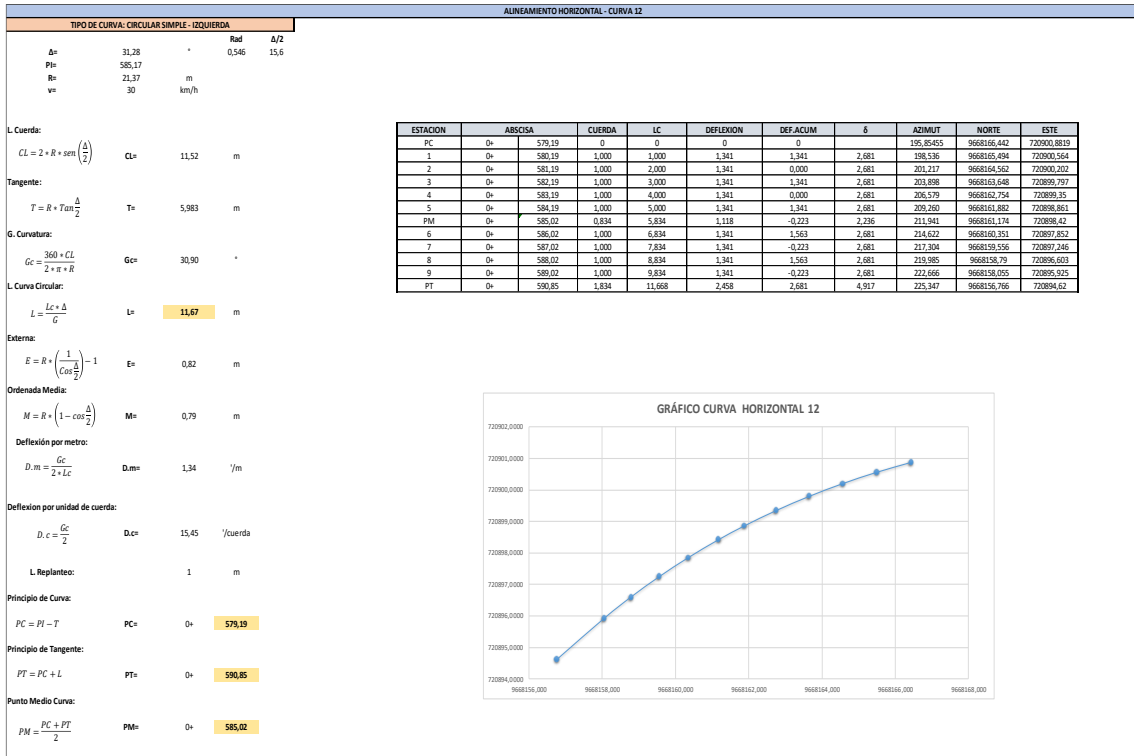


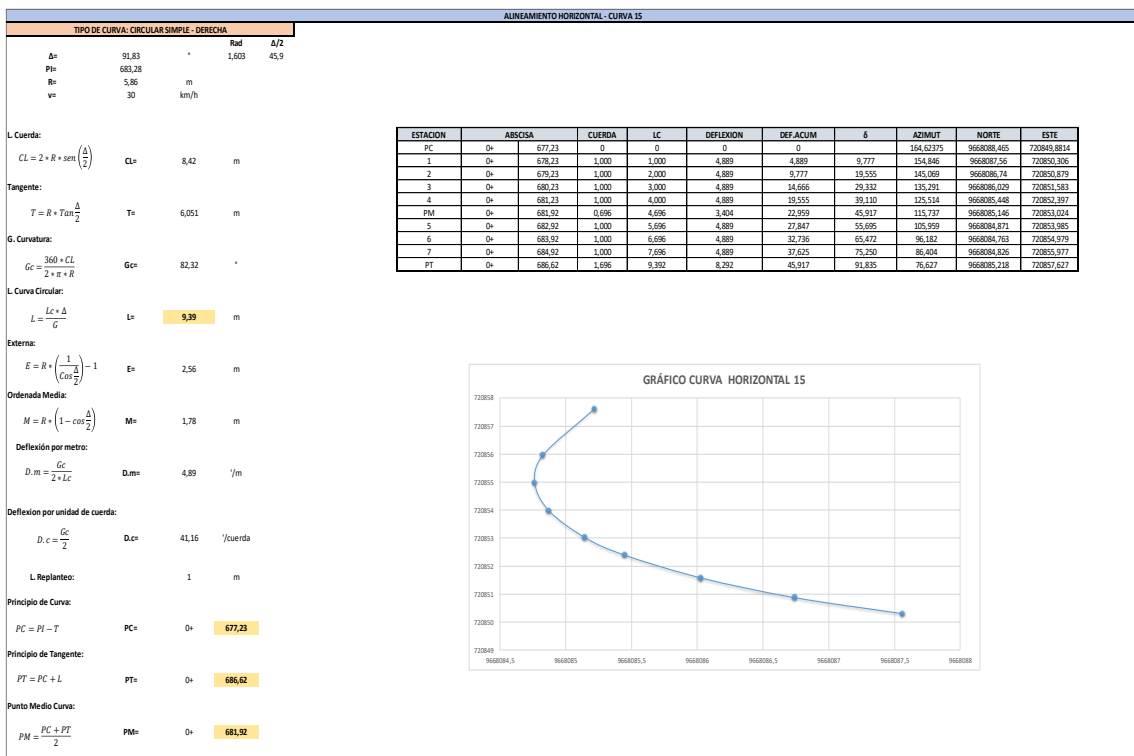
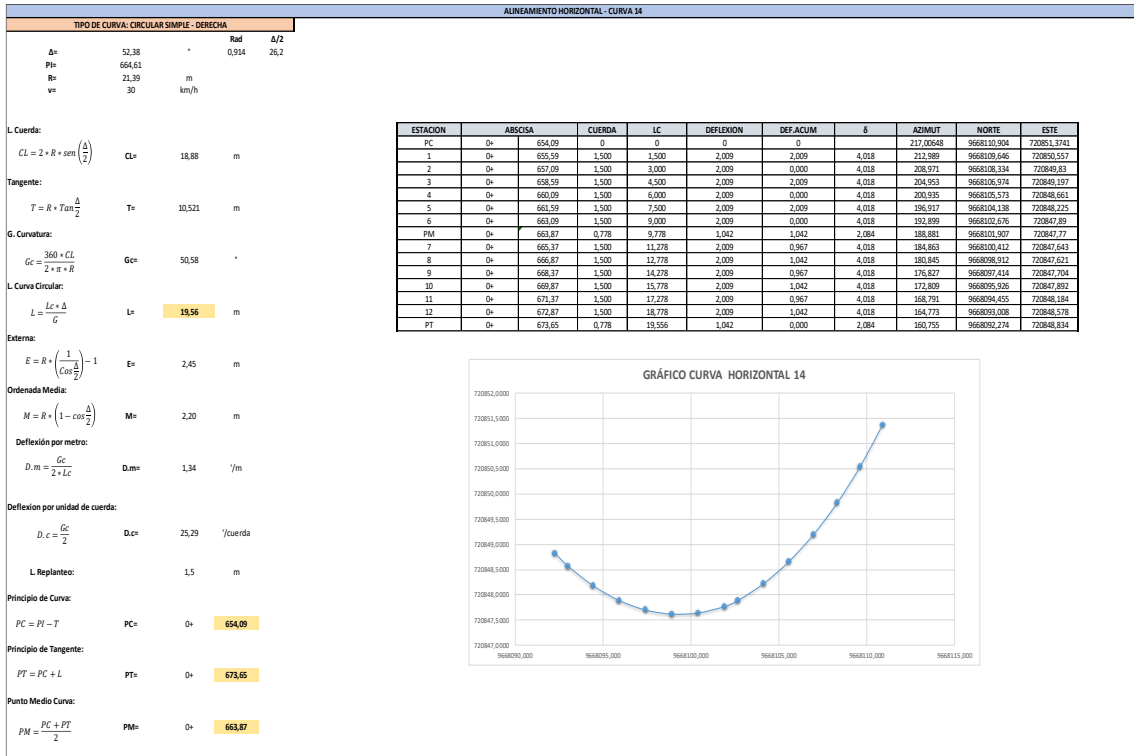


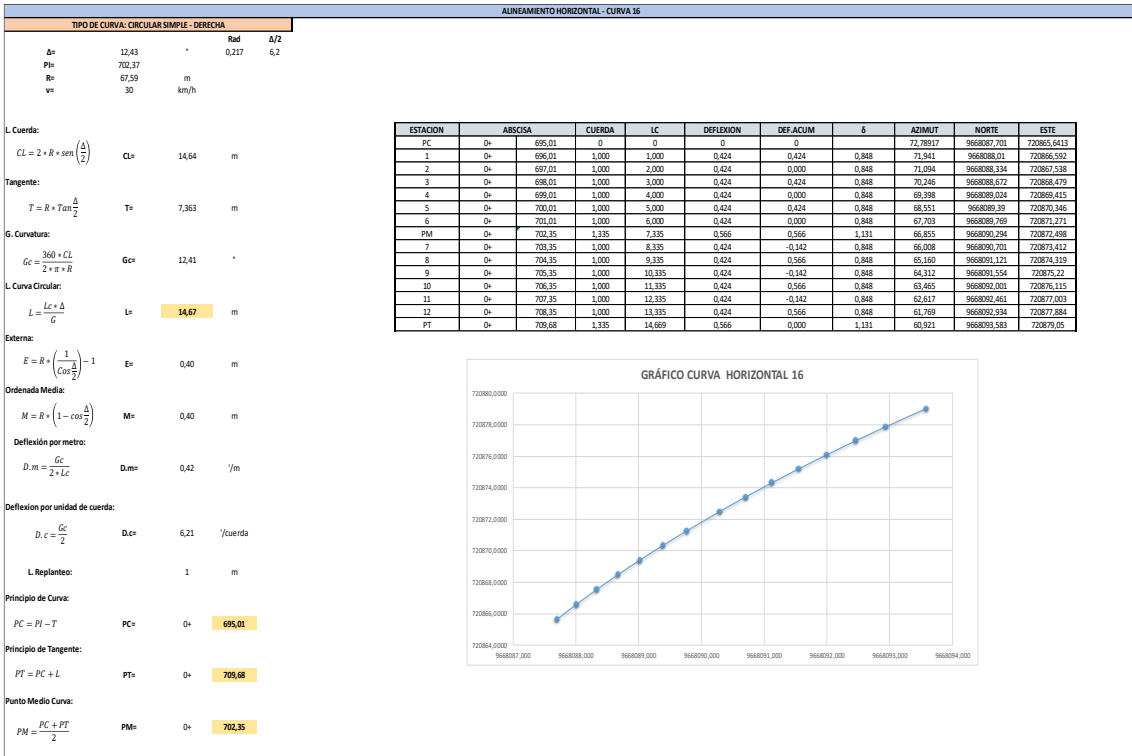




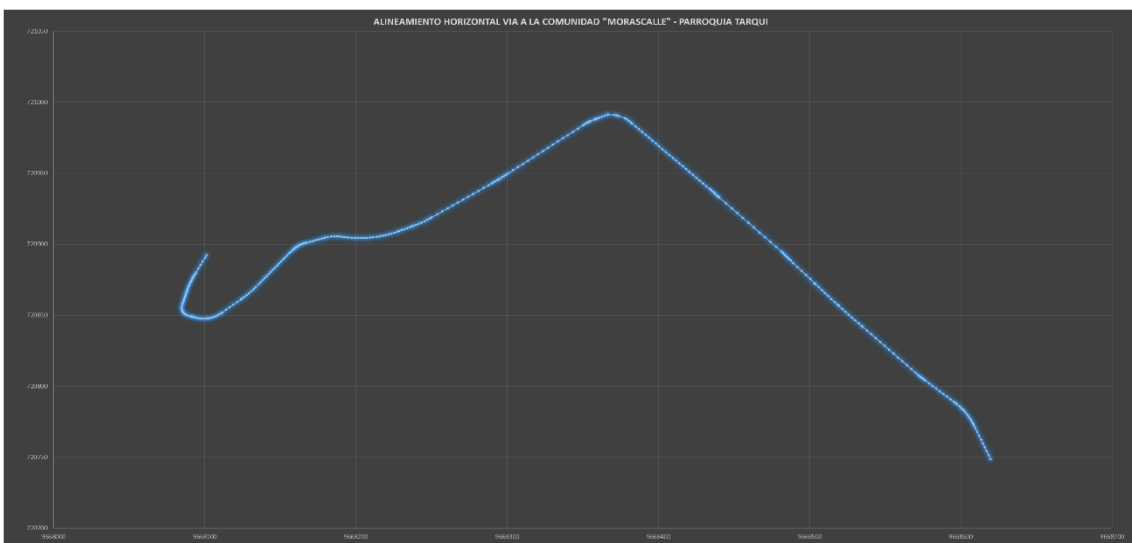








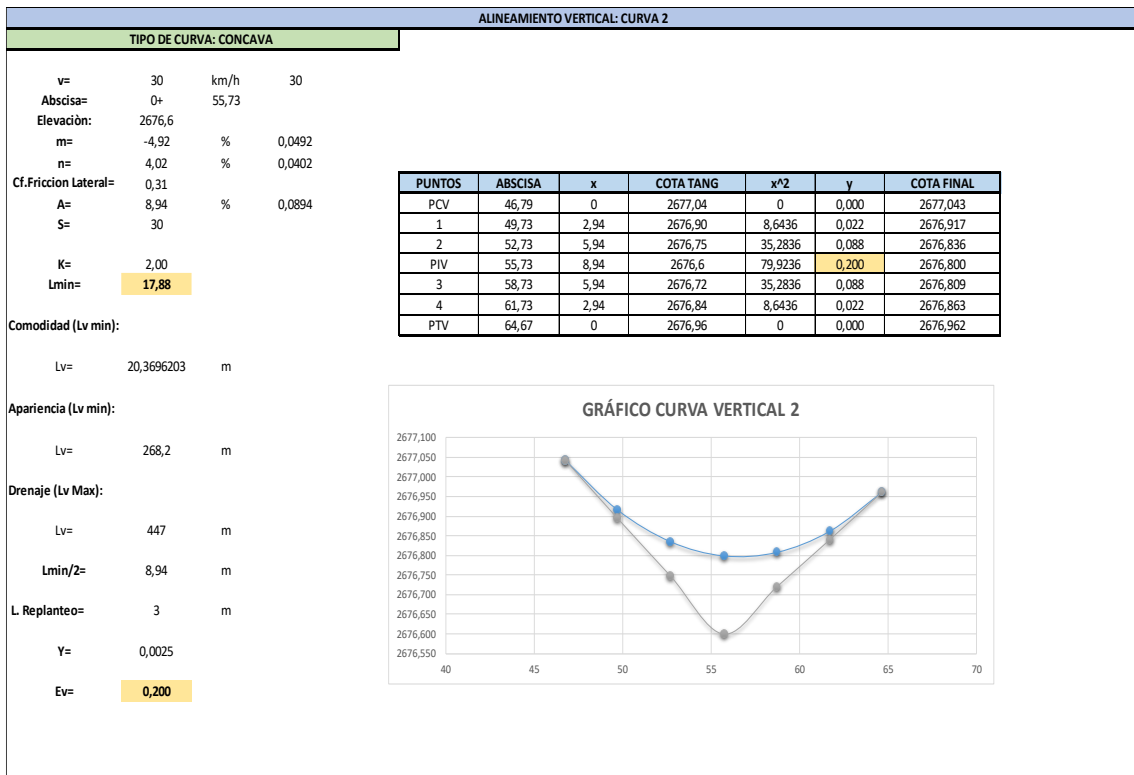
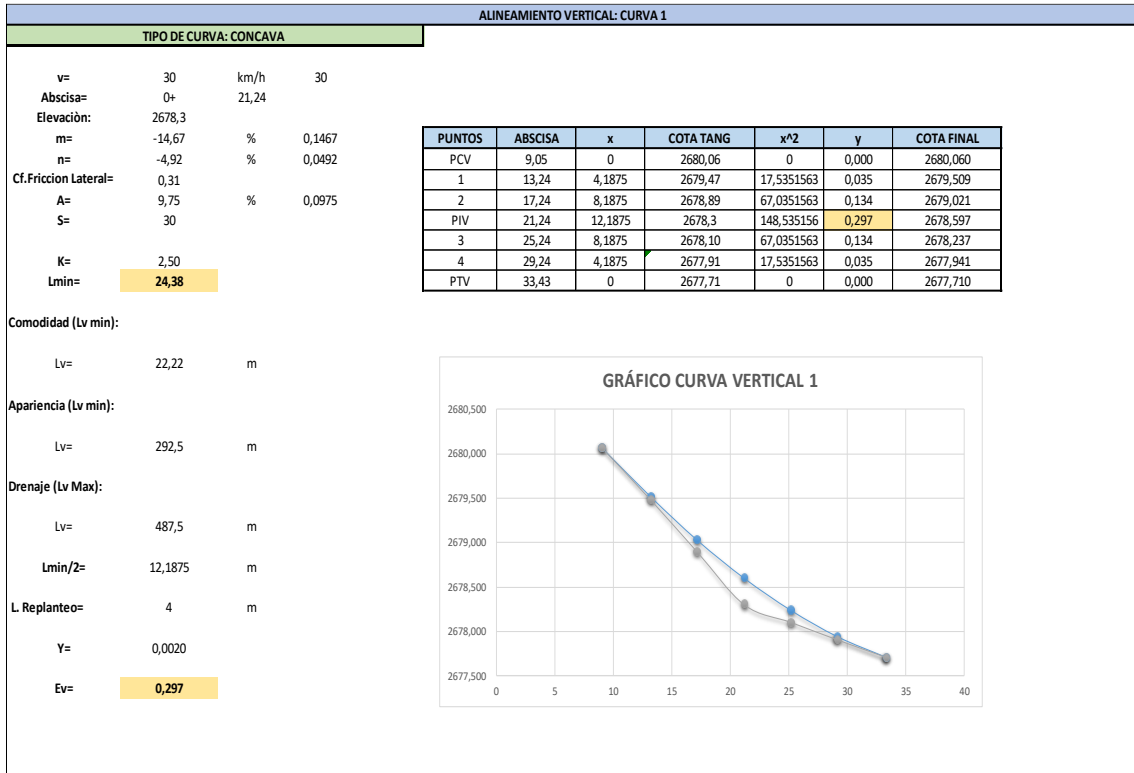
ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES												
N° CURVA	DELTA Δ °	RADIO (m)	T (m)	LONG.CURVA (m)	CL	E	M	PC	PM	PT	PI NORTE	PI ESTE
1	26,60	40,79	9,64	18,94	18,77	1,12	1,09	0+027,23	0+036,7	0+046,17	9668653,14	720733,267
2	4,20	200,00	3,82	7,63	7,63	0,07	0,07	0+072,06	0+075,88	0+079,69	9668677,69	720702,51
3	2,42	1035,06	21,84	43,67	43,66	0,23	0,23	0+128,07	0+149,91	0+171,74	9668727,99	720648,19
4	2,42	200,00	4,22	8,44	43,66	0,07	0,04	0+194,32	0+198,54	0+202,75	9668762,51	720613,93
5	0,84	511,38	3,73	7,46	7,46	0,01	0,01	0+258,9	0+262,63	0+266,36	9668806,06	720566,9
6	62,13	13,43	8,09	14,56	13,86	2,25	1,93	0+339,73	0+347,82	0+354,29	9668863,02	720503,56
7	14,20	35,74	4,45	8,86	8,84	0,28	0,27	0+360,52	0+364,97	0+369,38	9668886,55	720485,94
8	3,27	244,80	6,99	13,97	13,97	0,10	0,10	0+432,54	0+439,53	0+446,51	9668814,44	720424,36
9	9,94	72,57	6,31	12,59	12,57	0,27	0,27	0+491,65	0+497,96	0+504,24	9668784,26	720374,32
10	27,03	70,01	16,83	33,03	32,73	1,99	1,94	0+515,07	0+531,9	0+548,1	9668772	720342,64
11	21,73	22,84	4,38	8,66	8,61	0,42	0,41	0+554,71	0+559,1	0+563,38	9668774,85	720314,96
12	31,28	21,37	5,983	11,67	11,52	0,82	0,79	0+576,4	0+582,38	0+588,07	9668768,46	720292,46
13	10,13	71,17	6,31	12,58	12,57	0,28	0,28	0+621,65	0+627,96	0+634,24	9668734,83	720261,25
14	52,38	21,39	10,52	19,56	18,88	2,45	2,20	0+650,97	0+661,49	0+670,52	9668714,63	720234,45
15	91,83	5,86	6,05	9,39	8,42	2,56	1,78	0+672,62	0+678,67	0+682,01	9668719,58	720216,45
16	12,43	67,59	7,36	9,39	14,64	0,40	0,40	0+687,69	0+695,06	0+702,36	9668737,82	720222,1

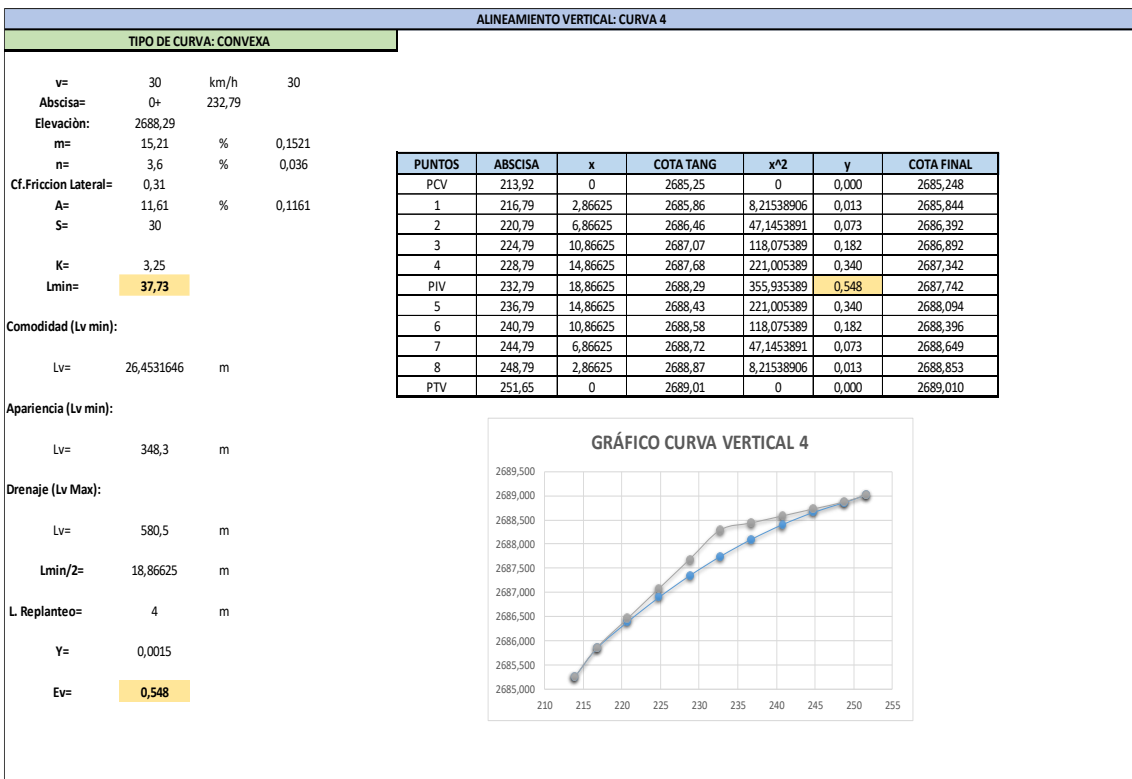
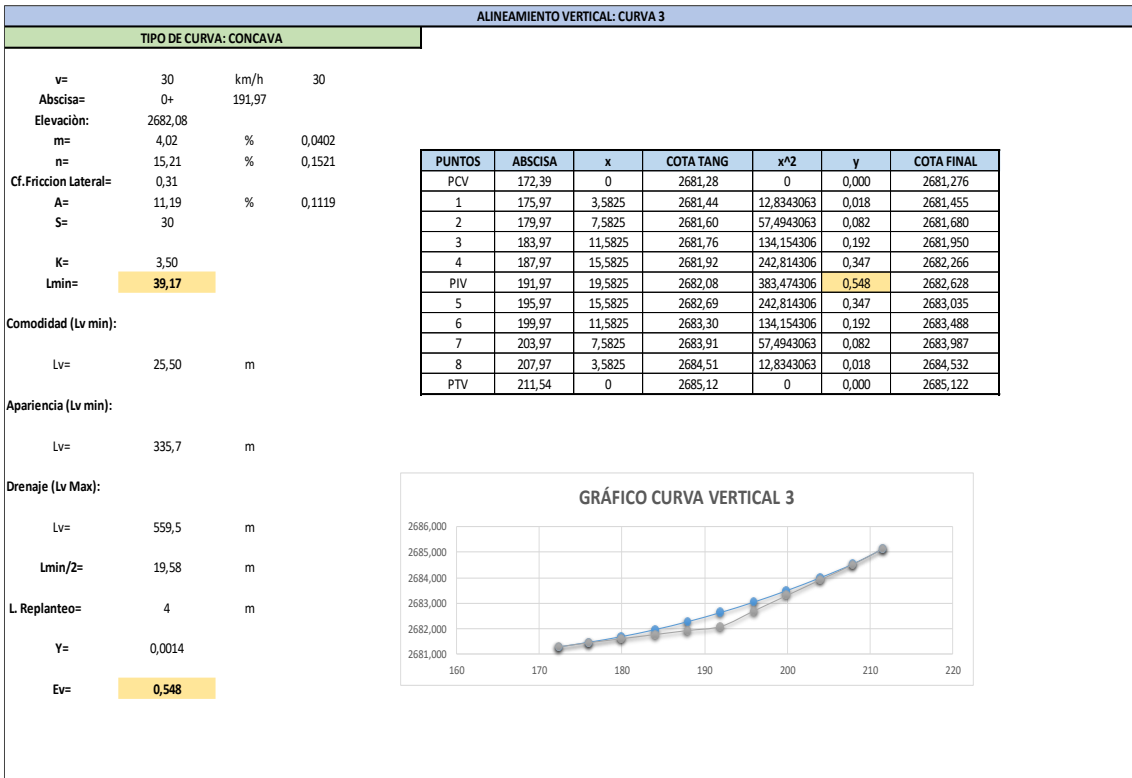


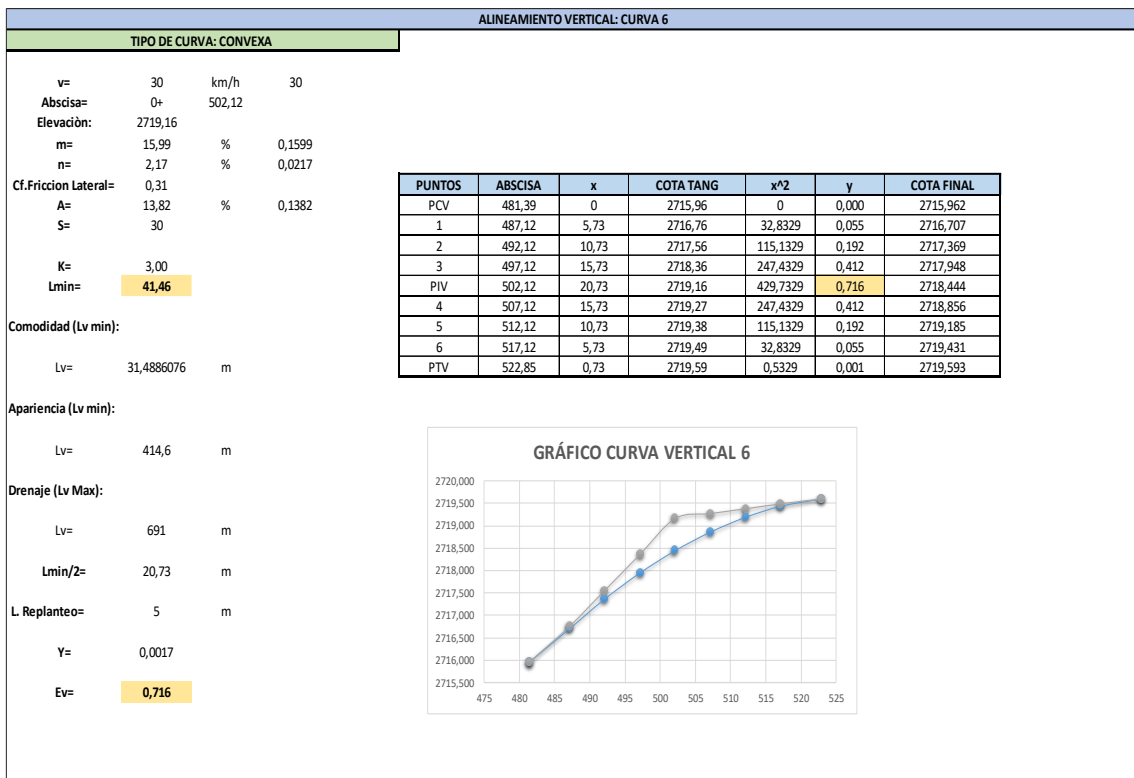
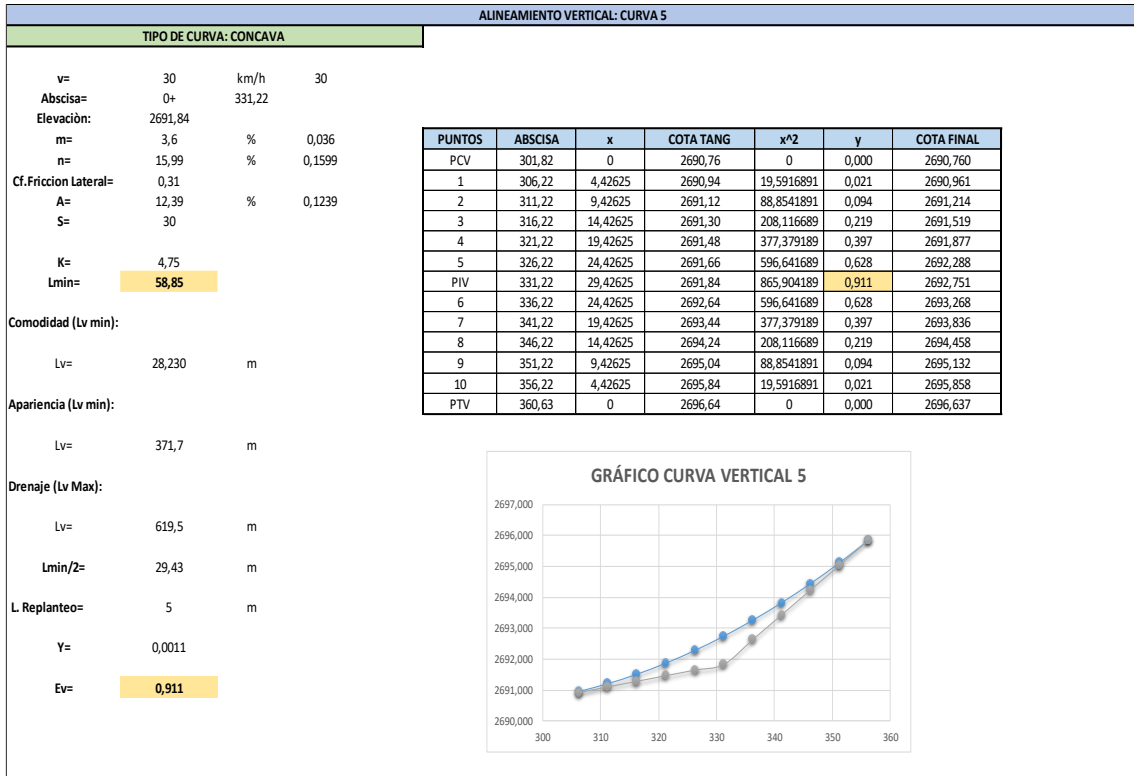
Anexo C 5. Cálculo de Sobreanchos

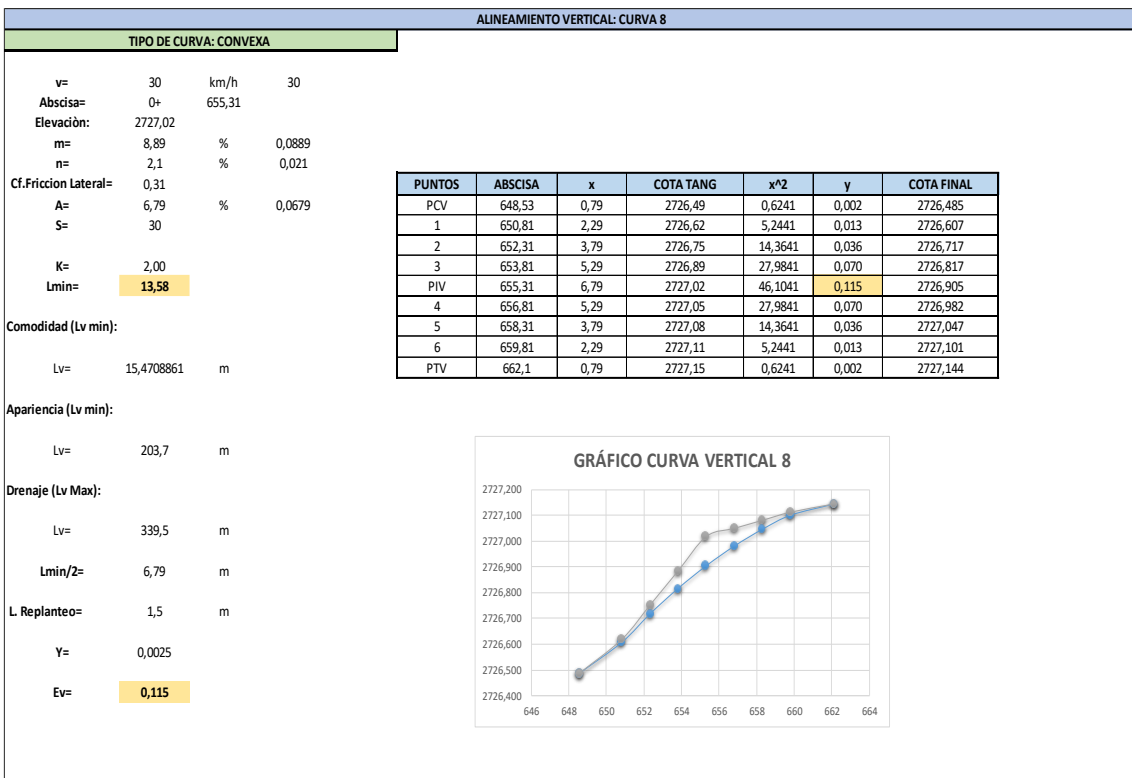
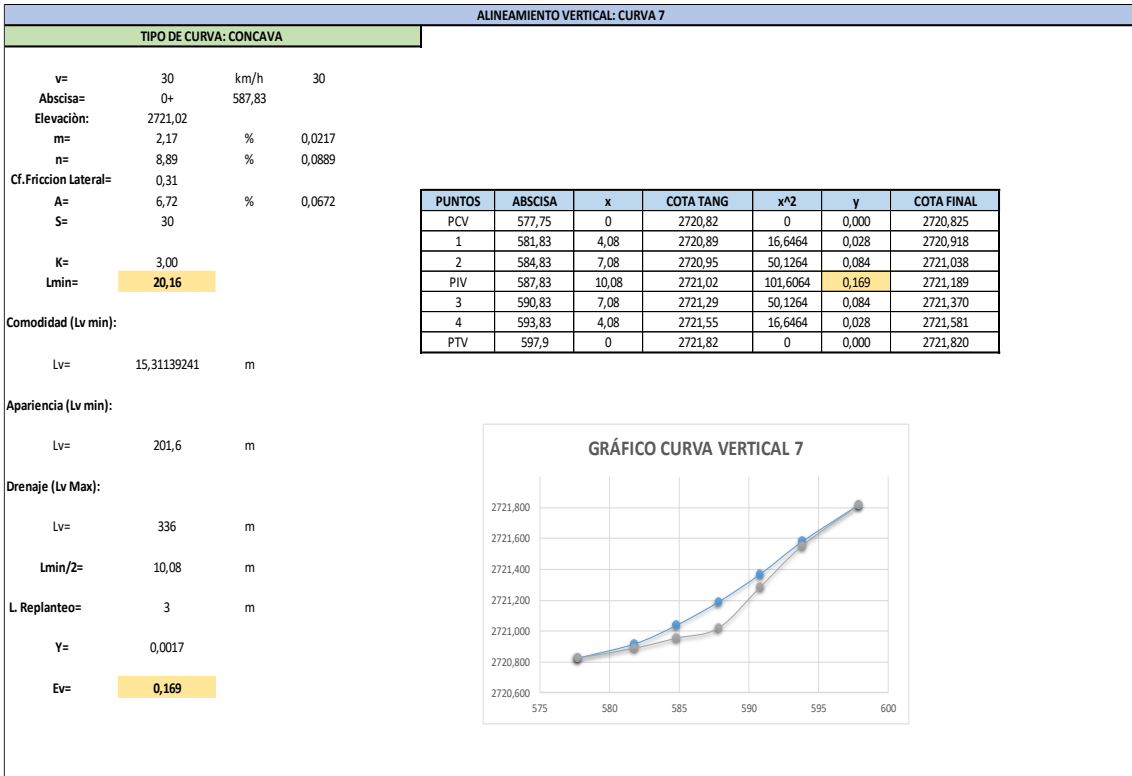
DISEÑO DE SOBREANCHOS - ALINEAMIENTO HORIZONTAL																																									
																																									
Dimensiones para el cálculo de sobre ancho de vehículos tipo rígido																																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>CATEGORIA</th> <th>a (m)</th> <th>b (m)</th> <th>d (m)</th> <th>e (m)</th> <th>L (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vehículo liviano</td> <td>2.90</td> <td>0.80</td> <td>1.30</td> <td>1.80</td> <td>3.70</td> </tr> <tr> <td>Bus mediano</td> <td>6.49</td> <td>0.76</td> <td>3.66</td> <td>2.44</td> <td>7.25</td> </tr> <tr> <td>Bus grande</td> <td>7.00</td> <td>2.70</td> <td>3.30</td> <td>2.60</td> <td>9.70</td> </tr> <tr> <td>2 Camión de dos ejes</td> <td>6.80</td> <td>1.40</td> <td>3.20</td> <td>2.60</td> <td>8.00</td> </tr> <tr> <td>3 Camión de tres ejes o doblotroque</td> <td>6.55</td> <td>1.25</td> <td>3.20</td> <td>2.50</td> <td>7.80</td> </tr> </tbody> </table>						CATEGORIA	a (m)	b (m)	d (m)	e (m)	L (m)	Vehículo liviano	2.90	0.80	1.30	1.80	3.70	Bus mediano	6.49	0.76	3.66	2.44	7.25	Bus grande	7.00	2.70	3.30	2.60	9.70	2 Camión de dos ejes	6.80	1.40	3.20	2.60	8.00	3 Camión de tres ejes o doblotroque	6.55	1.25	3.20	2.50	7.80
CATEGORIA	a (m)	b (m)	d (m)	e (m)	L (m)																																				
Vehículo liviano	2.90	0.80	1.30	1.80	3.70																																				
Bus mediano	6.49	0.76	3.66	2.44	7.25																																				
Bus grande	7.00	2.70	3.30	2.60	9.70																																				
2 Camión de dos ejes	6.80	1.40	3.20	2.60	8.00																																				
3 Camión de tres ejes o doblotroque	6.55	1.25	3.20	2.50	7.80																																				
<small>Manual de Diseño Geométrico, BOGOTA 2008</small>																																									
CURVA 1																																									
Rádío de curva:	40,79	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	1,98	m																																							
CURVA 2																																									
Rádío de curva:	104,06	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	0,88	m																																							
CURVA 3																																									
Rádío de curva:	1035,06	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	0,15	m																																							
CURVA 4																																									
Rádío de curva:	200	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	0,52	m																																							
CURVA 5																																									
Rádío de curva:	511,38	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	0,25	m																																							
CURVA 6																																									
Rádío de curva:	13,43	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	5,81	m																																							
CURVA 7																																									
Rádío de curva:	35,74	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	2,22	m																																							
CURVA 8																																									
Rádío de curva:	244,8	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	0,44	m																																							
CURVA 9																																									
Rádío de curva:	72,57	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	1,19	m																																							
CURVA 10																																									
Rádío de curva:	70,01	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	1,23	m																																							
CURVA 11																																									
Rádío de curva:	22,84	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	3,37	m																																							
CURVA 12																																									
Rádío de curva:	21,37	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	3,60	m																																							
CURVA 13																																									
Rádío de curva:	71,17	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	1,21	m																																							
CURVA 14																																									
Rádío de curva:	21,39	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	3,59	m																																							
CURVA 15																																									
Rádío de curva:	5,86	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	SIN VALOR	m																																							
CURVA 16																																									
Rádío de curva:	67,59	m																																							
Velocidad:	30	km/h																																							
Peralte Recomendado	4	%																																							
Ancho del carril:	3	m																																							
L. Camión 2 ejes:	7,8	m																																							
Tipo de Vehículo:	camion 2 ejes																																								
Sobreancho necesario:																																									
$S = 2 * (Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2}) + \frac{0,1Vch}{\sqrt{Rc}}$																																									
S:	1,27	m																																							

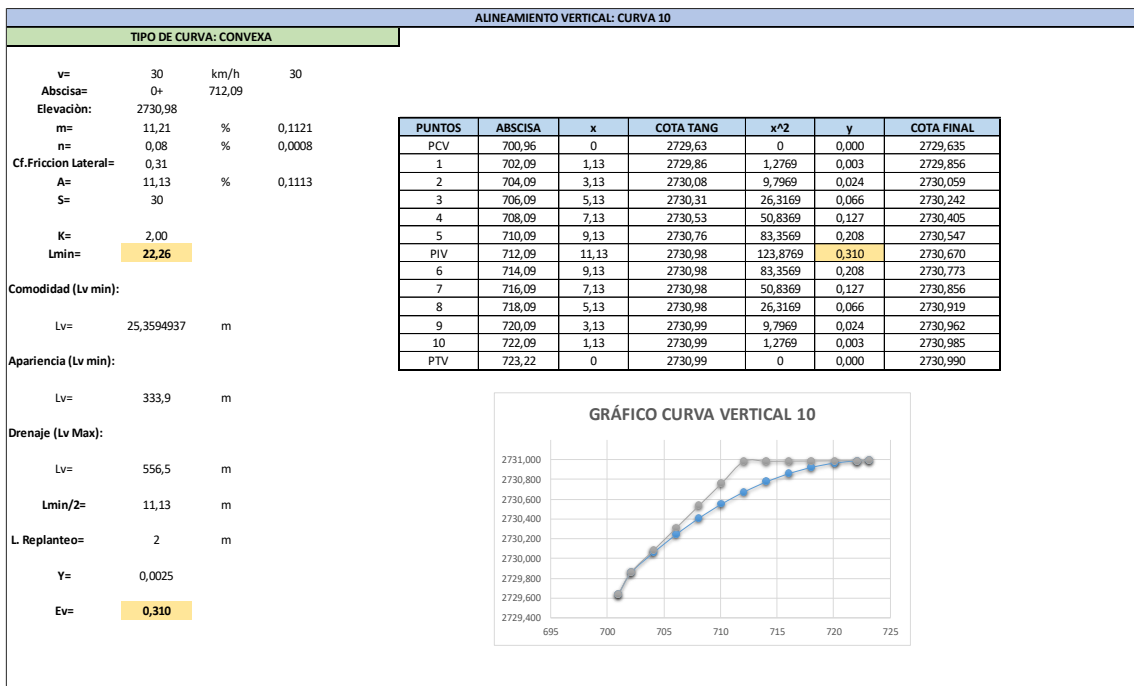
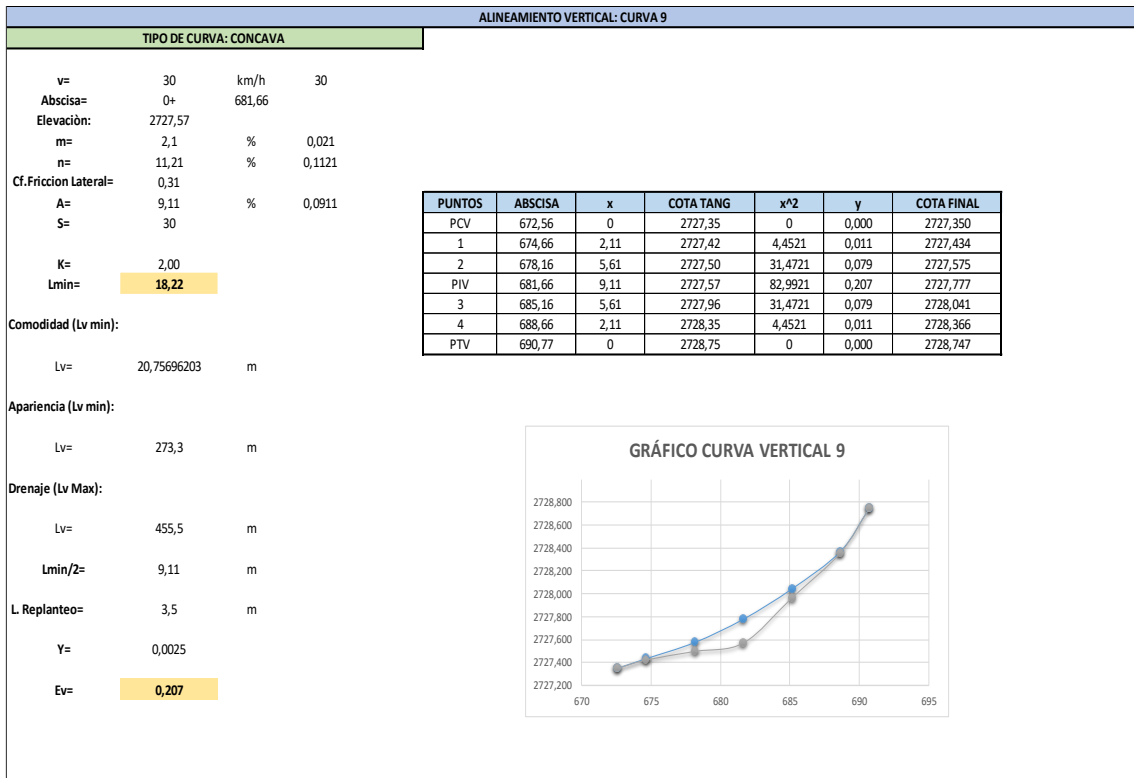
Anexo C 6. Alineamiento Vertical









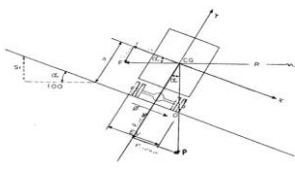


ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES											
N° CURVA	ELEVACIÓN	PENDIENTE m	PENDIENTE n	A	TPO DE CURVA	K	LCURVA	R. CURVA	PCV "0+"	PIV "0+"	PTV "0+"
1	2678,3	-14,67	-4,92	9,75	Cóncava	2,5	24,38	250	9,05	21,24	33,43
2	2676,6	-4,92	4,02	8,94	Cóncava	2	17,88	200	46,79	55,73	64,67
3	2682,08	4,02	15,21	11,19	Cóncava	3,5	39,17	350	172,39	191,97	211,54
4	2688,29	15,21	3,6	11,61	Convexa	3,25	37,73	325	213,92	232,79	251,65
5	2691,84	3,6	15,99	12,39	Cóncava	4,75	58,85	475	301,82	331,22	360,63
6	2719,16	15,99	2,17	13,82	Convexa	3	41,46	300	481,39	502,12	522,85
7	2721,02	2,17	8,89	6,72	Cóncava	3	20,16	300	577,75	587,83	597,9
8	2727,02	8,89	2,1	6,79	Convexa	2	13,58	200	648,53	655,31	662,1
9	2727,57	2,1	11,21	9,11	Cóncava	2	18,22	200	672,56	681,66	690,77
10	2730,98	11,21	0,08	11,13	Convexa	2	22,26	200	700,96	712,09	723,22

Fuente: Autor

Anexo C 7. Diseño Transversal – Peraltes

DISEÑO DE PERALTE - ALINEAMIENTO HORIZONTAL

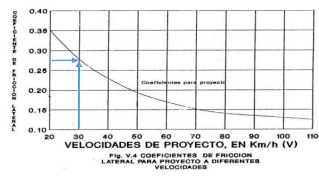


Fuerza centrífuga para distintos tipos de vehículos

Diseñamos con nuestro Radio mas crítico: **5,86** m

Vehículos Livianos	Camión 2 ejes medianos	Camión 2 ejes grandes
Peso: 2700 kg	Peso: 5000 kg	Peso: 10000 kg
v: 30 km/h	v: 30 km/h	v: 30 km/h
g: 9,81 m/s ²	g: 9,81 m/s ²	g: 9,81 m/s ²
R: 5,86 m	R: 5,86 m	R: 5,86 m
$F = \frac{P \cdot V^2}{g \cdot R^2}$	$F = \frac{P \cdot V^2}{g \cdot R^2}$	$F = \frac{P \cdot V^2}{g \cdot R^2}$
F: 7213,43 N	F: 13358,21 N	F: 26716,42 N

Coefficiente de Fricción Lateral:



Coef. Fricción: 0,28

CURVA 1	CURVA 2	CURVA 3
Rádío de curva: 40,79 m	Rádío de curva: 104,06 m	Rádío de curva: 1035,06 m
Velocidad: 30 km/h	Velocidad: 30 km/h	Velocidad: 30 km/h
Máx. Peralte Recom: 4 %	Máx. Peralte Recom: 4 %	Máx. Peralte Recom: 4 %
Ancho del carril: 3 m	Ancho del carril: 3 m	Ancho del carril: 3 m
Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$	Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$	Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$
e: -0,11 %	e: -0,21 %	e: -0,27 %

CURVA 4	CURVA 5	CURVA 6
Rádío de curva: 200 m	Rádío de curva: 511,38 m	Rádío de curva: 13,43 m
Velocidad: 30 km/h	Velocidad: 30 km/h	Velocidad: 30 km/h
Máx. Peralte Recom: 4 %	Máx. Peralte Recom: 4 %	Máx. Peralte Recom: 4 %
Ancho del carril: 3 m	Ancho del carril: 3 m	Ancho del carril: 3 m
Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$	Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$	Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$
e: -0,24 %	e: -0,27 %	e: 0,25 %

CURVA 7	CURVA 8	CURVA 9
Rádío de curva: 35,74 m	Rádío de curva: 244,8 m	Rádío de curva: 72,57 m
Velocidad: 30 km/h	Velocidad: 30 km/h	Velocidad: 30 km/h
Máx. Peralte Recom: 4 %	Máx. Peralte Recom: 4 %	Máx. Peralte Recom: 4 %
Ancho del carril: 3 m	Ancho del carril: 3 m	Ancho del carril: 3 m
Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$	Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$	Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$
e: -0,08 %	e: -0,25 %	e: -0,18 %

CURVA 10	CURVA 11	CURVA 12
Rádío de curva: 70,01 m	Rádío de curva: 22,84 m	Rádío de curva: 21,37 m
Velocidad: 30 km/h	Velocidad: 30 km/h	Velocidad: 30 km/h
Máx. Peralte Recom: 4 %	Máx. Peralte Recom: 4 %	Máx. Peralte Recom: 4 %
Ancho del carril: 3 m	Ancho del carril: 3 m	Ancho del carril: 3 m
Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$	Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$	Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$
e: -0,18 %	e: 0,03 %	e: 0,05 %

CURVA 13	CURVA 14	CURVA 15
Rádío de curva: 71,17 m	Rádío de curva: 21,39 m	Rádío de curva: 5,86 m
Velocidad: 30 km/h	Velocidad: 30 km/h	Velocidad: 30 km/h
Máx. Peralte Recom: 4 %	Máx. Peralte Recom: 4 %	Máx. Peralte Recom: 4 %
Ancho del carril: 3 m	Ancho del carril: 3 m	Ancho del carril: 3 m
Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$	Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$	Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$
e: -0,18 %	e: 0,05 %	e: 0,93 %

CURVA 16
Rádío de curva: 67,59 m
Velocidad: 30 km/h
Máx. Peralte Recom: 4 %
Ancho del carril: 3 m
Peralte: $e = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f$
e: -0,18 %

Fuente: Autor

Anexo C 8. Obras de Drenaje Vial

DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE - CUNETAS			
Est. Pluviométrica:		Tarqui DJ Cumbe	
Precipitaciones máxima en 24 Horas			
Año	Precipitación		
1997	30	mm	
1998	43,5	mm	
1999	29,5	mm	
2000	24,5	mm	
2001	30	mm	
2002	26	mm	
2003	22,5	mm	
2004	25,5	mm	
2005	30,5	mm	
2006	31	mm	
2007	31,5	mm	
2008	27	mm	
2009	32	mm	
2010	33,5	mm	
2011	43	mm	
2012	20	mm	
2013	30	mm	
2014	22	mm	
P. MÁXIMA:		43,5	mm
i=		38,43	mm/h

Cálculo de Curvas Idf método simplificado			
Manual de drenaje para Carreteras INVIAS			
$i = \frac{a + T^b + M^d}{\left(\frac{T}{60}\right)^c}$			
Valores de coeficientes a,b,c y d para la región Sierra			
REGION SIERRA - ANDINA			
a	b	c	d
0,94	0,18	0,66	0,83

CURVAS IDF				
Tiempo (min)	PERIODO DE RETORNO			
	5	10	20	25
10	93,86	106,33	120,46	125,40
15	71,82	81,36	92,18	95,95
20	59,40	67,29	76,24	79,36
25	51,27	58,08	65,80	68,49
30	45,45	51,49	58,34	60,73
35	41,06	46,51	52,69	54,85
40	37,59	42,59	48,25	50,23
45	34,78	39,40	44,64	46,47
50	32,45	36,76	41,64	43,35
55	30,47	34,52	39,10	40,70
60	28,77	32,59	36,92	38,43

DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE - CUNETAS	Coeficientes de Escorrentia																																																																																																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Coeficientes de Escorrentia para diferentes áreas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Calles Asfaltadas</td> <td style="text-align: center;">0,8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Suelos Arcillosos escarpados</td> <td style="text-align: center;">0,3</td> </tr> </tbody> </table>	Coeficientes de Escorrentia para diferentes áreas		Calles Asfaltadas	0,8	Suelos Arcillosos escarpados	0,3	<p style="text-align: center;">Tabla B-2. Coeficientes de escorrentía, según Benitez et al. (1980), citado por Lemus & Navarro (2003).</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">TIPO DEL ÁREA DRENADA</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">MÍNIMO</th> <th style="text-align: center;">MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="3">ZONAS COMERCIALES:</td></tr> <tr><td>Zona comercial</td><td style="text-align: center;">0,70</td><td style="text-align: center;">0,95</td></tr> <tr><td>Vecindarios</td><td style="text-align: center;">0,50</td><td style="text-align: center;">0,70</td></tr> <tr><td colspan="3">ZONAS RESIDENCIALES:</td></tr> <tr><td>Unifamiliares</td><td style="text-align: center;">0,30</td><td style="text-align: center;">0,30</td></tr> <tr><td>Multifamiliares, espaciadas</td><td style="text-align: center;">0,40</td><td style="text-align: center;">0,60</td></tr> <tr><td>Multifamiliares, compactas</td><td style="text-align: center;">0,60</td><td style="text-align: center;">0,75</td></tr> <tr><td>Semiurbanas</td><td style="text-align: center;">0,25</td><td style="text-align: center;">0,40</td></tr> <tr><td>Casos habitación</td><td style="text-align: center;">0,50</td><td style="text-align: center;">0,70</td></tr> <tr><td colspan="3">ZONAS INDUSTRIALES:</td></tr> <tr><td>Espaciado</td><td style="text-align: center;">0,50</td><td style="text-align: center;">0,80</td></tr> <tr><td>Compacto</td><td style="text-align: center;">0,60</td><td style="text-align: center;">0,90</td></tr> <tr><td>CEMENTERIOS, PARQUES</td><td style="text-align: center;">0,10</td><td style="text-align: center;">0,25</td></tr> <tr><td>CAMPOS DE JUEGO</td><td style="text-align: center;">0,20</td><td style="text-align: center;">0,35</td></tr> <tr><td>PATIOS DE FERROCARRIL</td><td style="text-align: center;">0,20</td><td style="text-align: center;">0,40</td></tr> <tr><td>ZONAS SUBURBANAS</td><td style="text-align: center;">0,10</td><td style="text-align: center;">0,30</td></tr> <tr><td colspan="3">CALLES</td></tr> <tr><td>Asfaltadas</td><td style="text-align: center;">0,70</td><td style="text-align: center;">0,88</td></tr> <tr><td>De concreto hidráulico</td><td style="text-align: center;">0,70</td><td style="text-align: center;">0,95</td></tr> <tr><td>Arroyos/riachos</td><td style="text-align: center;">0,70</td><td style="text-align: center;">0,85</td></tr> <tr><td>ESTACIONAMIENTOS</td><td style="text-align: center;">0,75</td><td style="text-align: center;">0,85</td></tr> <tr><td>TECHADOS</td><td style="text-align: center;">0,75</td><td style="text-align: center;">0,95</td></tr> <tr><td colspan="3">PRADERAS:</td></tr> <tr><td>Suelos arenosos planos (pendientes 0,02 o menos)</td><td style="text-align: center;">0,05</td><td style="text-align: center;">0,10</td></tr> <tr><td>Suelos arenosos con pendientes medias (0,02-0,07)</td><td style="text-align: center;">0,10</td><td style="text-align: center;">0,15</td></tr> <tr><td>Suelos arenosos escarpados (0,07 o mas)</td><td style="text-align: center;">0,15</td><td style="text-align: center;">0,20</td></tr> <tr><td>Suelos arcillosos planos (0,02 o menos)</td><td style="text-align: center;">0,13</td><td style="text-align: center;">0,17</td></tr> <tr><td>Suelos arcillosos con pendientes medias (0,02-0,07)</td><td style="text-align: center;">0,18</td><td style="text-align: center;">0,22</td></tr> <tr><td>Suelos arcillosos escarpados (0,07 o mas)</td><td style="text-align: center;">0,25</td><td style="text-align: center;">0,38</td></tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">Pag. 210 Fundamentos de hidrología de superficie, F. J. Aparicio Mijares</p>	TIPO DEL ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)		MÍNIMO	MÁXIMO	ZONAS COMERCIALES:			Zona comercial	0,70	0,95	Vecindarios	0,50	0,70	ZONAS RESIDENCIALES:			Unifamiliares	0,30	0,30	Multifamiliares, espaciadas	0,40	0,60	Multifamiliares, compactas	0,60	0,75	Semiurbanas	0,25	0,40	Casos habitación	0,50	0,70	ZONAS INDUSTRIALES:			Espaciado	0,50	0,80	Compacto	0,60	0,90	CEMENTERIOS, PARQUES	0,10	0,25	CAMPOS DE JUEGO	0,20	0,35	PATIOS DE FERROCARRIL	0,20	0,40	ZONAS SUBURBANAS	0,10	0,30	CALLES			Asfaltadas	0,70	0,88	De concreto hidráulico	0,70	0,95	Arroyos/riachos	0,70	0,85	ESTACIONAMIENTOS	0,75	0,85	TECHADOS	0,75	0,95	PRADERAS:			Suelos arenosos planos (pendientes 0,02 o menos)	0,05	0,10	Suelos arenosos con pendientes medias (0,02-0,07)	0,10	0,15	Suelos arenosos escarpados (0,07 o mas)	0,15	0,20	Suelos arcillosos planos (0,02 o menos)	0,13	0,17	Suelos arcillosos con pendientes medias (0,02-0,07)	0,18	0,22	Suelos arcillosos escarpados (0,07 o mas)	0,25	0,38
Coeficientes de Escorrentia para diferentes áreas																																																																																																			
Calles Asfaltadas	0,8																																																																																																		
Suelos Arcillosos escarpados	0,3																																																																																																		
TIPO DEL ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)																																																																																																		
	MÍNIMO	MÁXIMO																																																																																																	
ZONAS COMERCIALES:																																																																																																			
Zona comercial	0,70	0,95																																																																																																	
Vecindarios	0,50	0,70																																																																																																	
ZONAS RESIDENCIALES:																																																																																																			
Unifamiliares	0,30	0,30																																																																																																	
Multifamiliares, espaciadas	0,40	0,60																																																																																																	
Multifamiliares, compactas	0,60	0,75																																																																																																	
Semiurbanas	0,25	0,40																																																																																																	
Casos habitación	0,50	0,70																																																																																																	
ZONAS INDUSTRIALES:																																																																																																			
Espaciado	0,50	0,80																																																																																																	
Compacto	0,60	0,90																																																																																																	
CEMENTERIOS, PARQUES	0,10	0,25																																																																																																	
CAMPOS DE JUEGO	0,20	0,35																																																																																																	
PATIOS DE FERROCARRIL	0,20	0,40																																																																																																	
ZONAS SUBURBANAS	0,10	0,30																																																																																																	
CALLES																																																																																																			
Asfaltadas	0,70	0,88																																																																																																	
De concreto hidráulico	0,70	0,95																																																																																																	
Arroyos/riachos	0,70	0,85																																																																																																	
ESTACIONAMIENTOS	0,75	0,85																																																																																																	
TECHADOS	0,75	0,95																																																																																																	
PRADERAS:																																																																																																			
Suelos arenosos planos (pendientes 0,02 o menos)	0,05	0,10																																																																																																	
Suelos arenosos con pendientes medias (0,02-0,07)	0,10	0,15																																																																																																	
Suelos arenosos escarpados (0,07 o mas)	0,15	0,20																																																																																																	
Suelos arcillosos planos (0,02 o menos)	0,13	0,17																																																																																																	
Suelos arcillosos con pendientes medias (0,02-0,07)	0,18	0,22																																																																																																	
Suelos arcillosos escarpados (0,07 o mas)	0,25	0,38																																																																																																	

COEFICIENTES DE ESCORRENTIA PARA LOS DISTINTOS TRAMOS						
Tramo	Carril Derecho			Carril Izquierdo		
	Σ A. Carril D	Σ C*A. Carril D.	C. Ponderado	Σ A. Carril Iz	Σ C*A. Carril Iz	C.ponderado
1	161	83	0,51	92	62	0,68
2	114	79	0,69	630	234	0,37
3	900	540	0,60	2340	972	0,42
4	340	256	0,75	3399	1174	0,35
5	2366	983	0,42	1638	764	0,47
6	1764	624	0,35	221	161	0,73
7	1566	600	0,38	305	222	0,73
8	213	142	0,67	182	133	0,73

Fuente: Autor

TRAMO 1					
CUNETA IZQUIERDA			CUNETA DERECHA		
Abscisa:	0+	0	Abscisa:	0+	0
	0+	23		0+	23
Longitud:	23	m	Longitud:	23	m
Ancho de Carril:	3	m	Ancho de Carril:	3	m
A. aportación 2:	23	m2	A. aportación:	92	m2
Coef. Ecorrentia:	0,68		Coef. Escorrentia:	0,51	
n maning:	0,013		n maning:	0,013	
A. Aporte Total:	92	m2	Área de aporte:	161	m2
Área de aporte:	0,00092	Km2	Área de aporte:	0,000161	km2
MÉTODO RACIONAL			MÉTODO RACIONAL		
$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$			$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$		
Q=	0,00066	m3/s	Q=	0,00088	m3/s
Ecuación de Manning			Ecuación de Manning		
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$		
Cálculo de las dimensiones de la Cuneta			Cálculo de las dimensiones de la Cuneta		
Za:	1		Za:	1	
Zb:	1		Zb:	1	
h:	0,3	m	h:	0,3	m
Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$	
A:	0,09	m2	A:	0,09	m2
P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$	
P:	0,85	m	P:	0,85	m
S:	15%		S:	15%	
Qmaning:	0,594	m3/s	Qmaning:	0,594	m3/s
Velocidad:	0,007	m/s	Velocidad:	0,010	m/s
CUMPLE			CUMPLE		
DIMENSIONES FINALES:			DIMENSIONES FINALES:		
$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$			$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$		
l:	0,6	m	l:	0,6	m
h:	0,3	m	h:	0,3	m

TRAMO 2					
CUNETA IZQUIERDA			CUNETA DERECHA		
Abscisa:	0+	28	Abscisa:	0+	28
	0+	58		0+	58
Longitud:	30	m	Longitud:	30	m
Ancho de Carril:	3	m	Ancho de Carril:	3	m
A. aportación 2:	540	m2	A. aportación:	24	m2
Coef. Ecorrentia:	0,37		Coef. Escorrentia:	0,69	
n maning:	0,013		n maning:	0,013	
A. Aporte Total:	630	m2	Área de aporte:	114	m2
Área de aporte:	0,00063	Km2	Área de aporte:	0,000114	km2
MÉTODO RACIONAL			MÉTODO RACIONAL		
$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$			$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$		
Q=	0,00250	m3/s	Q=	0,00085	m3/s
Ecuación de Manning			Ecuación de Maning		
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$		
Cálculo de las dimensiones de la Cuneta			Cálculo de las dimensiones de la Cuneta		
Za:	1		Za:	1	
Zb:	1		Zb:	1	
h:	0,3	m	h:	0,3	m
Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$	
A:	0,09	m2	A:	0,09	m2
P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$	
P:	0,85	m	P:	0,85	m
S:	5%		S:	5%	
Qmaning:	0,344	m3/s	Qmaning:	0,344	m3/s
Velocidad:	0,028	m/s	Velocidad:	0,009	m/s
CUMPLE			CUMPLE		
DIMENSIONES FINALES:			DIMENSIONES FINALES:		
$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$			$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$		
l:	0,6	m	l:	0,6	m
h:	0,3	m	h:	0,3	m

TRAMO 3					
CUNETA IZQUIERDA			CUNETA DERECHA		
Abscisa:	0+	58	Abscisa:	0+	58
	0+	238		0+	238
Longitud:	180	m	Longitud:	180	m
Ancho de Carril:	3	m	Ancho de Carril:	3	m
A. aportación 2:	1800	m2	A. aportación:	360	m2
Coef. Ecorrentia:	0,42		Coef. Escorrentia:	0,60	
n maning:	0,013		n maning:	0,013	
A. Aporte Total:	2340	m2	Área de aporte:	900	m2
Área de aporte:	0,00234	Km2	Área de aporte:	0,0009	km2
MÉTODO RACIONAL			MÉTODO RACIONAL		
$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$			$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$		
Q=	0,01038	m3/s	Q=	0,00576	m3/s
Ecuación de Manning			Ecuación de Maning		
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$		
Cálculo de las dimensiones de la Cuneta			Cálculo de las dimensiones de la Cuneta		
Za:	1		Za:	1	
Zb:	1		Zb:	1	
h:	0,3	m	h:	0,3	m
Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$	
A:	0,09	m2	A:	0,09	m2
P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$	
P:	0,85	m	P:	0,85	m
S:	10%		S:	10%	
Qmaning:	0,481	m3/s	Qmaning:	0,481	m3/s
Velocidad:	0,115	m/s	Velocidad:	0,064	m/s
CUMPLE			CUMPLE		
DIMENSIONES FINALES:			DIMENSIONES FINALES:		
$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$			$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$		
l:	0,6	m	l:	0,6	m
h:	0,3	m	h:	0,3	m

TRAMO 4					
CUNETA IZQUIERDA			CUNETA DERECHA		
Abscisa:	0+	238	Abscisa:	0+	238
	0+	341		0+	341
Longitud:	103	m	Longitud:	103	m
Ancho de Carril:	3	m	Ancho de Carril:	3	m
A. aportación 2:	3090	m2	A. aportación:	30,9	m2
Coef. Ecorrentia:	0,35		Coef. Escorrentia:	0,75	
n maning:	0,013		n maning:	0,013	
A. Aporte Total:	3399	m2	Área de aporte:	339,9	m2
Área de aporte:	0,003399	Km2	Área de aporte:	0,0003399	km2
MÉTODO RACIONAL			MÉTODO RACIONAL		
$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$			$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$		
Q=	0,01254	m3/s	Q=	0,00274	m3/s
Ecuación de Manning			Ecuación de Maning		
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$		
Cálculo de las dimensiones de la Cuneta			Cálculo de las dimensiones de la Cuneta		
Za:	1		Za:	1	
Zb:	1		Zb:	1	
h:	0,3	m	h:	0,3	m
Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$	
A:	0,09	m2	A:	0,09	m2
P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$	
P:	0,85	m	P:	0,85	m
S:	4%		S:	4%	
Qmaning:	0,294	m3/s	Qmaning:	0,294	m3/s
Velocidad:	0,139	m/s	Velocidad:	0,030	m/s
CUMPLE			CUMPLE		
DIMENSIONES FINALES:			DIMENSIONES FINALES:		
<i>Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h</i>			<i>Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h</i>		
l:	0,6	m	l:	0,6	m
h:	0,3	m	h:	0,3	m

TRAMO 5					
CUNETA IZQUIERDA			CUNETA DERECHA		
Abscisa:	0+	341	Abscisa:	0+	341
	0+	523		0+	523
Longitud:	182	m	Longitud:	182	m
Ancho de Carril:	3	m	Ancho de Carril:	3	m
A. aportación 2:	1092	m2	A. aportación:	1820	m2
Coef. Ecorrentia:	0,47		Coef. Escorrentia:	0,42	
n maning:	0,013		n maning:	0,013	
A. Aporte Total:	1638	m2	Área de aporte:	2366	m2
Área de aporte:	0,001638	Km2	Área de aporte:	0,002366	km2
MÉTODO RACIONAL			MÉTODO RACIONAL		
$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$			$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$		
Q=	0,00816	m3/s	Q=	0,01049	m3/s
Ecuación de Manning			Ecuación de Maning		
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$		
Cálculo de las dimensiones de la Cuneta			Cálculo de las dimensiones de la Cuneta		
Za:	1		Za:	1	
Zb:	1		Zb:	1	
h:	0,3	m	h:	0,3	m
Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$	
A:	0,09	m2	A:	0,09	m2
P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$	
P:	0,85	m	P:	0,85	m
S:	16%		S:	16%	
Qmaning:	0,620	m3/s	Qmaning:	0,620	m3/s
Velocidad:	0,091	m/s	Velocidad:	0,117	m/s
CUMPLE			CUMPLE		
DIMENSIONES FINALES:			DIMENSIONES FINALES:		
$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$			$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$		
l:	0,6	m	l:	0,6	m
h:	0,3	m	h:	0,3	m

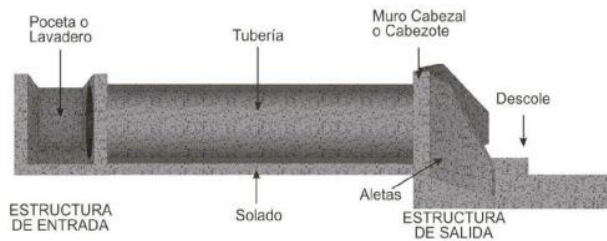
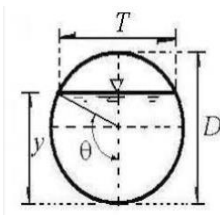
TRAMO 6					
CUNETA IZQUIERDA			CUNETA DERECHA		
Abscisa:	0+	523	Abscisa:	0+	523
	0+	586		0+	586
Longitud:	63	m	Longitud:	63	m
Ancho de Carril:	3	m	Ancho de Carril:	3	m
A. aportación 2:	31,5	m ²	A. aportación:	1575	m ²
Coef. Ecorrentia:	0,73		Coef. Escorrentia:	0,35	
n maning:	0,013		n maning:	0,013	
A. Aporte Total:	220,5	m ²	Área de aporte:	1764	m ²
Área de aporte:	0,0002205	Km ²	Área de aporte:	0,001764	km ²
MÉTODO RACIONAL			MÉTODO RACIONAL		
$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$			$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$		
Q=	0,00172	m ³ /s	Q=	0,00666	m ³ /s
Ecuación de Manning			Ecuación de Maning		
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$		
Cálculo de las dimensiones de la Cuneta			Cálculo de las dimensiones de la Cuneta		
Za:	1		Za:	1	
Zb:	1		Zb:	1	
h:	0,3	m	h:	0,3	m
Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$	
A:	0,09	m ²	A:	0,09	m ²
P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$	
P:	0,85	m	P:	0,85	m
S:	2%		S:	2%	
Qmaning:	0,229	m ³ /s	Qmaning:	0,229	m ³ /s
Velocidad:	0,019	m/s	Velocidad:	0,074	m/s
CUMPLE			CUMPLE		
DIMENSIONES FINALES:			DIMENSIONES FINALES:		
$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$			$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$		
l:	0,6	m	l:	0,6	m
h:	0,3	m	h:	0,3	m

TRAMO 7					
CUNETA IZQUIERDA			CUNETA DERECHA		
Abscisa:	0+	586	Abscisa:	0+	586
	0+	673		0+	673
Longitud:	87	m	Longitud:	87	m
Ancho de Carril:	3	m	Ancho de Carril:	3	m
A. aportación 2:	43,5	m2	A. aportación:	1305	m2
Coef. Ecorrentia:	0,73		Coef. Escorrentia:	0,38	
n maning:	0,013		n maning:	0,013	
A. Aporte Total:	304,5	m2	Área de aporte:	1566	m2
Área de aporte:	0,0003045	Km2	Área de aporte:	0,001566	km2
MÉTODO RACIONAL			MÉTODO RACIONAL		
$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$			$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$		
Q=	0,00237	m3/s	Q=	0,00641	m3/s
Ecuación de Manning			Ecuación de Maning		
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$		
Cálculo de las dimensiones de la Cuneta			Cálculo de las dimensiones de la Cuneta		
Za:	1		Za:	1	
Zb:	1		Zb:	1	
h:	0,3	m	h:	0,3	m
Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$	
A:	0,09	m2	A:	0,09	m2
P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$	
P:	0,85	m	P:	0,85	m
S:	5%		S:	5%	
Qmaning:	0,364	m3/s	Qmaning:	0,364	m3/s
Velocidad:	0,026	m/s	Velocidad:	0,071	m/s
CUMPLE			CUMPLE		
DIMENSIONES FINALES:			DIMENSIONES FINALES:		
$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$			$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$		
l:	0,6	m	l:	0,6	m
h:	0,3	m	h:	0,3	m

TRAMO 8					
CUNETA IZQUIERDA			CUNETA DERECHA		
Abscisa:	0+	673	Abscisa:	0+	673
	0+	725		0+	725
Longitud:	52	m	Longitud:	52	m
Ancho de Carril:	3	m	Ancho de Carril:	3	m
A. aportación 2:	26	m2	A. aportación:	57,2	m2
Coef. Ecorrentia:	0,73		Coef. Escorrentia:	0,67	
n maning:	0,013		n maning:	0,013	
A. Aporte Total:	182	m2	Área de aporte:	213,2	m2
Área de aporte:	0,000182	Km2	Área de aporte:	0,0002132	km2
MÉTODO RACIONAL			MÉTODO RACIONAL		
$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$			$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$		
Q=	0,00142	m3/s	Q=	0,00152	m3/s
Ecuación de Manning			Ecuación de Maning		
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{1/3} * S^{1/2}$		
Cálculo de las dimensiones de la Cuneta			Cálculo de las dimensiones de la Cuneta		
Za:	1		Za:	1	
Zb:	1		Zb:	1	
h:	0,3	m	h:	0,3	m
Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		Area:	$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$	
A:	0,09	m2	A:	0,09	m2
P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		P. Mojado:	$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$	
P:	0,85	m	P:	0,85	m
S:	11%		S:	11%	
Qmaning:	0,519	m3/s	Qmaning:	0,519	m3/s
Velocidad:	0,016	m/s	Velocidad:	0,017	m/s
CUMPLE			CUMPLE		
DIMENSIONES FINALES:			DIMENSIONES FINALES:		
$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$			$Ancho.Superficial(I) = (Za + Zb) * h$		
l:	0,6	m	l:	0,6	m
h:	0,3	m	h:	0,3	m

CUNETAS											
N°	CARRIL	ABS. INICIO	ABS. FINAL	Coef. C	Za	Zb	Q(l/s)	manning(n)	h(m)	Ancho (l) (m)	5%
1	Izquierdo	0+0	0+23	0,68	1	1	0,66	0,0013	0,3	0,6	15%
	Derecho	0+0	0+23	0,51	1	1	0,88	0,0013	0,3	0,6	15%
2	Izquierdo	0+28	0+58	0,37	1	1	2,50	0,0013	0,3	0,6	5%
	Derecho	0+28	0+58	0,69	1	1	0,85	0,0013	0,3	0,6	5%
3	Izquierdo	0+58	0+238	0,42	1	1	10,38	0,0013	0,3	0,6	10%
	Derecho	0+58	0+238	0,60	1	1	5,76	0,0013	0,3	0,6	10%
4	Izquierdo	0+238	0+341	0,35	1	1	12,54	0,0013	0,3	0,6	4%
	Derecho	0+238	0+341	0,75	1	1	2,74	0,0013	0,3	0,6	4%
5	Izquierdo	0+341	0+523	0,47	1	1	8,16	0,0013	0,3	0,6	16%
	Derecho	0+341	0+523	0,42	1	1	10,49	0,0013	0,3	0,6	16%
6	Izquierdo	0+523	0+586	0,73	1	1	1,72	0,0013	0,3	0,6	2%
	Derecho	0+523	0+586	0,35	1	1	6,66	0,0013	0,3	0,6	2%
7	Izquierdo	0+586	0+673	0,73	1	1	2,37	0,0013	0,3	0,6	5%
	Derecho	0+586	0+673	0,38	1	1	6,41	0,0013	0,3	0,6	5%
8	Izquierdo	0+673	0+725	0,73	1	1	1,42	0,0013	0,3	0,6	11%
	Derecho	0+673	0+725	0,67	1	1	1,52	0,0013	0,3	0,6	11%

DISÑO DE OBRAS DE DRENAJE - ALCANTARILLAS DE ALIVIO



Biblioteca.uajms.edu.bo

ALCANTARILLA 1		
Abscisa:	0+	58
S:	2%	
Longitud:	7,2	m
n manning:	0,0013	

Q. APORTADO TRAMO 2 Y 3		
Tr 1 Cuneta De.	0,00085	m3/s
Tr 2 Cuneta De.	0,0058	m3/s
Q:	0,0066	m3/s

CANAL CIRCULAR		
Porcentaje lleno:	80%	
Diámetro:	250	mm
Altura y:	200	mm
Pendiente:	2%	
Densidad 10°:	999,7	kg/m3
Viscosidad 10°:	0,00131	N s/m3
Gravedad:	9,81	m/s2
ángulo θ:	4,429	RAD
Área:	0,042	m2
P. Mojado:	0,554	m
Radio H:	0,076	m
Caudal Q:	0,082	m3/s
Velocidad:	1,95	m/s
D. nominal:	280	mm
D.interior:	250	mm

ALCANTARILLA 2		
Abscisa:	0+	238
S:	2%	
Longitud:	7,2	m
n manning:	0,0013	

Q. APORTADO TRAMO 4		
Tr 4 Cuneta Iz.	0,01254	m3/s
Q:	0,0125	m3/s

CANAL CIRCULAR		
Porcentaje lleno:	80%	
Diámetro:	250	mm
Altura y:	200	mm
Pendiente:	2%	
Densidad 10°:	999,7	kg/m3
Viscosidad 10°:	0,00131	N s/m3
Gravedad:	9,81	m/s2
ángulo θ:	4,429	RAD
Área:	0,042	m2
P. Mojado:	0,554	m
Radio H:	0,076	m
Caudal Q:	0,082	m3/s
Velocidad:	1,95	m/s
D. nominal:	280	mm
D.interior:	250	mm

ALCANTARILLA 3		
Abscisa:	0+	341
S:	2%	
Longitud:	7,2	m
n manning:	0,0013	

Q. APORTADO TRAMO 5		
Tr 5 Cuneta Iz.	0,00816	m3/s
Q:	0,0082	m3/s

CANAL CIRCULAR		
Porcentaje lleno:	80%	
Diámetro:	250	mm
Altura y:	200	mm
Pendiente:	2%	
Densidad 10°:	999,7	kg/m3
Viscosidad 10°:	0,00131	N s/m3
Gravedad:	9,81	m/s2
ángulo θ:	4,429	RAD
Área:	0,042	m2
P. Mojado:	0,554	m
Radio H:	0,076	m
Caudal Q:	0,082	m3/s
Velocidad:	1,95	m/s
D. nominal:	280	mm
D.interior:	250	mm

ALCANTARILLA 4			ALCANTARILLA 5			ALCANTARILLA 6		
Abscisa:	0+	523	Abscisa:	0+	586	Abscisa:	0+	673
S:	2%		S:	2%		S:	2%	
Longitud:	7,2	m	Longitud:	7,2	m	Longitud:	7,2	m
n manning:	0,0013		n manning:	0,0013		n manning:	0,0013	
Q. APORTADO TRAMO 6			Q. APORTADO TRAMO 7			Q. APORTADO TRAMO 8		
Tr 6 Cuneta De.	0,00666	m ³ /s	Tr 7 Cuneta De.	0,00641	m ³ /s	Tr 8 Cuneta De.	0,00152	m ³ /s
Q:	0,0067	m ³ /s	Q:	0,0064	m ³ /s	Q:	0,0015	m ³ /s
CANAL CIRCULAR			CANAL CIRCULAR			CANAL CIRCULAR		
Porcentaje lleno:	80%		Porcentaje lleno:	80%		Porcentaje lleno:	80%	
Diámetro:	250	mm	Diámetro:	250	mm	Diámetro:	250	mm
Altura y:	200	mm	Altura y:	200	mm	Altura y:	200	mm
Pendiente:	2%		Pendiente:	2%		Pendiente:	2%	
Densidad 10°:	999,7	kg/m ³	Densidad 10°:	999,7	kg/m ³	Densidad 10°:	999,7	kg/m ³
Viscosidad 10°:	0,00131	N s/m ³	Viscosidad 10°:	0,00131	N s/m ³	Viscosidad 10°:	0,00131	N s/m ³
Gravedad:	9,81	m/s ²	Gravedad:	9,81	m/s ²	Gravedad:	9,81	m/s ²
ángulo θ:	4,429	RAD	ángulo θ:	4,429	RAD	ángulo θ:	4,429	RAD
Área:	0,042	m ²	Área:	0,042	m ²	Área:	0,042	m ²
P. Mojado:	0,554	m	P. Mojado:	0,554	m	P. Mojado:	0,554	m
Radio H:	0,076	m	Radio H:	0,076	m	Radio H:	0,076	m
Caudal Q:	0,082	m ³ /s	Caudal Q:	0,082	m ³ /s	Caudal Q:	0,082	m ³ /s
Velocidad:	1,95	m/s	Velocidad:	1,95	m/s	Velocidad:	1,95	m/s
D. nominal:	280	mm	D. nominal:	280	mm	D. nominal:	280	mm
D.interior:	250	mm	D.interior:	250	mm	D.interior:	250	mm

ALCANTARILLAS DE ALIVIO							
N°	ABSCISA	Q (m ³ /s)	manning (n)	Pendiente (S)	D interior(mm)	D Comercial	
1	0+	58	0,007	0,0013	2%	250	300
2	0+	238	0,013	0,0013	2%	250	300
3	0+	341	0,008	0,0013	2%	250	300
4	0+	523	0,007	0,0013	2%	250	300
5	0+	586	0,006	0,0013	2%	250	300
6	0+	673	0,002	0,0013	2%	250	300

Fuente: Autor

Anexo C 9. Tabla de Señalización

SEÑALIZACIÓN VIAL - VIA A LA COMUNIDAD "MORASCALLE" - PARROQUIA TARQUI, CANTÓN CUENCA				
N°	ABSCISA	TIPO	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN
1	0+000	Vertical	Distancias referenciales	Izquierda
2	0+000	Vertical	Velocidad de circulación	Izquierda
3	0+022,23	Vertical	Curva hacia la Izquierda	Derecha
4	0+067,41	Vertical	Curva hacia la Derecha	Izquierda
5	0+123,42	Vertical	Curva hacia la Derecha	Izquierda
6	0+124,42	Vertical	Velocidad de circulación	Derecha
7	0+165	Vertical	Disminuya la velocidad	Derecha
8	0+189,68	Vertical	Curva hacia la Izquierda	Derecha
9	0+198	Horizontal	Resalto	vía
10	0+201	Vertical	Información de Centro Educativo	Derecha
11	0+254,26	Vertical	Curva hacia la Izquierda	Derecha
12	0+318	Vertical	Disminuya la velocidad	Derecha
13	0+320	Horizontal	Resalto	vía
14	0+321	Vertical	Dirección a lugares aledaños	Izquierda
15	0+335,09	Vertical	Curva hacia la Izquierda	Izquierda
16	0+357,49	Vertical	Curva hacia la Izquierda	Izquierda
17	0+390	Vertical	Dirección a lugares aledaños	Derecha
18	0+429,56	Vertical	Curva hacia la Derecha	Izquierda
19	0+440	Vertical	Velocidad de circulación	Derecha
20	0+488,67	Vertical	Curva hacia la Derecha	Izquierda
21	0+512,12	Vertical	Curva hacia la Derecha	Izquierda
22	0+540	Vertical	Pendiente Pronunciada	Izquierda
23	0+552,4	Vertical	Curva hacia la Izquierda	Izquierda
24	0+574,19	Vertical	Curva hacia la Izquierda	Derecha
25	0+570	Vertical	Dirección a lugares aledaños	Izquierda
26	0+602	Vertical	Velocidad de circulación	Izquierda
27	0+619,74	Vertical	Curva hacia la Derecha	Izquierda
28	0+630	Vertical	Dirección a lugares aledaños	Izquierda
29	0+631	Vertical	Dirección a lugares aledaños	Derecha
30	0+649,09	Vertical	Curva hacia la Derecha	Izquierda
31	0+650	Vertical	Disminuya la velocidad	Derecha
32	0+672,23	Vertical	Curva hacia la Derecha	Izquierda
33	0+685	Vertical	Curva hacia la Derecha	Izquierda
34	0+690,01	Vertical	Dirección a lugares aledaños	Izquierda
35	0+725	Vertical	Nombre de Lugar	Izquierda

Fuente: Autor

Anexo D 1. PLANOS