	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): KEVIN GABRIEL APELLIDOS: MENDEZ JAIME

NOMBRE(S): MARIA DEL ROSARIO APELLIDOS: MONTAGUT VERGEL

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

FACULTAD: DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): GERSON APELLIDOS: LIMAS RAMIREZ

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): "PROYECCIÓN DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL CORREDOR VIAL URBANO, ENTRE LAS AVENIDAS 0N A LA 1N, DIRECCIÓN NORTE DEL BARRIO EL SALADO, COMUNA 6, SAN JOSÉ DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER."

La proyección de una vía urbana es un proceso fundamental en el diseño y planificación de las ciudades modernas. Consiste en la creación de un plan detallado que establece la ubicación, el trazado y las características de las calles y carreteras dentro de una zona urbana. La proyección de una vía urbana implica considerar una variedad de factores, como el flujo de tráfico, la seguridad vial, el acceso a propiedades y servicios, la eficiencia en el transporte y la integración con el entorno urbano existente. También se tienen en cuenta aspectos como el diseño peatonal, el transporte público, las infraestructuras para bicicletas y otros modos de transporte sostenibles. Durante el proceso de proyección, los ingenieros y urbanistas utilizan herramientas y técnicas especializadas para analizar y evaluar diferentes alternativas. Se llevan a cabo estudios de tráfico para determinar los volúmenes de vehículos esperados y los patrones de movimiento. También se consideran aspectos topográficos, como la pendiente del terreno y la presencia de obstáculos naturales o artificiales que puedan influir en la configuración de la vía.

PALABRAS CLAVES:

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 93 PLANOS: ___ ILUSTRACIONES: ___ CD ROOM: ___

PROYECCIÓN DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL
CORREDOR VIAL URBANO, ENTRE LAS AVENIDAS 0N A LA 1N, DIRECCIÓN NORTE
DEL BARRIO EL SALADO, COMUNA 6, SAN JOSÉ DE CÚCUTA, NORTE DE
SANTANDER

KEVIN GABRIEL MENDEZ JAIME
MARIA DEL ROSARIO MONTAGUT VERGEL

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

PROYECCIÓN DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL
CORREDOR VIAL URBANO, ENTRE LAS AVENIDAS 0N A LA 1N, DIRECCIÓN NORTE
DEL BARRIO EL SALADO, COMUNA 6, SAN JOSÉ DE CÚCUTA, NORTE DE
SANTANDER

KEVIN GABRIEL MENDEZ JAIME
MARIA DEL ROSARIO MONTAGUT VERGEL

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Civil.

Director:
GERSON LIMAS RAMIREZ
Ingeniero Civil Especialista

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

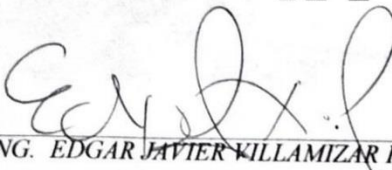
2023

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 6 DE MARZO DE 2023 HORA: 3:00 p. m.
LUGAR: SALA DE JUNTAS - FU308 - UFPS
DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL
TITULO DE LA TESIS: "PROYECCION DE DISEÑO GEOMETRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL
CORREDOR VIAL URBANO, ENTRE LAS AVENIDAS ON A LA 1N,
DIRECCION NORTE DEL BARRIO EL SALADO, COMUNA 6, SAN JOSE
DE CUCUTA, NORTE DE SANTANDER."
JURADOS: ING. EDGAR JAVIER VILLAMIZAR FLOREZ
ING. ALEJANDRA BERMON BENCARDINO
DIRECTOR: INGENIERO GERSON LIMAS RAMIREZ.

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
KEVIN GABRIEL MENDEZ JAIME	1113475	4,0	CUATRO, CERO
MARIA DEL ROSARIO MONTAGUT VERGEL	1113428	4,0	CUATRO, CERO

APROBADA


ING. EDGAR JAVIER VILLAMIZAR FLOREZ


ING. ALEJANDRA BERMON BENCARDINO

Vo. Bo. 
JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Problema	13
1.1 Título	13
1.2 Planteamiento del Problema	14
1.3 Formulación del Problema	14
1.4 Objetivos	14
1.4.1 Objetivo General.	14
1.4.2 Objetivos Específicos.	14
1.5 Justificación	15
1.6 Alcances y Limitaciones	16
1.6.1 Alcances.	16
1.6.2 Limitaciones.	16
1.7 Delimitaciones	17
1.7.1 Delimitación Espacial.	17
1.7.2 Delimitación Temporal.	17
1.7.3 Delimitación Conceptual.	17
2. Marco Referencial	18
2.1 Antecedentes	18
2.2 Marco Teórico	19
2.3 Marco Conceptual	35
2.4 Marco Contextual	36

2.5 Marco Legal	37
3. Diseño Metodológico	40
3.1 Tipo de Investigación	40
3.2 Población y Muestra	40
3.2.1 Población.	40
3.2.2 Muestra.	40
3.3 Instrumentos para la recolección de Información	40
3.3.1 Información Primaria	40
3.3.2 Información Secundaria	40
3.4 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos	41
4. Diseño Geométrico	49
4.1 Clasificación y funcionalidad de las Vías	49
4.2 Velocidad de Operación	51
4.3 Velocidad de Diseño	53
4.4 Velocidad Específica	55
4.5 Velocidad Reglamentaria	57
4.6 Trazado del Alineamiento	58
4.7 Peralte máximo en vías Arteriales e Intermedias	59
4.8 Peraltes máximos en Zonas Urbanas	60
4.9 Radio mínimo en Vías Arteriales e Intermedias	60
4.10 Transición del Peralte	62
4.11 Parámetros y criterios del diseño de secciones Transversales	62
4.12 Dimensionamiento de la sección Transversal	64

4.13 Elementos de diseño de las Secciones Transversales	65
5. Estudio de Suelos	67
5.1 CBR	69
5.2 Penetración CBR	69
5.3 Gráficas de CBR	69
5.4 Compactación Proctor Modificado	71
6. Estudio de Tránsito	73
6.1 Cálculo de Tránsito Promedio Diario	73
6.2 Tasa de Crecimiento	75
6.3 Periodo de Diseño	75
6.4 Proyección del Tránsito	76
6.5 Determinación del Número de Ejes Equivalentes	78
7. Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible por Método INVIAS	80
8. Costos y Presupuesto Total del Proyecto	85
Conclusiones	86
Referencias Bibliográficas	88
Anexos	90

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Relación entre la pendiente máxima y la velocidad específica de la tangente vertical.	23
Tabla 2. Longitud mínima de la tangente vertical.	24
Tabla 3. Valores de K_{min} para el control de la distancia de visibilidad de parda y longitudes mínimas según el criterio de operación en curvas verticales.	28
Tabla 4. Bombeo de la calzada.	29
Tabla 5. Valores de coeficiente de rugosidad (n).	31
Tabla 6. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje.	34
Tabla 7. Cartera de puntos obtenidos en el levantamiento.	43
Tabla 8. Velocidad de diseño de referencia vs jerarquía de la vía y tipo de terreno.	55
Tabla 9. Tipo de curva de acuerdo al ángulo de deflexión.	59
Tabla 10. Radios mínimos para diferentes velocidades de diseño y peraltes máximos.	61
Tabla 11. Tasa de peraltes para determinados radios, velocidades y peraltes máximos.	61
Tabla 12. Máximas pendientes relativas.	62
Tabla 13. Datos de la vía los Peracos.	67
Tabla 14. Datos de compactación en el laboratorio.	67
Tabla 15. Datos de humedad de compactación.	67
Tabla 16. Datos de pruebas de expansión	68
Tabla 17. Datos de humedad de saturación.	68
Tabla 18. Datos relación esfuerzo deformación.	69
Tabla 19. Datos compactación proctor modificado.	71
Tabla 20. Datos proctor modificado moldes No 1, 2 y 3.	71

Tabla 21. Resultados de la densidad seca y humedad óptima.	72
Tabla 22. Volumen vehicular semanal.	73
Tabla 23. Periodo de Diseño.	76
Tabla 24. Composición vehicular.	77
Tabla 25. Factor de equivalencia	78
Tabla 26. Rangos de transito considerados en la norma.	80
Tabla 27. Categoría Sub rasante.	81
Tabla 28. Regiones climáticas según la temperatura y precipitación.	81
Tabla 29. Determinación de la temperatura media anual ponderada.	82
Tabla 30. Rangos contemplados en las cartas de diseño.	83

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Elementos de la Curva Circular.	21
Figura 2. Elementos del empalme Espiral – Espiral	22
Figura 3. Elementos del empalme espiral – círculo – espiral.	22
Figura 4. Elementos de la curva vertical simétrica.	24
Figura 5. Elementos de la curva vertical asimétrica	26
Figura 6. Localización del proyecto.	37
Figura 7. Localización del proyecto levantamiento topográfico.	42
Figura 8. GPS garmin map60 csx.	42
Figura 9. Estación total ES-100	42
Figura 10. Grafica carga unitaria vs penetración.	69
Figura 11. Humedad vs densidad.	70
Figura 12. CBR vs Densidad.	70
Figura 13. Grafica de humedad vs densidad.	71
Figura 14. Selección de la Estación de Conteo con el programa TRANSITO.	75
Figura 15. Tasa de crecimiento con el programa TRANSITO.	76
Figura 16. Precipitación media mensual en la zona del proyecto.	83
Figura 17. Alternativas para el pavimento flexible por el Método Invias.	84

Introducción

La proyección del diseño geométrico de los corredores viales de la ciudad es el eslabón principal en la planificación y construcción urbana. Los siguientes son los pasos generales a seguir para diseñar el diseño geométrico de los corredores viales urbanos.

Antes de iniciar una proyección de diseño geométrico, es importante realizar un estudio de factibilidad para determinar la viabilidad del proyecto, teniendo en cuenta factores como la demanda de tráfico, la topografía, la accesibilidad, la seguridad del tráfico, las normas locales y las necesidades de los usuarios. Después de determinar la viabilidad del proyecto, es importante definir los objetivos específicos que debe lograr el proyecto. Puede ser, por ejemplo, mejorar la movilidad en una zona concreta, mejorar la seguridad del tráfico, reducir el tiempo de viaje, etc. Identificar alternativas de diseño: una vez que se definen los objetivos del proyecto, se deben identificar las posibles alternativas de diseño para lograr esos objetivos. Esto puede incluir la identificación de diferentes alternativas de distribución, el ancho de la vía, la ubicación de los carriles, el diseño de las intersecciones y las características del pavimento.

Análisis y selección de alternativas.

Luego de identificar las alternativas de diseño, las alternativas deben ser analizadas y comparadas. Ventajas y desventajas de cada alternativa en términos de costos, beneficios, seguridad vial y eficiencia de la movilidad. Una vez realizado este análisis, se debe seleccionar la opción de diseño que mejor cumpla con los objetivos del proyecto. Definir especificaciones de diseño geométrico, una vez que se seleccionan las alternativas de diseño, es importante definir

especificaciones detalladas de diseño geométrico, como ancho de carril, radio de curva mínimo, altura de intersección, tipo de pavimento, señalización e iluminación.

Elaborar Plantas y Secciones, Una vez determinadas las especificaciones del diseño geométrico, se deben preparar las correspondientes plantas y secciones, incluyendo detalles de caminos, intersecciones y pasos de peatones. Realizar un estudio de impacto ambiental: Antes de iniciar la construcción de corredores viales urbanos, es importante realizar un estudio de impacto ambiental con el fin de identificar y reducir los posibles impactos negativos sobre el medio ambiente. El diseño geométrico de los corredores viales urbanos es un proceso complejo que implica una planificación detallada, una evaluación cuidadosa de las alternativas de diseño y la determinación de especificaciones detalladas. Al seguir estos pasos y seguir los requisitos y regulaciones locales, puede garantizar carreteras seguras, eficientes y sostenibles en áreas urbanas.

1. Problema

1.1 Título

PROYECCIÓN DE DISEÑO GEOMÉTRICO CORREDOR VIAL URBANO, ENTRE LAS AVENIDAS 0N A LA 1N, DIRECCIÓN NORTE DEL BARRIO EL SALADO CIUDAD DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER.

1.2 Planteamiento del Problema

El 71% de las vías en Colombia corresponden al orden de terciarias, es decir a la red que cumple con la función de interconectar las veredas, las cabeceras municipales y las carreteras departamentales. Solo el 8% se encuentra del total de las vías del país se encuentran construidas en doble calzada y totalmente pavimentadas (Ospina Ovalle, 2016). Esta distribución complica de manera definitiva la integración y el desarrollo sostenible de las regiones ya que es posible afirmar que las zonas con mayor cantidad y calidad de vías corresponden a aquellas donde hay mayor concentración territorial y donde produce mayor concentración de capital según el Presidente de la Republica Juan Manuel Santos. (Rincón-Avellaneda, 2016).

Entendiendo estos postulados se podría decir que el 8% del país cuenta con concentración de capital, territorio, habitantes, lo que ya muestra una balanza deficitaria en cuestión de infraestructura vial ya que Bogotá por si sola cuenta con cerca del 20% de los habitantes y el 21% del PIB Nacional.

Existen departamentos con mayores problemas de infraestructura que otros y que se convierten en necesarios para la consolidación de una modernización de la infraestructura del país.

El municipio de San José de Cúcuta se encuentra actualmente en crecimiento, pero este ha venido ocurriendo de forma desorganizada, en las cabeceras municipales se pueden observar asentamientos humanos informales y la continua migración de ciudadanos venezolanos agrava el problema de forma significativa, esto lleva a la ciudad a extra costos por la demanda de servicios públicos cada vez más exigente por parte de sus habitantes, entre estos servicios encontramos las vías de accesos, debemos tener en cuenta que un corredor vial bien constituido refleja la economía del sector y la calidad de vida de sus habitantes, en el barrio el Salado.

1.3 Formulación del Problema

Se requiere una propuesta la cual contemple los estudios y diseños para el corredor vial urbano del barrio el Salado sector de estudio, el cual se encuentra entre la avenida 1 norte a la avenida 0 norte de 1 kilómetro de longitud del municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander, de tal manera que se mejoren las condiciones actuales permitiendo el acceso de los servicios públicos, generando un recorrido cómodo y seguro para sus usuarios.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General. Realizar la proyección del diseño de la vía del corredor vial urbano, sector El Salado con ayuda del Manual de Invias y manual del Instituto de Desarrollo urbano de Bogotá.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Desarrollar el levantamiento topográfico de carretera en el terreno natural, digitalización en el que se ubican los corredores viales y genere la información necesaria para el diseño geométrico, como curvas de nivel, secciones y perfiles de terreno.

- Elaboración de estudios de suelo y capacidad portante del suelo a través de los siguientes ensayos: humedad natural, análisis de tamaño de malla, límite de Atterberg, Proctor modificado y CBR (California Bearing Ratio), diseño por muestreo desde la parte superior de la sección, teniendo en cuenta el INVIAS Guía de diseño de pavimentos Parámetros de diseño de pavimentos que definitivamente.

1.5 Justificación

La construcción de vías urbanas es una tarea básica de la planificación urbana y el desarrollo del entorno urbano; Estas vías no solo mejoran la movilidad de los ciudadanos, sino que también contribuyen al desarrollo económico y social de la comunidad.

Una es que la construcción de vías urbanas mejora la accesibilidad de diferentes zonas de la ciudad, esto facilita la movilidad de los ciudadanos y les permite llegar a su destino de forma más rápida y sencilla. Mejorar la accesibilidad también aumenta la conectividad, lo que mejora la interacción entre diferentes áreas de la ciudad y fomenta el desarrollo de los barrios.

Además, la construcción de vías urbanas reduce el tiempo de viaje, lo que a su vez mejora la calidad de vida de los residentes. La reducción del tiempo de viaje permite a los residentes dedicar más tiempo a actividades importantes como el trabajo, el estudio y la recreación.

Esto, a su vez, contribuye al desarrollo económico, ya que los ciudadanos tienen más tiempo para dedicarlo a actividades productivas. La construcción de carreteras urbanas también ha mejorado la seguridad vial. Las carreteras correctamente construidas reducen el punto ciego, mejoran la visibilidad y reducen la velocidad del tráfico, reduciendo así el número de accidentes de tráfico y mejorando la seguridad de los ciudadanos.

Otra razón importante para justificar la construcción de vías urbanas es su capacidad para aumentar la eficiencia del transporte público. Las vías bien construidas permiten que los autobuses y otros medios de transporte público circulen más rápido y con menos congestión, lo que reduce los tiempos de espera y mejora el servicio. La construcción de carreteras también puede contribuir a la sostenibilidad ambiental. Las carreteras bien construidas pueden ayudar a reducir las emisiones contaminantes y promover modos de transporte sostenibles, como la bicicleta y el transporte público.

La construcción de vías urbanas es fundamental para el desarrollo sostenible de las ciudades. Estas vías mejoran la accesibilidad, reducen el tiempo de viaje, mejoran la seguridad vial, aumentan la eficiencia del transporte público, promueven la sostenibilidad ambiental y contribuyen al desarrollo económico y social de las comunidades. Por lo tanto, la construcción de vías urbanas debe ser una prioridad de la planificación y el desarrollo urbano.

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances. La propuesta solo contempla el diseño geométrico del corredor vial ubicado en el sector los Peracos del barrio El Salado entre la avenida 1 norte y el 0 norte tomando como base de diseño el Manual de Carreteras INVIAS publicado el 2008 y el Manual de Vías Urbanas IDU de Bogotá.

1.6.2 Limitaciones. Este proyecto detallará únicamente aquellas investigaciones de suelo mencionadas en los objetivos específicos necesarios para describir la condición y propiedades del subsuelo.

La proyección de tráfico de vehículos no contiene información sobre las proyecciones de tránsito municipal de la ciudad de san José de Cúcuta.

Solo se tienen en cuenta los costos financieros para la ejecución del proyecto especificados en el informe del presupuesto general.

1.7 Delimitaciones

1.7.1 Delimitación Espacial. La siguiente propuesta es un proyecto dirigido el cual se implementará en el corredor vial que tiene 1000 metros de longitud ubicado entre la avenida 1 norte y la avenida 0 norte del barrio el Salado, ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.

1.7.2 Delimitación Temporal. El proyecto se realizará en un periodo de 4 meses contados a partir de la fecha de aprobación del anteproyecto.

1.7.3 Delimitación Conceptual. Se tendrá términos como: corredor vial, topografía, carretera, calzada, carriles, arcén, cuneta, intersección, capa de rodadura, base, subbase, bombeo, peralte, pavimentos flexibles, estudios de suelos, movimientos de tierra señalización vertical, horizontal, costos y presupuestos.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

Los siguientes antecedentes son los trabajos de grado dirigidos, adelantados por estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander, que a nivel, local, han hecho propuestas para mejorar a partir de sus conocimientos y de la experiencia de sus directores y docentes, la infraestructura de los habitantes de la región, afectadas por dificultades en la pavimentación de las calles de sus barrios y el acceso a un corredor vial adecuado, de acuerdo a sus necesidades de transporte.

“Procedimiento para la elaboración de diseños geométricos viales en corredores urbanos de la ciudad de Cali” de Carlos Alberto Fernández Rivera (Universidad del Valle, 2016): Esta tesis propone un procedimiento para la elaboración de diseños geométricos viales en corredores urbanos de la ciudad de Cali, que incluye la identificación de la demanda de tráfico, la definición de la sección transversal de la vía, el diseño de intersecciones y la evaluación del impacto ambiental.

“Procedimiento para la definición de parámetros de diseño geométrico de vías urbanas” de Edilberto José Durán García (Universidad Industrial de Santander, 2016): Esta tesis presenta un procedimiento para la definición de parámetros de diseño geométrico de vías urbanas, que incluye la determinación de la demanda de tráfico, la definición de la sección transversal de la vía, el diseño de intersecciones y la evaluación del impacto ambiental.

“Modelo de gestión de proyectos de construcción de corredores viales urbanos” de Eduardo José Mendoza Montes (Universidad Santo Tomás, 2019): Esta tesis propone un modelo de

gestión de proyectos de construcción de corredores viales urbanos, que incluye la planificación del proyecto, el diseño geométrico, la licitación y contratación de obras, la construcción y la operación y mantenimiento de la vía.

“Metodología para el diseño geométrico de corredores viales urbanos en Colombia” de Carlos Andrés Londoño Ríos (Universidad Pontificia Bolivariana, 2020): Esta tesis presenta una metodología para el diseño geométrico de corredores viales urbanos en Colombia, que incluye la identificación de la demanda de tráfico, la definición de la sección transversal de la vía, el diseño de intersecciones y la evaluación del impacto ambiental.

2.2 Marco Teórico

Según el manual de INVIAS una carretera es una infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles, con adecuados niveles de seguridad y comodidad, puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma.

Elaborar el diseño geométrico, manejos de aguas superficiales y pavimento flexible de una vía es una parte fundamental donde se establece la configuración geométrica de la misma, con la finalidad de que esta sea segura, cómoda, económica, estética y compatible con el medio ambiente. De acuerdo a esto, se describe lo correspondiente al alineamiento en planta, perfil y secciones transversales como a continuación se muestra:

Diseño en Planta del Eje de la Vía.

Curvas horizontales.

Las curvas horizontales en una vía son secciones de la carretera en las que la trayectoria del camino se curva gradualmente en un plano horizontal, es decir, no hay cambios en la elevación del terreno. Estas curvas permiten que las carreteras se adapten a las características naturales del terreno, como montañas, valles, colinas y otros obstáculos que pueden estar presentes en el camino.

Las curvas horizontales también son importantes para garantizar la seguridad de los conductores, ya que permiten que los vehículos sigan una trayectoria estable y uniforme a través de la carretera sin tener que realizar maniobras bruscas. Además, las curvas horizontales también pueden ser utilizadas para mejorar la visibilidad en la carretera y reducir la velocidad del tráfico en zonas sensibles, como curvas cerradas o tramos de vía con pendientes pronunciadas.

Empalme circular simple.

Los empalmes de curvas circulares simples presentan una curvatura constante, la cual es inversamente proporcional al valor del radio. En el diseño de carreteras corresponde a un elemento geométrico de curvatura rígida.

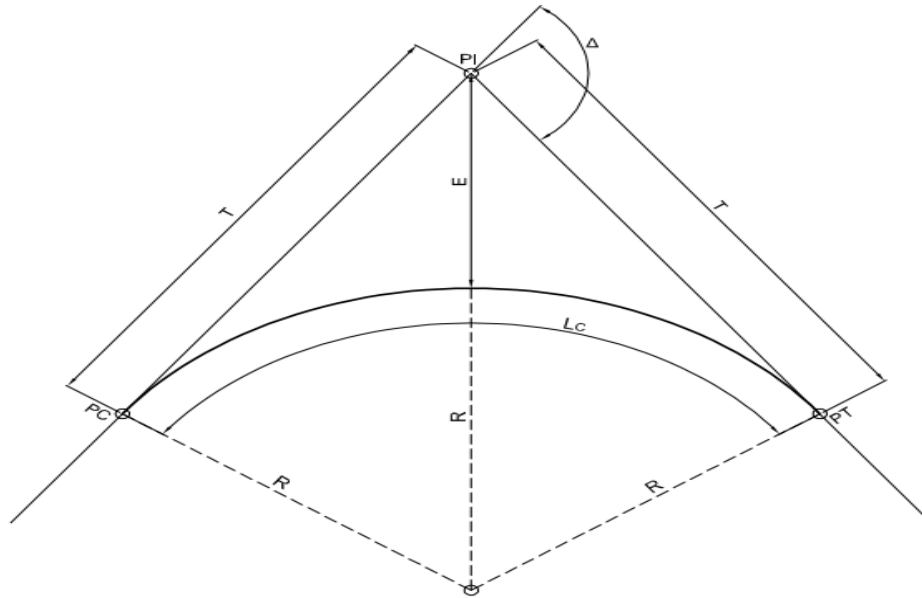


Figura 1. Elementos de la Curva Circular.

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras (2008), p.74

Donde,

PI: Punto de cruce de dos tangentes que forman el empalme.

PC: Punto de inicio del empalme.

PT: Punto final del empalme.

Δ : Angulo de deflexión en el PI, en grados o radianes.

R: Radio de arco circular, en metros.

Lc: Longitud del arco circular, en metros.

T: Tangente del empalme en metros.

Empalme espiral – espiral. Corresponde al empalme de dos alineamientos rectos mediante dos ramas de espiral con un radio único en el centro, pero sin tramo circular.

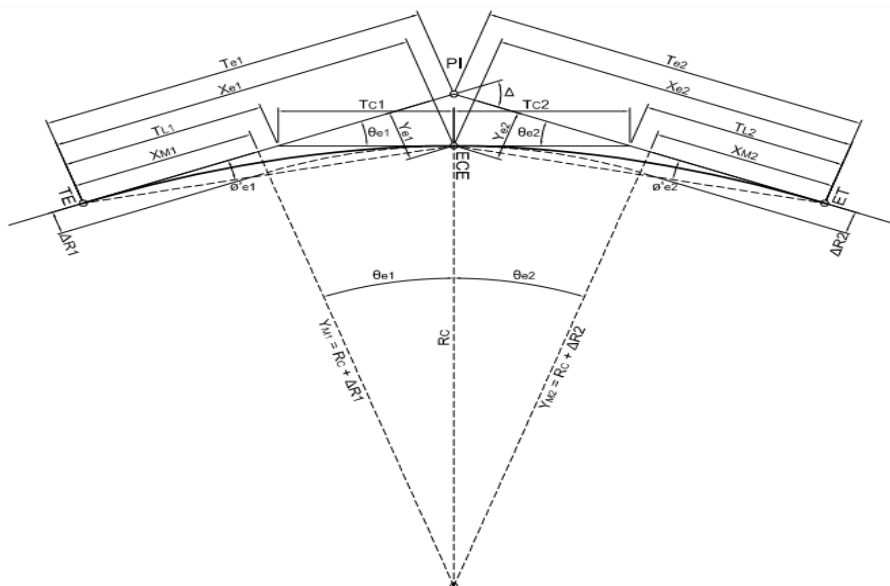


Figura 2. Elementos del empalme Espiral – Espiral
 Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras (2008), p.83

Empalme espiral – círculo – espiral. Corresponde al empalme de dos líneas rectas con un ángulo de deflexión (Δ) mediante arcos de transición y un arco circular de Radio (RC).

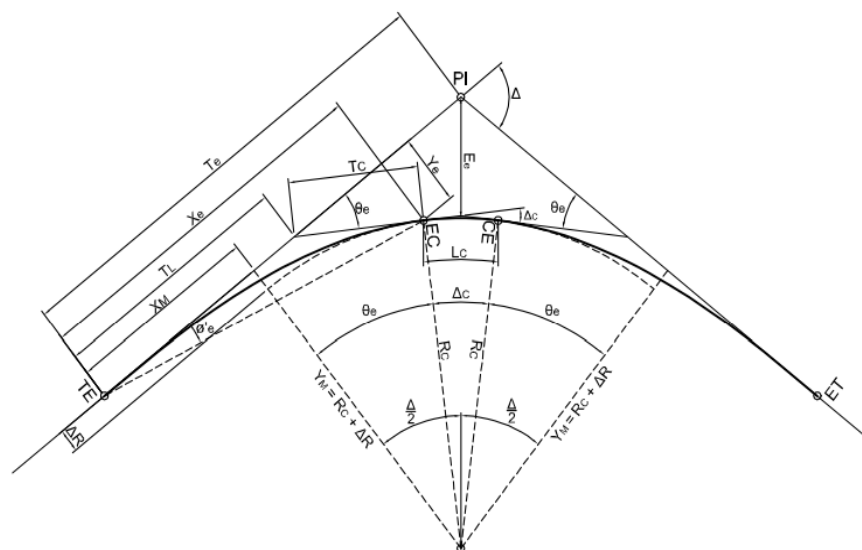


Figura 3. Elementos del empalme espiral – círculo – espiral.
 Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras (2008), p.79

Diseño en Perfil del Eje de la Vía.

De acuerdo al Manual del INVIAS se tomará información correspondiente a la descripción del alineamiento vertical y los parámetros que se tienen en cuenta:

El alineamiento vertical está conformado por una serie de rectas enlazadas por arcos parabólicos, a los que dichas rectas son tangentes. La inclinación de las tangentes verticales y la longitud de las curvas dependen principalmente de la topografía de la zona, del alineamiento horizontal, de la visibilidad de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, del porcentaje de vehículos pesados y de su rendimiento en los ascensos.

Tangente vertical.

Pendiente máxima. La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar.

Tabla 1.

Relación entre la pendiente máxima y la velocidad específica de la tangente vertical.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	5	-
Secundaria	-	-	10	9	8	7	6	6	6	-	-	-
Terciaria	14	12	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras (2008), p. 128.

Longitud mínima. Para determinar la longitud mínima de la tangente vertical se tiene en cuenta lo expresado en la siguiente tabla del INVIAS, de acuerdo con la velocidad específica.

Tabla 2.

Longitud mínima de la tangente vertical.

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras (2008), p. 129.

Curvas verticales. Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida.

Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales cóncavas y convexas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas.

Curva vertical simétrica.

La curva vertical simétrica está conformada por dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV.

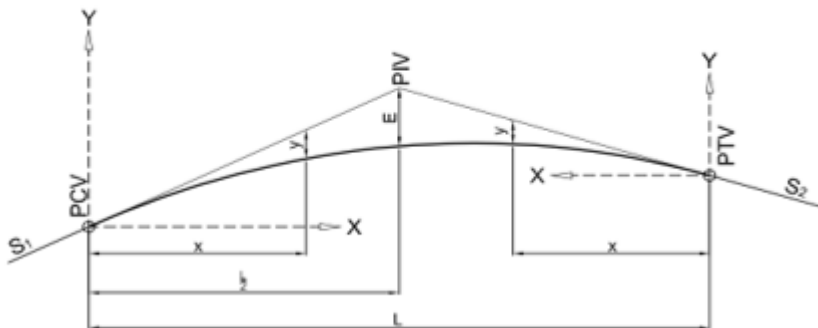


Figura 4. Elementos de la curva vertical simétrica.

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras (2008), p.133.

Dónde,

PCV: Principio de la curva vertical.

PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV: Terminación de la curva vertical.

L: Longitud de la curva vertical.

S₁: Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S₂: Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

A: Diferencia algebraica de pendientes. $A = |S_1 - S_2|$

E: Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, dada en metros, se determina así:

$$E = \frac{A * L}{800}$$

X: distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

Y: ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical, se calcula mediante la expresión:

$$y = x^2 \left(\frac{A}{2000 L} \right)$$

Curva vertical asimétrica. La curva vertical asimétrica está conformada por dos parábolas de diferente longitud (L₁, L₂) que se unen en la proyección vertical del PIV.

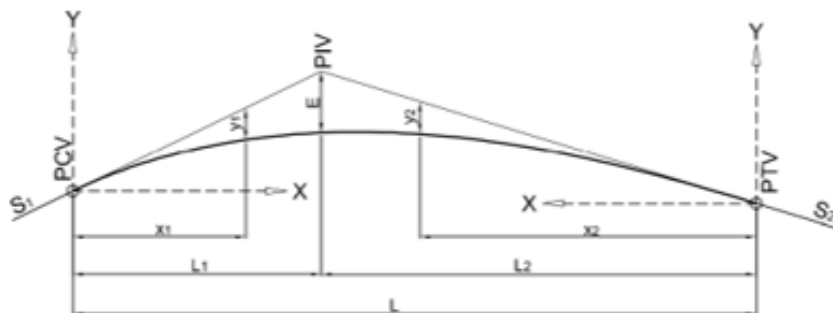


Figura 5. Elementos de la curva vertical asimétrica

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras (2008), p.135

Dónde,

PCV: Principio de la curva vertical.

PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV: Terminación de la curva vertical.

S₁: Pendiente de la tangente de entrada (%).

S₂: Pendiente de la tangente de salida (%).

L₁: Longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal (m).

L₂: longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal (m).

L: longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal $L = L_1 + L_2$ y $L_1 \neq L_2$.

A: Diferencia algebraicas de pendientes $A = |S_1 - S_2|$

E: Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, dada en metros, se determina así:

$$E = \frac{A * L_1 * L_2}{200(L_1 + L_2)}$$

X₁: Distancia horizontal a cualquier punto de la primera rama de la curva medida desde el PCV.

X₂: Distancia horizontal a cualquier punto de la segunda rama de la curva medida desde el PTV.

Y_1 : ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV, se calcula mediante la expresión:

$$y_1 = E \times \left(\frac{x_1}{L_1}\right)^2$$

Y_2 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PTV, su ecuación es:

$$y_2 = E \times \left(\frac{x_2}{L_2}\right)^2$$

Un parámetro importante para el diseño de las curvas verticales es la longitud mínima, la cual se calcula de acuerdo a los siguientes criterios:

- *Criterio de seguridad*: Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (DP).

$$L_{\min} = \frac{A \times (D_p)^2}{200 \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

Dónde,

L_{\min} : longitud mínima de la curva (m)

A: diferencia algebraica de pendientes (%)

D_p : distancia de visibilidad de parada, asociada a la velocidad específica de la curva vertical (V_{cv}), en metros.

H_1 : Altura de ojo del conductor, en metros. $h_1=1.08$ m

H_2 : Altura del obstáculo, en metros. $h_2=0.60$ m.

Para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada (D_p) se tiene en cuenta valor adecuado en la cresta de la curva vertical K_{\min} , el cual se encuentra expresado en la siguiente tabla de acuerdo a la velocidad de diseño y el tipo de curva vertical (cóncava, convexa).

Tabla 3.

Valores de K_{\min} para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según el criterio de operación en curvas verticales.

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{cv} (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE K_{\min}				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		CALCULADO	REDONDEADO	CALCULADO	REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 ⁽¹⁾
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 ⁽¹⁾
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	95.0	95.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras 2008 (INVIAS), p. 142.

- *Criterio de operación:* Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente. ($L_{\min} = 0.6 V$)
- *Criterio de drenaje:* Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada. ($L_{\min} = 50 A$)

Diseño de la sección transversal de la vía. Una sección transversal incluye diferentes componentes apreciables en función de un plano dispuesto perpendicularmente al eje, en un punto cualquiera del trazado. El diseño de secciones transversales hace parte integral del diseño de un proyecto vial, pues en conjunto con la planta y el perfil, permiten la visualización tridimensional de la infraestructura, mediante la incorporación de elementos del diseño

geométrico como la inclinación transversal para garantizar la seguridad en curva y el drenaje superficial.

Ancho de la calzada. La calzada es la parte de la corona destinada a la circulación de los vehículos y está constituida por dos o más carriles, entendiéndose por carril la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

Bombeo. En entretangencias horizontales las calzadas deben tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura.

Tabla 4.

Bombeo de la calzada.

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 – 3
Superficie de tierra o grava	2 – 4

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras 2008 (INVIAS), p. 152.

Sistemas de drenajes para carreteras. En las carreteras, el sistema de drenajes son obras que facilitan el manejo adecuado de los fluidos. Es preciso e indispensable considerar los procesos de captación, conducción, evacuación y disposición de los mismos. La falta de control del agua y fluidos en general, en la estructura de una carretera, deteriora las características geométricas, transferencia de carga, presiones de poros, presión hidrostática, supresión de flujos, incrementando los cambios volumétricos.

Este tipo de obra tiene como objetivo conducir las aguas de escorrentía o flujo superficial a su disposición final. Es un soporte importante para la protección de la estructura del pavimento y

seguridad de los usuarios, el drenaje es uno de los factores más importantes en el diseño de carreteras.

Deben estudiarse tres (3) problemas:

- a) La eliminación del agua superficial de la vía.
- b) El cruce de arroyos o de canales superficiales.
- c) Alejamiento y regulación del agua subterránea.

Drenaje superficial. El sistema de drenaje longitudinal está constituido por aquellas estructuras que se construyen en forma paralela al eje de la carretera; la más común es la cuneta, canal que recoge el caudal que recorre por la vía y lo canaliza. Por lo general la entrega se realiza aguas arriba o aguas debajo de una alcantarilla en una zona preparada para permitir el paso del agua.

Cunetas. Son canales abiertos construidos en los costados de las carreteras. El objetivo principal de estas obras es captar las aguas de escorrentía procedentes de las calzadas evitando así el encharcamiento de la vía que disminuye en el nivel de servicio de la misma y que pueden causar problemas por infiltración a las capas subyacentes.

Para el diseño de los canales no erosionables se tendrá en cuenta la ecuación de Manning.

$$V = (1/n) \times S^{1/2} \times R^{2/3}$$

$$Q = V \times A$$

Donde:

$$V = \text{Velocidad media en m/s}$$

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (0.013)

S = Pendiente hidráulica o del fondo del canal, m/m

R = Radio hidráulico, en m.

Q = Caudal en m^3 / segundo

A = Área de la sección, en m^2

Tabla 5.

Valores de coeficiente de rugosidad (n).

TIPO DE SUPERFICIE	n
Uniforme con suelo impermeable	0.02
Uniforme con suelo desnudo suelto	0.10
Suelo pobre en hierba, con cosecha en hileras o moderadamente rugoso y desnudo	0.20
Pastos	0.40
Bosques maderables desarrollados	0.60
Bosques maderables de coníferas, o bosques maderables desarrollados con una capa profunda de humus vegetal o pastos	0.80

Fuente: Manual de drenajes en carreteras del 2009 INVIAS tabla 2.1..

Estimación del caudal para el diseño obras hidráulicas. Para el cálculo de caudal de diseño autores como H.H. Barnes, V.T. chow y el U.I.S. Forest Service recomiendan el método racional por su sencillez y confiabilidad en donde el tamaño de la cuenca esta entre 0 y 12.5 km^2 .

La determinación del caudal de diseño para un sistema de recolección de aguas lluvias atiende generalmente el método racional, el cual asume que el caudal máximo que se acumula en un determinado punto como consecuencia de aguas pluviales está expresado por la ecuación:

$$Q = C \times i \times A$$

Dónde:

Q = Caudal en litros/segundo.

C = Coeficiente de escorrentía.

i = Intensidad de lluvia (litros/segundo/ha)

A = Área en Has.

La fórmula racional está basada en ciertas hipótesis según Krimgold, estas son:

- El escurrimiento resultante de cualquier intensidad de lluvia es un máximo cuando esta intensidad de lluvia dura, al menos tanto como el tiempo de concentración.
- El escurrimiento resultante de una intensidad de lluvia, con una duración igual o mayor que el tiempo de concentración, es una fracción de la precipitación.
- La frecuencia de la máxima descarga es la misma que la de la intensidad de lluvia para el tiempo de concentración dado.
- La relación entre máxima descarga y tamaño del área de drenaje es la misma que la relación entre duración e intensidad de precipitación.
- El coeficiente de escorrentía es el mismo para lluvias de diversas frecuencias.
- El coeficiente de escorrentía es el mismo para todas las lluvias en una cuenca dada.

El método racional no toma en cuenta el efecto de almacenamiento de la cuenca, pues supone que la descarga es igual a la precipitación pluvial menos toda la retención de la cuenca. Tampoco considera variaciones de intensidad de lluvia en el área durante todo el tiempo de concentración. Estas suposiciones hacen particularmente susceptible de errores de cálculo cuando el tamaño del área de drenaje es grande. Con valores correctos de precipitación pluvial y para un escurrimiento dado, la fórmula racional siempre sobreestima el escurrimiento, con errores apreciables al aumentar el tamaño de la cuenca.

El método considera la intensidad de lluvias, para una duración igual al tiempo de concentración, ya que se estima que habrá un incremento de caudal a medida que se incrementa el área, puesto que la disminución en intensidad con el tiempo es compensada con el mayor incremento de área.

Tiempo de concentración. Una de las hipótesis básicas de la fórmula racional es suponer que la lluvia será de suficiente duración para permitir la llegada simultánea del agua que cae sobre toda la superficie de la cuenca a la boca de la estructura de drenaje. Ese tiempo se ha denominado tiempo de concentración y es el requerido para que el agua que cae en el punto más alejado de la cuenca llegue al punto de salida.

Si la lluvia es de mayor duración que el tiempo de concentración t_c , el escurrimiento será menor que el calculado para dicho tiempo debido a que la intensidad de esta lluvia será menor que la de duración t_c . Si la lluvia que cae es de menor duración que t_c , también la descarga será menor, debido a que no toda la cuenca contribuye simultáneamente al escurrimiento.

Numerosas fórmulas empíricas han sido propuestas para la determinación del tiempo de concentración.

Entre ellas se muestran las siguientes:

- Kirpich $T_c = 0.066 * (L / J^{0.5})^{0.77}$
- Ven T. Chow $T_c = 0.274 * (L / J^{0.5})^{0.64}$
- Giandotti $T_c = \{ 4 * (A)^{0.5} + 1.5 * L \} / (25.3 * (J * L)^{0.5}$
- USCE $T_c = 0.364 * \{ (L * L_c) / J^{0.5} \}^{0.36}$
- Temez $T_c = 0.3 * (L / J^{0.25})^{0.76}$
- Kerby $T_c = 0.606 * (L * n)^{0.467} / J^{0.234}$

- Ventura – Heras $T_c = 0.06 * A / J$

En donde:

A = Área en km²

L = Longitud de la cuenca en kilómetros

J = Pendiente del terreno en m/m

n = Coeficiente de retardo

Periodo de retorno. El diseño hidrológico está directamente relacionado con la mitigación de los efectos que pueda causar caudales altos o crecientes. El diseño de las diferentes obras hidráulicas y de control obedecerán a los caudales y niveles de creciente correspondientes a frecuencias de ocurrencia o periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 20, 50 y 100 años según la importancia de la obra analizada.

Tabla 6.

Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje.

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS) ¹
Cunetas	5
Zanjas de Coronación ²	10
Estructuras de Caída ²	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Fuente: Manual de drenajes en carreteras del 2009 INVIAS tabla 2.2.

2.3 Marco Conceptual

Corredor vial: Vía particularmente diseñada/adaptada para un paso preferente de determinado tipo de vehículo a una velocidad superior al promedio, con paraderos q no afectan el flujo.

Topografía: Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales.

Carretera: Es una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles.

Calzada: Parte de la calle o de la carretera destinada a la circulación de los vehículos.

Carriles: Uno o varios, en que puede estar dividida la calzada, esté o no delimitada por líneas longitudinales y por la que se permite la circulación de automóviles y mot-Calzada o parte por la que circulan los vehículos.

Cuneta: Es la zona de la calzada para recoger el agua de lluvia.

Carpeta o capa de rodadura: Es la capa más superficial y tiene como principal función proporcionar una superficie segura, cómoda y estable en el tránsito vehicular; además de actuar como capa impermeable para impedir la infiltración de agua en la estructura del pavimento.

La base: Es la encargada de recibir los esfuerzos de la capa de rodadura y transmitirlo de forma adecuada a la subbase y a la subrasante.

La subbase: Se considera una capa netamente económica, debido a que el contenido de sus materiales es muy asequible y económicos. Tiene la función de actuar como capa de transición

entre la base y la subrasante, puesto que impide la penetración de materiales finos de la subrasante así, como la ascensión capilar.

Pavimentos flexibles: Aquellos cuya estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él.

Estudio de suelos: Permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir la composición de los elementos en las capas de profundidad, así como el tipo de cimentación más acorde con la obra a construir y los asentamientos de la estructura en relación al peso que va a soportar.

2.4 Marco Contextual

Ubicación del proyecto: El corredor vial urbano se encuentra localizado en el anillo vial oriental:

INICIO: 7.948030, -72.502669 O

FIN: 7.953890, -72.497540 O



Figura 6. Localización del proyecto.

Fuente: Google Maps.

2.5 Marco Legal

En la siguiente sección se presenta el reglamento estudiantil de la UFPS conforme al proyecto de grado:

Artículo 139. El trabajo de grado es un componente de plan de estudios y tiene como objetivos:

Brindar al estudiante la oportunidad de manifestar de manera especial su capacidad investigativa, su creatividad y disciplina de trabajo mediante la aplicación integral de los conocimientos y métodos requeridos.

Servir como instrumento de extensión a la comunidad y medio de generación del conocimiento.

Sistematización del conocimiento. Facilitar al estudiante su participación y concurso en la solución de problemas comunitarios.

Facilitar al estudiante de mayor autonomía en el desarrollo de trabajos científicos, científico-tecnológicos y profesionales propios de su población.

Artículo 140. El estudiante podrá optar por una de las siguientes modalidades de trabajo de grado:

Proyecto de investigación: Monografía, trabajo de investigación.

Proyecto de extensión: Trabajo social, labor de consultoría en aquellos proyectos en los cuales participe la universidad, pasantía, trabajo dirigido.

Parágrafo 1. El estudiante podrá optar como componente alterna al proyecto de grado, créditos especiales como cursos de profundización académico o exámenes preparatorios.

Parágrafo 2. Para algunos planes de estudio y de acuerdo con sus características el consejo académico podrá obviar la presentación del trabajo de grado.

Artículo 141. El proyecto de grado incluye la siguiente etapa:

Presentación del anteproyecto o plan de trabajo según corresponda a la modalidad del proyecto seleccionado.

Desarrollo de la investigación o ejecución física del proyecto.

Sustentación de investigación y/o verificaciones o aval de la realización del proyecto.

Parágrafo. Para todas las modalidades de proyecto de grado, el estudiante deberá presentar un informe final avalado por su director.

Artículo 142. Las condiciones y procedimientos para la presentación, desarrollo y evaluación de cada una de las modalidades de trabajo de grado, o sus componentes alternas, harán parte de la reglamentación específica de cada facultad, para cada plan de estudio.

Parágrafo. La universidad incorporara los trabajos de grado, como componente básico de su hacer y creara bancos de proyectos en los departamentos académicos y en la vicerrectoría asistente de investigación y extensión.

Artículo 143. Los trabajos de grado podrán ser iniciados por el estudiante que haya aprobado por lo menos el 60% de los créditos exigidos en su plan de estudio.

Artículo 144. Los trabajos de grado de carácter interdisciplinario de dos o más planes de estudio requieren de la aprobación de los comités involucrados.

Artículo 145. Todo trabajo de grado debe tener un director, el cual debe ser un profesional del área de conocimiento que trata el proyecto, y podrá estar o no vinculada a la universidad.

Artículo 146. Todo estudiante que haya culminado las asignaturas de su plan de estudios deberá matricularse semestre a semestre hasta tanto no haya presentado y aprobado el trabajo de grado.

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

Se considera que la propuesta es de tipo de investigación descriptiva, por lo que involucra la observación y búsqueda de información, permitiendo estudiar y conceptualizar características y componentes que intervienen en el diseño geométrico del corredor vial en el barrio San Fernando del Rodeo de la ciudad de Cúcuta.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población. La población está comprendida por la malla vial de la ciudad de Cúcuta.

3.2.2 Muestra. Corredor vial urbano los Peracos anillo vial oriental entre avenida 1 norte y avenida 0 norte del barrio el Salado de la ciudad de San José de Cúcuta, Norte de Santander.

3.3 Instrumentos para la recolección de Información

Se llevarán a cabo carteras de campo empleando los instrumentos necesarios para los estudios, además la utilización de una cámara fotográfica para el registro de evidencias.

3.3.1 Información Primaria. Se obtiene mediante las exploraciones de campo de acuerdo a los estudios realizados en el terreno.

3.3.2 Información Secundaria. Está se obtiene mediante el suministro de documentos o textos relacionados al Proyecto, sitios web y asesorías de los profesionales de la Universidad Francisco de Paula Santander.

3.4 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos

Se recurre a herramientas informáticas para el adecuado procesamiento de datos:

- Excel
- Word
- Google EARTH
- AutoCAD, Civil 3D.

Topografía.

Se ha definido tradicionalmente como la ciencia, el arte y la tecnología para encontrar o determinar las posiciones relativas de puntos situados por encima de la superficie de la tierra, sobre dicha superficie y debajo de ella. Sin embargo, en un sentido más general, la topografía se puede considerar como la disciplina que comprende todos los métodos para medir y recopilar información física acerca de la tierra y nuestro medio ambiente, procesar esa información y difundir los diferentes productos resultantes a una amplia variedad de clientes. (Ghilani, 2016)

Localización del levantamiento topográfico.

La siguiente propuesta es un proyecto dirigido el cual se implementará en el corredor vial que tiene 1 kilómetro de longitud ubicado entre la avenida 1 norte y la avenida 0 norte del barrio el Salado sector los Peracos, ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.

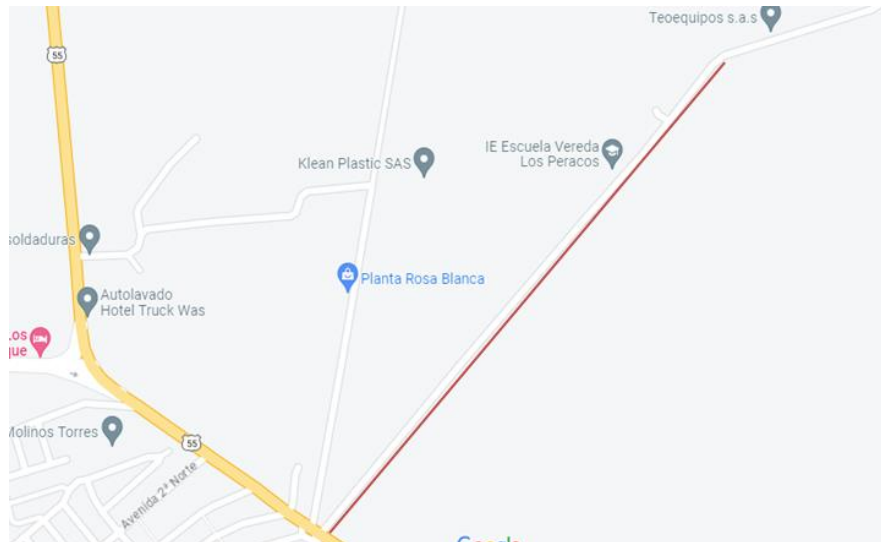


Figura 7. Localización del proyecto levantamiento topográfico.

El proceso de georreferenciación se realizó utilizando GPS GARMIN MAP60 CSX, teniendo como resultados las coordenadas:



Figura 8. GPS garmin map60 csx.

Características de la estación total.



Figura 9. Estación total ES-100

Datos obtenidos en el levantamiento.

Tabla 7.

Cartera de puntos obtenidos en el levantamiento.

CUADRO 1 DE 6				
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
3	842874.032	1370965.76	320.9869	R
4	842898.547	1370960.89	319.9997	PART
5	842901.84	1370976.96	319.9238	PART
6	842838.471	1370986.8	321.9695	PART
7	842818.958	1370976.68	322.9274	PART
8	842909.921	1370973.38	319.3397	VIA
9	842921.465	1370975.53	319.3824	VIA
10	842921.805	1370951.83	319.2048	VIA
11	842909.243	1370956.3	319.2322	VIA
12	842897.74	1370962.16	320.0522	VIA
13	842893.376	1370965.57	320.1732	VIA
14	842894.214	1370969.79	320.1403	VIA
15	842894.619	1370974.28	320.1442	VIA
16	842900.195	1370975.97	319.9461	VIA
17	842882.065	1370976.23	320.6361	VIA
18	842880.994	1370971.98	320.6614	VIA
19	842880.02	1370968.05	320.6911	VIA
20	842880.017	1370968.06	320.6912	VIA
21	842861.081	1370971.71	321.4017	VIA
22	842861.755	1370975.12	321.3645	VIA
23	842862.56	1370978.44	321.3359	VIA
24	842838.973	1370982.94	322.1022	VIA
25	842838.463	1370979.18	322.1802	VIA
26	842838.007	1370975.79	322.2064	VIA
27	842818.109	1370979.9	322.9829	VIA
28	842818.699	1370982.92	322.9322	VIA
29	842820.431	1370986.49	322.7653	VIA
30	842800.485	1370989.6	323.8482	VIA
31	842800.327	1370986.03	323.8865	VIA
32	842800.251	1370983.42	323.8875	VIA
33	842778.488	1370986.51	325.0475	VIA
34	842779.053	1370989.63	325.0344	VIA
35	842613.877	1371017.9	334.8185	D1
36	842874.028	1370975.99	321.2706	D1
37	842766.954	1370989.01	325.8092	UIA
38	842767.338	1370991.94	325.823	UIA
39	842743.727	1370993.05	327.0531	UIA
40	842743.439	1370996.09	327.1012	UIA
41	842742.391	1370998.98	327.1871	UIA
42	842716.755	1371004.29	328.4915	UIA
43	842715.623	1371001.35	328.6009	UIA
44	842713.56	1370998.15	328.6873	UIA
45	842722.637	1370994.13	328.3568	UIA
46	842688.873	1371000.32	329.9828	UIA
47	842688.877	1371001.91	330.0933	UIA
48	842688.841	1371005.11	330.1156	UIA
49	842688.814	1371008.09	330.0527	UIA
50	842666.147	1371011.35	331.462	UIA
51	842665.545	1371008.87	331.5187	UIA

CUADRO 2 DE 6				
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
52	842665.103	1371005.99	331.5344	UIA
53	842648.396	1371006.69	332.6966	UIA
54	842646.841	1371008.82	332.6316	UIA
55	842646.557	1371011.64	332.6521	UIA
56	842646.718	1371014.45	332.5739	UIA
57	842643.582	1371016.45	333.0556	UIA
58	842626.036	1371017.45	334.0625	UIA
59	842625.355	1371014.49	334.0549	UIA
60	842624.76	1371011.76	334.1236	UIA
61	842614.149	1371012.47	334.9524	UIA
62	842613.266	1371009.97	334.8692	UIA
63	842600.235	1371015.14	335.8112	UIA
64	842600.504	1371017.95	335.7938	UIA
65	842600.927	1371021.66	335.7577	UIA
66	842578.955	1371026.71	337.4657	UIA
67	842578.851	1371022.89	337.491	UIA
68	842578.642	1371019.65	337.4072	UIA
69	842578.694	1371018.48	337.3254	UIA
70	842576.214	1371016.22	337.3924	UIA
71	842564.609	1371022.31	338.496	UIA
72	842564.893	1371025.99	338.4383	UIA
73	842564.749	1371029.6	338.3472	UIA
74	842541.802	1371033.71	339.902	UIA
75	842541.724	1371030.34	339.9008	UIA
76	842532.958	1371029.26	340.0453	UIA
77	842504.864	1371037.81	342.3884	UIA
78	842504.47	1371035.01	342.4471	UIA
79	842505.4	1371040.8	342.4248	UIA
80	842479.759	1371045.36	344.2036	UIA
81	842478.949	1371042.22	344.2339	UIA
82	842478.515	1371039.56	344.2166	UIA
83	842474.895	1371039.83	344.3858	UIA
84	842475.241	1371043.16	344.4728	UIA
85	842475.385	1371046.03	344.5022	UIA
86	842454.902	1371050.36	346.0472	UIA
87	842454.186	1371046.99	345.9098	UIA
88	842453.37	1371043.66	345.8607	UIA
89	842433.478	1371047.78	347.0924	UIA
90	842433.786	1371050.7	347.263	UIA
91	842434.154	1371053.81	347.2808	UIA
92	842415.063	1371057.29	348.4153	UIA
93	842414.267	1371054.31	348.4643	UIA
94	842413.579	1371051.26	348.3119	UIA
95	842387.362	1371056.09	349.7195	UIA
96	842387.366	1371059.27	349.9431	UIA
97	842387.461	1371062.37	350.0482	UIA
98	842361.442	1371067.08	351.4811	UIA
99	842361.294	1371063.9	351.457	UIA
100	842361.02	1371061.68	351.3964	UIA

CUADRO 3 DE 6				
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
101	842334.927	1371065.83	352.9452	UIA
102	842335.457	1371068.78	353.1803	UIA
103	842335.952	1371071.79	352.9504	UIA
104	842311.112	1371076.85	354.7469	UIA
105	842310.838	1371073.88	354.7434	UIA
106	842310.193	1371070.13	354.5382	UIA
107	842284.419	1371074.61	356.655	UIA
108	842284.754	1371078.05	356.6506	UIA
109	842284.917	1371081.16	356.6771	UIA
110	842262.569	1371084.15	357.828	UIA
111	842262.055	1371081.09	357.8839	UIA
112	842261.256	1371078.58	357.7564	UIA
113	842236.979	1371082.75	358.8387	UIA
114	842237.069	1371085.76	358.9236	UIA
115	842237.395	1371088.66	358.9398	UIA
116	842240.141	1371087.93	358.7622	D2
117	842272.707	1371084.63	357.7199	RQST
118	842284.052	1371070.63	357.1945	RQST
119	842223.201	1371093.56	359.6082	RQST
120	842220.867	1371083.01	360.1736	RQST
121	842221.427	1371085.65	359.5314	VIA
122	842222.179	1371088.9	359.6361	VIA
123	842223.131	1371091.57	359.4895	VIA
124	842200.493	1371096.17	360.734	VIA
125	842200.305	1371092.87	360.7367	VIA
126	842199.925	1371089.86	360.6534	VIA
127	842183.79	1371089.5	361.7098	VIA
128	842187.423	1371090.83	361.5106	VIA
129	842179.771	1371086.31	361.9265	VIA
130	842171.816	1371086	362.347	VIA
131	842170.939	1371089.75	362.4775	VIA
132	842169.239	1371092.9	362.588	VIA
133	842166.9	1371094.87	362.7085	VIA
134	842168.23	1371100.13	362.6784	VIA
135	842169.031	1371103.78	362.5986	VIA
136	842150.15	1371107.62	364.0117	VIA
137	842149.883	1371103.13	363.9619	VIA
138	842149.585	1371099.22	364.0171	VIA
139	842128.594	1371103.2	365.6295	VIA
140	842129.425	1371106.97	365.568	VIA
141	842130.043	1371110.92	365.5865	VIA
142	842111.158	1371113.62	366.5166	VIA
143	842110.55	1371109.85	366.5509	VIA
144	842110.278	1371106.45	366.6624	VIA
145	842110.041	1371105.63	366.6691	VIA
146	842086.192	1371110.91	367.951	VIA
147	842087.212	1371114.45	367.7607	VIA
148	842087.597	1371117.8	367.7149	VIA
149	842070.555	1371113.26	368.6321	VIA
150	842063.92	1371115.65	369.1232	VIA

CUADRO 4 DE 6				
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
151	842064.575	1371119.52	369.1185	VIA
152	842064.978	1371122.04	369.1208	VIA
153	842044.683	1371125.55	370.1441	VIA
154	842044.343	1371121.74	370.1876	VIA
155	842043.919	1371118.16	370.1706	VIA
156	842019.432	1371122.33	371.4667	VIA
157	842020.118	1371125.93	371.3977	VIA
158	842020.352	1371128.93	371.4151	VIA
159	842000.608	1371131.74	372.538	VIA
160	842000.168	1371127.83	372.5603	VIA
161	841999.789	1371125.02	372.6097	VIA
162	841978.763	1371128.29	373.8614	VIA
163	841978.963	1371131.47	373.88	VIA
164	841979.21	1371134.47	373.8489	VIA
165	841958.022	1371138.28	375.0639	VIA
166	841957.143	1371135.01	375.1798	VIA
167	841956.308	1371132.2	375.2027	VIA
168	841933.575	1371141.27	376.5687	VIA
169	841939.797	1371141.12	376.2263	VIA
170	842127.47	1371101.06	365.9863	VIA
171	842194.359	1371087.86	361.642	RQST
172	842172.485	1371105.09	362.9505	RQST
173	842166.668	1371106.96	362.9101	RQST
174	842148.868	1371095.68	364.4659	RQST
175	842135.372	1371100.5	365.463	RQST
176	842171.161	1371079.89	362.0723	SUBEST
177	842175.978	1371078.84	362.0368	SUBEST
178	842186.818	1371076.47	362.0398	SUBEST
179	842067.575	1371097.41	369.6725	SUBEST
180	842062.583	1371098.18	369.9376	SUBEST
181	842059.172	1371098.6	370.142	SUBEST
182	841928.067	1371144.75	376.7223	D4
183	841955.524	1371130.72	375.0348	VIA
184	841955.833	1371132.22	375.0553	VIA
185	841956.433	1371135.52	375.1198	VIA
186	841956.941	1371138.82	375.0459	VIA
187	841957.602	1371140.92	375.0292	VIA
188	841940.232	1371147.81	376.119	VIA
189	841939.042	1371146.14	376.2287	VIA
190	841936.77	1371142.94	376.258	VIA
191	841935.481	1371140.19	376.3411	VIA
192	841934.444	1371138.85	376.2907	VIA
193	841916.023	1371153.09	377.2321	VIA
194	841916.744	1371153.82	377.2772	VIA
195	841918.705	1371156.17	377.1924	VIA
196	841921.157	1371158.9	377.207	VIA
197	841922.279	1371159.79	377.011	VIA
198	841906.021	1371173.51	378.0054	VIA

CUADRO 5 DE 6				
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
199	841903.903	1371170.84	377.9881	VIA
200	841901.719	1371168.1	377.9907	VIA
201	841888.242	1371181.77	378.8385	VIA
202	841890.86	1371184.27	378.7735	VIA
203	841892.895	1371186.51	378.738	VIA
204	841876.7	1371203.41	380.146	VIA
205	841871.427	1371198.01	380.1125	VIA
206	841874.057	1371200.67	380.0586	VIA
207	841851.893	1371214.47	381.8509	VIA
208	841854.224	1371217.6	381.6877	VIA
209	841855.984	1371220.25	381.621	VIA
210	841830.26	1371242.32	383.9017	VIA
211	841827.453	1371239.35	383.8605	VIA
212	841825.553	1371236.42	383.9026	VIA
213	841794.559	1371265.87	386.2201	VIA
214	841796.705	1371268.35	386.1868	VIA
215	841798.587	1371270.73	386.2007	VIA
216	841762.766	1371305.39	388.3911	VIA
217	841761.102	1371303.14	388.2872	VIA
218	841758.91	1371299.09	388.3037	VIA
219	841739.402	1371319.62	389.5631	D5
220	841838.746	1371223.2	382.9098	POST
221	841775.06	1371283.13	387.6005	POST
222	841751.217	1371315.7	389.4694	POST
223	841724.846	1371317.81	390.3071	POST
224	841715.219	1371333.03	390.5642	POST
225	841723.915	1371319.3	390.1891	ESC
226	841700.442	1371325.33	391.3899	ESC
227	841750.696	1371304.71	388.7657	UIA
228	841752.904	1371308.83	388.7304	UIA
229	841754.699	1371311.73	388.7033	UIA

CUADRO 6 DE 6				
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
230	841742.847	1371318.25	389.3327	UIA
231	841740.747	1371315.28	389.4157	UIA
232	841738.755	1371312.98	389.4629	UIA
233	841722.963	1371321.31	390.2993	UIA
234	841724.5	1371324.27	390.276	UIA
235	841725.732	1371326.98	390.1831	UIA
236	841699.092	1371339.25	391.4325	UIA
237	841697.842	1371336.58	391.4816	UIA
238	841697.593	1371332.25	391.3361	UIA
239	841672.328	1371341.29	392.4052	UIA
240	841673.343	1371344.6	392.4699	UIA
241	841674.545	1371348.47	392.3986	UIA
242	841648.374	1371358.82	393.9694	UIA
243	841647.261	1371355.94	393.8134	UIA
244	841645.825	1371353.14	393.8281	UIA
245	841620.468	1371363.31	395.4053	UIA
246	841620.939	1371365.81	395.3215	UIA
247	841621.875	1371368.74	395.439	UIA
248	841590.837	1371380.67	397.1449	UIA
249	841590.283	1371378.08	397.1226	UIA
250	841589.346	1371375.58	397.1866	UIA
251	841558.002	1371388.22	399.1196	UIA
252	841559.054	1371390.55	399.1122	UIA
253	841559.827	1371393.23	399.0372	UIA
254	841529.579	1371404.39	400.9781	UIA
255	841528.77	1371401.61	400.8943	UIA
256	841527.883	1371399.72	400.8597	UIA
257	841503.005	1371408.95	402.431	UIA
258	841503.928	1371411.19	402.4276	UIA
259	841504.584	1371413.5	402.6055	UIA
260	841474.638	1371420.83	404.1064	D6

Digitalización de planos topográficos.

El proceso de digitalización de la topografía en planta y en perfil fue realizado con los softwares especializados para el área de la ingeniería y la topografía como lo son CIVILCAD Y CIVIL3D. Para ver planos topográficos ver en anexos de este documento.

4. Diseño Geométrico

4.1 Clasificación y funcionalidad de las Vías

De acuerdo a la (Guía para el Diseño de Vías Urbanas para Bogotá D.C, 2004, pág. 28), la clasificación funcional de las vías atiende a una agrupación según las características del servicio que ofrecen en el marco de una red vial, es decir, si su configuración aporta a la movilidad, a la conectividad y/o a la accesibilidad local. Este tipo de clasificación se ha constituido como una importante herramienta en términos de planificación territorial y de formulación de planes viales y de movilidad, especialmente porque el concepto de funcionalidad de la vía permite generar vínculos respecto a otras variables tales como: las actividades predominantes, los niveles de tráfico, las restricciones de circulación por tipo de vehículo y velocidad, entre otros factores.

Entonces, la clasificación funcional de las vías se define como un proceso de la planificación territorial, cuya función principal es señalar la vocación de las vías existentes y proyectadas para determinar principalmente los tipos de movimientos de personas y bienes que se permiten sobre las vías, por ejemplo, tráfico de paso interurbano, de conectante de centros urbanos y suburbanos distantes, de transporte público, de acceso local, etc., (CAL Y MAYOR, DUARTE GUTERMAN, & ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA, Formulación del Plan Maestro de Movilidad para Bogotá D.C., 2006).

La clasificación funcional de las vías está basada en 6 estados presentes en la mayoría de los viajes (AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2011): Movimiento principal, transición, distribución, recolección y terminación. El movimiento principal, se asocia a un tránsito ininterrumpido de alta velocidad y larga distancia, para posteriormente pasar a una zona que permite transicional velocidad (generalmente intersecciones o rampas de salida), y

conectarse así a otro tipo de enlaces cuya función es de distribución; en este caso con viajes de media distancia y a velocidades moderadas, permitiendo conexión con escalas zonales.

Posteriormente se ingresa en las áreas de recolección que facilitan el acceso a los barrios y, por último, se realiza la conexión a las vías locales que proveen el acceso directo a las viviendas o punto final del viaje.

De acuerdo con estos conceptos generales, para Bogotá, el Plan de Ordenamiento Territorial (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C., 2004), estableció que el subsistema vial urbano está conformado por los siguientes componentes:

Malla Vial Arterial Intermedia: La malla vial intermedia se refiere al conjunto de calles y avenidas que conectan las vías principales de una ciudad o zona urbana. Es una red de vías que se encuentran en un nivel intermedio entre las vías principales, que son las arterias viales, y las vías secundarias, que son las calles de menor importancia.

La malla vial intermedia cumple una función importante en la distribución del tráfico en una ciudad, permitiendo que los vehículos se desplacen de manera eficiente y fluida desde las arterias principales hacia las calles secundarias y viceversa. Además, esta red de vías suele estar diseñada para facilitar el acceso a los diferentes barrios y zonas de la ciudad, permitiendo que los habitantes se desplacen de manera cómoda y segura.

Malla Vial Local: La malla vial local es la red de calles y carreteras de menor tamaño y capacidad que se encuentra en una ciudad o zona urbana. Esta red de vías tiene como objetivo principal proporcionar acceso a las propiedades y a los espacios públicos que se encuentran en una zona determinada.

A diferencia de la malla vial intermedia, la malla vial local se compone de calles y carreteras más estrechas, con menor cantidad de carriles y una velocidad máxima permitida más baja. Además, estas vías suelen tener una mayor cantidad de curvas, esquinas y obstáculos que pueden dificultar el tráfico de vehículos y peatones.

La malla vial local es una parte importante del sistema de transporte urbano, ya que permite que los residentes, trabajadores y visitantes se desplacen a través de la ciudad de manera eficiente y segura. Además, estas vías también pueden tener un papel importante en la reducción del tráfico en las arterias principales, ya que ofrecen alternativas de menor capacidad y velocidad para los desplazamientos locales.

4.2 Velocidad de Operación

La velocidad de operación de una vía es un factor clave en la planificación del transporte y la seguridad vial en Colombia. Determinar la velocidad de operación de una vía implica evaluar la velocidad a la que los vehículos pueden circular con seguridad en condiciones normales de tráfico y clima. En este ensayo, se explicará cómo se determina la velocidad de operación de una vía en Colombia.

En primer lugar, la velocidad de operación de una vía se determina a través de un estudio de velocidad, que es un proceso en el que se miden las velocidades de los vehículos en la vía en diferentes momentos del día y en diferentes condiciones de tráfico y clima. Los datos obtenidos de estas mediciones se utilizan para calcular la velocidad promedio de los vehículos que circulan en la vía.

Es importante tener en cuenta que la velocidad de operación de una vía no debe ser confundida con la velocidad máxima permitida en la misma. La velocidad máxima permitida es el límite legal de velocidad que se puede circular en una vía, mientras que la velocidad de operación se refiere a la velocidad a la que los vehículos pueden circular con seguridad en condiciones normales de tráfico y clima.

Para determinar la velocidad de operación de una vía en Colombia, se utilizan las normas técnicas establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), el cual es el organismo encargado de regular y supervisar las carreteras del país. Estas normas establecen que la velocidad de operación de una vía debe ser calculada en función de diversos factores, tales como el tipo de vía, el número de carriles, el tipo de pavimento, la presencia de curvas y pendientes, y la presencia de obstáculos o intersecciones.

Una vez se determina la velocidad de operación de una vía, esta información se utiliza para establecer medidas de seguridad vial, tales como la señalización, la instalación de barreras de protección y la restricción de vehículos pesados en ciertas áreas. Además, la velocidad de operación de una vía también se utiliza en la planificación del transporte y la gestión del tráfico, ya que permite establecer tiempos de viaje estimados y programar horarios de trabajo y de transporte público.

En conclusión, la determinación de la velocidad de operación de una vía es un proceso importante en la planificación del transporte y la seguridad vial en Colombia. A través de un estudio de velocidad y el cumplimiento de las normas técnicas establecidas por el INVÍAS, se puede calcular la velocidad a la que los vehículos pueden circular con seguridad en una vía

determinada. Esta información es fundamental para establecer medidas de seguridad vial y planificar el transporte en las diferentes regiones del país.

En este caso los diseños de mejoramiento deben contemplar medidas que optimicen las condiciones de seguridad vial, disminuyendo la velocidad de operación o aumentando la de diseño según lo definan las restricciones urbanísticas y de seguridad vial.

En el caso de proyectos viales nuevos, se puede hacer uso de los registros de velocidad de operación en vías con características similares a las que tendrá el proyecto objeto de diseño y, obtener así, un valor de partida para la velocidad de diseño, con un factor de seguridad vial, definido por la relación entre la velocidad de diseño sobre la velocidad de operación, de mínimo 1.0.

4.3 Velocidad de Diseño

La velocidad de diseño es un concepto fundamental en el diseño de carreteras y vías de transporte en todo el mundo. Se refiere a la velocidad máxima a la que se espera que los vehículos circulen en una vía determinada y se utiliza para determinar diversos aspectos del diseño de la vía, como la anchura de los carriles, la curvatura de la vía, la ubicación de las intersecciones y la distancia entre los obstáculos.

En Colombia, la velocidad de diseño es un factor clave en la planificación del transporte y la seguridad vial. La velocidad de diseño se calcula en función de diversos factores, tales como el tipo de vía, el volumen de tráfico esperado, la presencia de curvas y pendientes, y la presencia de obstáculos o intersecciones.

Es importante tener en cuenta que la velocidad de diseño no debe ser confundida con la velocidad máxima permitida en una vía determinada. La velocidad máxima permitida es el límite legal de velocidad que se puede circular en una vía, mientras que la velocidad de diseño se refiere a la velocidad a la que se espera que los vehículos circulen con seguridad en condiciones normales de tráfico y clima.

La velocidad de diseño es fundamental para garantizar la seguridad de los usuarios de las vías de transporte. Si la velocidad de diseño es demasiado alta para las condiciones de la vía, puede aumentar el riesgo de accidentes y lesiones en caso de colisiones. Por otro lado, si la velocidad de diseño es demasiado baja, puede generar congestiones y retrasos en el tráfico, lo que puede afectar negativamente la economía y el bienestar de la población.

Es importante tener en cuenta que la velocidad de diseño no solo es una cuestión de seguridad vial, sino que también puede tener implicaciones ambientales y económicas. Si se diseña una vía para una velocidad más alta de la que se espera que los vehículos circulen en la práctica, puede aumentar el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otro lado, si se diseña una vía para una velocidad más baja de la que se espera que los vehículos circulen en la práctica, puede generar costos adicionales en términos de tiempos de viaje y eficiencia del transporte.

En conclusión, la velocidad de diseño es un factor clave en la planificación del transporte y la seguridad vial en Colombia y en todo el mundo. A través del cálculo cuidadoso de diversos factores y el cumplimiento de las normas técnicas establecidas, se puede determinar la velocidad a la que se espera que los vehículos circulen con seguridad en una vía determinada. Esta

información es fundamental para garantizar la seguridad, la eficiencia y la sostenibilidad del transporte en Colombia.

De acuerdo a la (Guía para el Diseño de Vías Urbanas para Bogotá D.C, 2004, pág. 108), Esta velocidad corresponde a la máxima velocidad que un vehículo puede mantener en un determinado tramo de una vía, a la cual pueden circular los vehículos en condiciones de seguridad cuando las condiciones atmosféricas y de tránsito son favorables para garantizar que las características de diseño prevalezcan (Instituto Nacional de Vías INVIAS, Secretaria General Técnica, 1998).

Tabla 8.

Velocidad de diseño de referencia vs jerarquía de la vía y tipo de terreno.

JERARQUÍA DE LA VÍA	TIPO DE TERRENO		
	Plano	Ondulado	Montañoso
Arterial Principal	100-120*	80-100*	60-80
Arterial Complementaria	80-100*	60-80	40-60
Vías Intermedia	40-60	30-40	20-30
Vías Locales	30-40	20-30	10-20

Los valores presentados en la tabla anterior corresponden a velocidades de diseño aceptables para varias condiciones de terreno y volúmenes de tránsito asociadas con carreteras nuevas o reconstruidas.

4.4 Velocidad Específica

La velocidad específica es un concepto fundamental en el diseño y operación de sistemas de transporte y carreteras en todo el mundo. Se refiere a la velocidad media que puede alcanzar un vehículo en un tramo determinado de carretera en condiciones normales de tráfico y clima. En Colombia, los índices de velocidad son un factor clave en la planificación del tránsito y la

seguridad vial. La velocidad específica se calcula en función de varios factores, como el tipo de vía, el volumen de tráfico esperado, la presencia de curvas y pendientes y la presencia de obstáculos o intersecciones. La velocidad específica es importante porque afecta directamente la eficiencia del transporte y la seguridad vial. Si el límite de velocidad es demasiado bajo para las condiciones de la carretera, puede provocar congestión y retrasos en el tráfico, lo que puede tener un impacto negativo en la economía y el bienestar de los ciudadanos. Por otro lado, si una determinada velocidad es demasiado alta para las condiciones de la carretera, aumenta el riesgo de accidentes y lesiones en caso de colisión.

Es importante tener en cuenta que una velocidad específica no debe confundirse con la velocidad máxima permitida en una carretera específica. El límite máximo de velocidad es el límite de velocidad legal al que puede conducir en una carretera, mientras que la velocidad especificada es la velocidad a la que un vehículo está diseñado para viajar de manera segura en condiciones normales de tráfico y clima.

Las altas velocidades también tienen impactos ambientales y económicos. Si la carretera está diseñada para una determinada velocidad que es demasiado alta, aumenta el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otro lado, si la carretera está diseñada para una velocidad específica que es demasiado baja, surgirán costos adicionales tanto durante el viaje como en términos de eficiencia del transporte. En conclusión, el índice de velocidad es un factor clave en la planificación del tránsito y la seguridad vial en Colombia y el mundo. Al calcular cuidadosamente varios factores y observar los estándares técnicos establecidos, es posible determinar la velocidad promedio a la que un vehículo puede moverse con seguridad a lo largo de una determinada sección de la carretera. Esta información es fundamental para garantizar un transporte seguro, eficiente y sostenible en Colombia.

4.5 Velocidad Reglamentaria

Se refiere a la máxima velocidad permitida para la circulación vehicular según la normatividad vigente. De acuerdo con la ley 1239 de 2008, mediante la cual se modifican los artículos 106 y 107 de la Ley 769 del 2 de agosto de 2002 y se dictan otras disposiciones, en las vías urbanas las velocidades máximas y mínimas para vehículos de servicio público o particular será determinada y debidamente señalizada por la autoridad de Transito competente en el distrito o municipio respectivo. En ningún caso podrá sobrepasar los 80 kilómetros por hora. El límite de velocidad para los vehículos de servicio público, de carga y de transporte escolar, será de sesenta (60) kilómetros por hora. La velocidad en zonas escolares y en zonas residenciales será hasta de treinta (30) kilómetros por hora.

La misma norma establece que en las carreteras nacionales y departamentales las velocidades autorizadas para vehículos públicos o privados, serán determinadas por el Ministerio de Transporte o la Gobernación, según sea el caso teniendo en cuenta las especificaciones de la vía. En ningún caso podrá sobrepasar los 120 kilómetros por hora. Para el servicio público, de carga y de transporte escolar el límite de velocidad en ningún caso podrá exceder los ochenta (80) kilómetros por hora. Sera obligación de las autoridades mencionadas, la debida señalización de estas restricciones.

Para espacios urbanos y de acuerdo con la Ley 1383 de 2010 la velocidad en vías urbanas es máximo 80 km/h y será función de lo definido por la autoridad de tránsito, en este caso la Secretaria Distrital de Movilidad, la cual ha desarrollado un concepto técnico para la definición de límites de velocidad de operación en vías urbanas. (Guía para el Diseño de Vías Urbanas para Bogotá D.C, 2004, pág. 110)

4.6 Trazado del Alineamiento

Se define la poligonal base del diseño con el fin de conocer los lugares del corredor donde se requerirán curvas, y chequear el ángulo de deflexión, para elegir el tipo de concatenación requerida.

Las espirales están definidas por el parámetro de la clotoide, estimable a partir de la siguiente ecuación:

$$A = \sqrt[2]{L_e + R_c}$$

Donde:

A = Parámetro de curva (m)

Le = Longitud de la espiral (m)

Rc = Radio de la circular (m)

Ante todo, debe entenderse que la función geométrica de una espiral es transicional desde un radio infinito hacia un radio determinado, para poder obtener una variación gradual de la curvatura y adaptarse de mejor manera a la trayectoria vehicular. Para definir el diseño de la transición, en función de la fórmula anteriormente expuesta, el ángulo de deflexión es el elemento geométrico que mejor permite condensar los criterios de selección del tipo de concatenación.

Los casos en los que se presentan ángulos de deflexión grandes, implican radios cercanos al mínimo según la velocidad de diseño y, por lo tanto, parámetros de curva bajos y longitudes de

espiral menores, dan cabida a la incorporación de la curva circular intermedia y a una concatenación E-C-E.

Por lo contrario, ángulos de deflexión pequeños, implicarían radios amplios, por lo tanto, parámetros de curva altos y longitudes de espiral mayores que no dan espacio para la incorporación de la curva circular intermedia y en consecuencia resultan E-E. No obstante, cuando el ángulo de deflexión es muy pequeño, los disloques no cumplen los mínimos recomendados y se dificulta su replanteo para construcción, en consecuencia, se prefiere que sean diseñados con circulares.

Así, se puede conocer qué tipo de concatenación a utilizar de acuerdo a lo expresado en la siguiente tabla:

Tabla 9.

Tipo de curva de acuerdo al ángulo de deflexión.

ÁNGULO DE DEFLEXIÓN	TIPO DE CONCATENACIÓN	CASO
0-2°	SIN CONCATENACIÓN *	1
2°-6°	CIRCULAR	2
6°-20°	ESPIRAL-ESPIRAL	3
> 20°	E-C-E	4

Fuente: Guía para el Diseño de Vías Urbanas para Bogotá D.C, 2004, pág. 131

NOTA: Si el ángulo de deflexión es menor a 2° (caso 1), no es necesario que esta cuente con curva y se puede dejar como un punto de quiebre (PQ). Entre 2° y 6° se recomienda que se incorporen curvas circulares de longitud mayor a 150m, especialmente para arteriales e intermedias.

4.7 Peralte máximo en vías Arteriales e Intermedias

La definición del peralte máximo de diseño está determinada además de la condición de equilibrio, por las limitaciones o impactos sobre la accesibilidad a predios, la comodidad y seguridad en la circulación, el tipo de tránsito, entre otros aspectos. Para el caso de Bogotá, los peraltes máximos recomendados son del 4% y el 6% cuando las calzadas vehiculares estén

condicionadas por la franja lateral de espacio público y consiguientemente el acceso a predios. No obstante, cuando se trate de puentes, túneles o corredores segregados verticalmente, podrá usarse hasta un peralte del 8% cuando los radios tiendan al mínimo en función de la velocidad de diseño.

4.8 Peraltes máximos en Zonas Urbanas

En vías arteriales con velocidades de diseño mayores o iguales a 30 km/h, el peralte máximo debe ser 4% cuando el control de accesos es limitado o nulo y no existen separadores que delimiten las calzadas vehiculares. También se acepta del 6% si existen separadores que permitan absorber diferencias de altura y si se presenta un control de accesos parcial. Así, se podría por ejemplo diseñar las calzadas rápidas de un corredor arterial con 6% y las de servicio con 4%.

En puentes, túneles o corredores segregados verticalmente, con control total de accesos puede utilizarse peralte máximo del 8%, cuando el radio de la curva tienda al mínimo según la velocidad de diseño. En vías con velocidades inferiores a 30 km/h todo se maneja con bombeo normal.

4.9 Radio mínimo en Vías Arteriales e Intermedias

El mínimo radio de curvatura R_{min} puede ser calculado directamente de la ecuación simplificada de equilibrio:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{max} + f_{max})}$$

La siguiente tabla resume los radios mínimos para los coeficientes de fricción máximos calculados por (American Association of State and Transportation Officials, AASHTO, 2011):

Tabla 10.

Radio mínimo para diferentes velocidades de diseño y peraltes máximos.

Velocidad de Diseño Km/h	f_{max}	Radio Mínimo Redondeado		
		$e_{max}=4\%$	$e_{max}=6\%$	$e_{max}=8\%$
30	0.28	22	21	20
40	0.23	47	43	41
50	0.19	86	79	73
60	0.17	135	123	113
70	0.15	203	184	168
80	0.14	280	252	229
90	0.13	375	336	304
100	0.12	492	437	394
110	0.11	NA	560	501
120	0.09	NA	756	667

Fuente: Guía para el Diseño de Vías Urbanas para Bogotá D.C, 2004, pág. 137.

Tabla 11.

Tasa de peraltes para determinados radios, velocidades y peraltes máximos.

TASA DE PERALTE PARA DIFERENTES RADIOS, VELOCIDADES DE DISEÑO Y PERALTES MÁXIMOS																																
R	G(°)	$e_{max}=4\%$										$e_{max}=6\%$										$e_{max}=8\%$										
m		Vd=30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
3000	0.191	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2500	0.229	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.30	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2000	0.286	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.14	2.73	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
1500	0.382	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.19	2.67	3.30	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
1400	0.409	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.32	2.81	3.43	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
1300	0.441	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.46	2.95	3.57	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
1200	0.477	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.11	2.61	3.11	3.70	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
1100	0.521	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.26	2.78	3.29	3.83	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
1000	0.573	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.44	2.97	3.47	3.93	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
900	0.637	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.10	2.64	3.18	3.65	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.20	2.89	3.64	4.42	5.15	5.85	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
800	0.716	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.31	2.87	3.41	3.83		2.00	2.00	2.00	2.00	2.44	3.18	3.98	4.77	5.46	5.98	2.00	2.00	2.00	2.00	2.11	3.00	3.93	4.92	5.94	6.89	7.78
700	0.819	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.56	3.14	3.65	3.97		2.00	2.00	2.00	2.00	2.74	3.54	4.37	5.16	5.76		2.00	2.00	2.00	2.00	2.38	3.37	4.38	5.44	6.47	7.36	7.98
600	0.955	2.00	2.00	2.00	2.00	2.25	2.86	3.44	3.87	3.99		2.00	2.00	2.00	2.21	3.11	3.98	4.84	5.56	5.97		2.00	2.00	2.00	2.00	2.74	3.85	4.94	6.05	7.05	7.78	
500	1.146	2.00	2.00	2.00	2.00	2.59	3.23	3.75	4.00			2.00	2.00	2.00	2.59	3.60	4.52	5.35	5.91			2.00	2.00	2.00	2.00	2.16	3.22	4.47	5.65	6.77	7.64	8.00
400	1.432	2.00	2.00	2.00	2.24	3.03	3.64	3.98				2.00	2.00	2.13	3.13	4.25	5.18	5.84	5.95			2.00	2.00	2.65	3.89	5.30	6.54	7.54	8.00			
300	1.910	2.00	2.00	2.00	2.79	3.58	3.98					2.00	2.00	2.74	3.92	5.10	5.85	5.92				2.00	2.02	3.42	4.90	6.45	7.55	8.00				
250	2.292	2.00	2.00	2.27	3.15	3.86						2.00	2.00	3.18	4.46	5.58	6.00					2.00	2.39	3.99	5.61	7.13	7.94					
200	2.865	2.00	2.00	2.69	3.58	4.00						2.00	2.32	3.79	5.12	5.96						2.00	2.92	4.77	6.50	7.79						
180	3.183	2.00	2.00	2.90	3.75	3.93						2.00	2.55	4.10	5.40	6.00						2.00	3.20	5.17	6.90	7.96						
160	3.581	2.00	2.00	3.13	3.90							2.00	2.82	4.45	5.68							2.00	3.55	5.63	7.32	7.98						
140	4.093	2.00	2.22	3.40	3.99							2.00	3.15	4.85	5.91							2.09	3.97	6.16	7.71							
120	4.775	2.00	2.51	3.67	3.94							2.00	3.56	5.29	6.00							2.41	4.50	6.77	7.98							
100	5.730	2.00	2.86	3.92	3.51							2.24	4.08	5.73								2.84	5.18	7.41	7.86							
110	5.209	2.00	2.67	3.80	3.79							2.06	3.80	5.52								2.61	4.82	7.09	7.99							
100	5.730	2.00	2.86	3.92	3.51							2.24	4.08	5.73								2.84	5.18	7.41								
90	6.366	2.00	3.07	3.99								2.46	4.39	5.91								3.12	5.59	7.71								
80	7.162	2.00	3.31	3.98								2.72	4.75	6.00								3.45	6.06	7.94								
70	8.185	2.13	3.56									3.04	5.14									3.87	6.59	7.99								
60	9.549	2.41	3.80									3.44	5.54									4.39	7.17									
40	14.324	3.20	3.89									4.62	5.96									5.94	8.00									
30	19.099	3.73										5.44										7.05										
20	28.648	3.95										5.99										8.00										
10	57.296																															

Fuente: Guía para el Diseño de Vías Urbanas para Bogotá D.C, 2004, pág. 139.

4.10 Transición del Peralte

A lo largo del tramo de carretera que precede al alineamiento curvo, para pasar de una sección con bombeo a otra con peralte, es necesario efectuar un cambio de la inclinación transversal de la calzada. Este cambio no puede efectuarse bruscamente, sino que debe hacerse a través de una variación gradual de la pendiente de la calzada. (Careciente, 1980).

Por confort y apariencia, las practicas actuales recomiendan que la longitud del tramo donde se efectuó la transición del peraltado, debe ser tal que la pendiente del borde exterior de la plataforma, relativa al eje de la misma, no debe ser superior a 1:250 (Carciente, 1980). En funcion de la velocidad de diseño, las siguientes deben ser las máximas pendientes relativas:

Tabla 12.

Máximas pendientes relativas.

Velocidad de Diseño km/h	mpr max
30	1:133
40	1:143
50	1:154
60	1:167
70	1:182
80	1:200
90	1:213
100	1:227
110	1:244
120	1:250

Fuente: Guía para el Diseño de Vías Urbanas para Bogotá D.C, 2004, pág. 140

4.11 Parámetros y criterios del diseño de secciones Transversales

Una sección transversal incluye diferentes componentes apreciables en función de un plano dispuesto perpendicularmente al eje, en un punto cualquiera del trazado. El diseño de secciones transversales hace parte integral del diseño de un proyecto vial, pues en conjunto con la planta y

el perfil, permiten la visualización tridimensional de la infraestructura, mediante la incorporación de elementos del diseño geométrico como la inclinación transversal para garantizar la seguridad en curva y el drenaje superficial. El valor agregado en el diseño de las secciones transversales radica en la incorporación de las zonas peatonales, de ciclo usuarios, la señalización, el mobiliario urbano, obras de drenaje, y en general el esquema de integración a la estructura urbana de la zona. Además, facilitan la cuantificación de las cantidades de obra.

En este sentido, la visualización de la sección transversal permite conocer las características físicas de la vía y de su entorno, sumado a esto la sección determina la capacidad de la vía e influye notablemente en la percepción que el conductor tiene de la misma, estimulándolo a ir a mayor velocidad u obligándolo a reducirla. Cabe anotar que como se ha visto en capítulos anteriores la selección de las dimensiones de la sección transversal atiende a controles primarios del POT estudios de capacidad y nivel de servicio, análisis urbanos y de uso del suelo, seguridad vial, entre otros aspectos; no obstante, este capítulo condensara algunas recomendaciones desde el diseño geométrico y la seguridad vial, para cada uno de los elementos de la sección transversal.

En la sección transversal de una vía urbana se precisan las funciones de la vía, la capacidad esperada y su nivel de integración con el entorno.

La sección de una vía urbana debe responder a tres solicitudes simultáneamente: por una parte, debe acoplarse de la mejor manera posible al entorno sobre el cual se desarrolla, por otra, debe seguir las especificaciones establecidas de acuerdo a su jerarquía, en pro de su vocación y del modelo de ocupación territorial y el plan de movilidad; y por último, debe ser diseñada bajo criterios de seguridad vial.

4.12 Dimensionamiento de la sección Transversal

Como ya se mencionó, la sección trasversal de una vía urbana debe contemplar numerosos factores que afectan o intervienen directamente en sus especificaciones.

Dentro de los criterios más importantes se resaltan los siguientes:

Jerarquía vial y velocidad del proyecto. El tipo de vía que se planea construir según reglamentación urbana (POT, Plan Vial y Plan de Movilidad) y la velocidad de diseño de la misma, permite conocer las dimensiones reglamentadas, la disposición de las calzadas, y los anchos de las mismas. Basado en (MOPT, 1992).

Trafico. Como es bien sabido, el número de carriles que constituyen la calzada vehicular en una vía urbana, influye directamente en la capacidad de la vía y en su nivel de servicio. También es importante conocer el tipo de tráfico que circula por la vía, para determinar los anchos mínimos de los carriles (MOPT, 1992), el modelo de ocupación del territorio y los usos del suelo. Estudios de densidad urbana y gestión de suelo pueden incidir en mayores requerimientos de capacidad y consiguientes modificaciones a la sección transversal, en casos de intersecciones.

Análisis urbanísticos vinculados, por ejemplo, al efecto barrera pueden exigir la incorporación de vías de servicio bidireccionales, con determinados aislamientos respecto a las calzadas principales, y tratamientos peatonales especiales.

Gradualidad en los planteamientos, en función de las necesidades de ampliación o modificaciones futuras, todo, de acuerdo con el POT vigente.

4.13 Elementos de diseño de las Secciones Transversales

A nivel urbano las secciones transversales pueden incluir:

Zonas vehiculares, entre bordes de vía:

Calzadas:

- De servicio
- Principales
- Solo Bus
- Ciclo ruta

Separadores:

- Laterales
- Centrales
- Taludes, terraplenes o muros de contención

Zonas de circulación exclusiva:

- Carriles exclusivos para Transporte Publico
- Estaciones de Transporte Publico sobre separador central

Zonas Laterales: entre borde vía y paramento

Zonas de Protección Ambiental

- Andenes
- Ciclo rutas

Zonas abordadoras**Zonas verdes****Zonas Complementarias**

- Paraderos o Zonas de ascenso y descenso de pasajeros laterales
- Estacionamientos

5. Estudio de Suelos

5.1 CBR

Tabla 13.

Datos de la vía los Peracos.

SECTOR :	Peracos Via		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1,2 Y 3
PROFUNDIDAD	1,00 metros	MUESTRA No. :	1,2 Y 3
DESCRIPCIÓN :	Granular arcilloso, plasticidad media, color amarillo		

Compactación en el laboratorio.

Tabla 14.

Datos de compactación en el laboratorio.

Número de golpes	56	26	12
Molde No.	5	38	13
Cantidad agua adicionada (c.c.)	400	400	400
Peso molde+suelo húmedo (gr.)	12434.6	11715	13882.7
Peso molde (gr.)	7366.4	6798.4	9174.4
Peso suelo húmedo (gr.)	5068.2	4916.6	4708.3
Humedad (%)	7.80	7.73	8.03
Peso suelo seco (gr.)	4701.49	4563.84	4358.47
Peso suelo seco (Lb.)	10.37	10.06	9.61
Volumen del molde (pie ³)	0.082	0.082	0.082
Densidad seca (Lb/pie ³)	126.66	122.95	117.42
Densidad seca (gr/cm ³)	2.03	1.97	1.88

Humedad de compactación.

Tabla 15.

Datos de humedad de compactación.

Número de golpes	55			26			12		
Molde No.	5			38			13		
Frasco No.	204	273	243	288	202	241	282	206	254
Peso muestra húmeda+Frasco(gr.)	219.48	233.50	232.44	226.84	200.5	215.22	216.43	211.26	219.98
Peso muestra seca+Frasco (gr.)	209.36	222.89	221.94	216.04	191.1	204.76	205.25	200.53	209.85
Peso frasco (gr.)	73.96	90.18	89.54	75.98	69.72	69.32	73.00	72.39	70.16
Humedad (%)	7.4742	7.99	7.9305	7.71	7.754	7.72	8.45	8.37	7.25
	7.80			7.73			8.03		

Pruebas de expansión.

Tabla 16.

Datos de pruebas de expansión

Molde No.	5	38	13
Lectura inicial (pulg.)	11	33	55
Lectura 2º día (pulg.)	14	41	64
Lectura 3º día (pulg.)	14	41	66
Lectura 4º día (pulg.)	14	41	66
Expansión total (pulg.)	0.003	0.008	0.011
Expansión total (%)	0.06	0.16	0.22

Humedad de saturación.

Tabla 17.

Datos de humedad de saturación.

Número de golpes	55			26			12		
Molde No.	5			38			13		
Frasco No.	264	229	280	204	291	254	248	241	206
Peso muestra húmeda+Frasco(gr.)	211.99	203.78	210.64	214.73	206.5	203.75	225.37	202.76	211.98
Peso muestra seca+Frasco (gr.)	199.68	191.02	198.08	199.21	191.0	187.30	208.55	187.29	194.83
Peso frasco (gr.)	90.31	71.14	90.03	73.96	70.56	70.16	72.28	69.32	72.39
Humedad (%)	11.255	10.64	11.624	12.39	12.89	14.04	12.34	13.11	14.01
	11.17			13.11			13.15		

5.2 Penetración CBR

Relación esfuerzo deformación.

Tabla 18.

Datos relación esfuerzo deformación.

CONSTANTE DEL ANILLO:	9.1768	libras/Div.	AREA DEL PISTON	3	psi	
MOLDE No.	5		38		13	
PENETRACIÓN	CARGA	C.U.	CARGA	C.U.	CARGA	C.U.
0.005	2	6.12	3	9.18	3	9.18
0.025	11	33.65	21	64.24	9	27.53
0.050	54	165.18	54	165.18	19	58.12
0.075	102	312.01	87	266.13	26	79.53
0.100	137	419.07	115	351.78	33	100.94
0.150	206	630.14	174	532.25	46	140.71
0.200	271	828.97	221	676.02	54	165.18
0.250	335	1024.74	261	798.38	62	189.65
0.300	388	1186.87	297	908.50	70	214.13
0.400	482	1474.41	342	1046.16	82	250.83
0.500	580	1774.18	387	1183.81	95	290.60
C.B.R. 0,1"	41.91		35.18		10.09	
C.B.R. 0,2"	55.26		45.07		11.01	
C.B.R.	55.26		45.07		11.01	
VALOR DE C.B.R. PARA 95% DE LA DENSIDAD MÁXIMA			VALOR DE C.B.R. PARA 100% DE LA DENSIDAD MÁXIMA			
40.00%			52.00%			

5.3 Gráficas de CBR

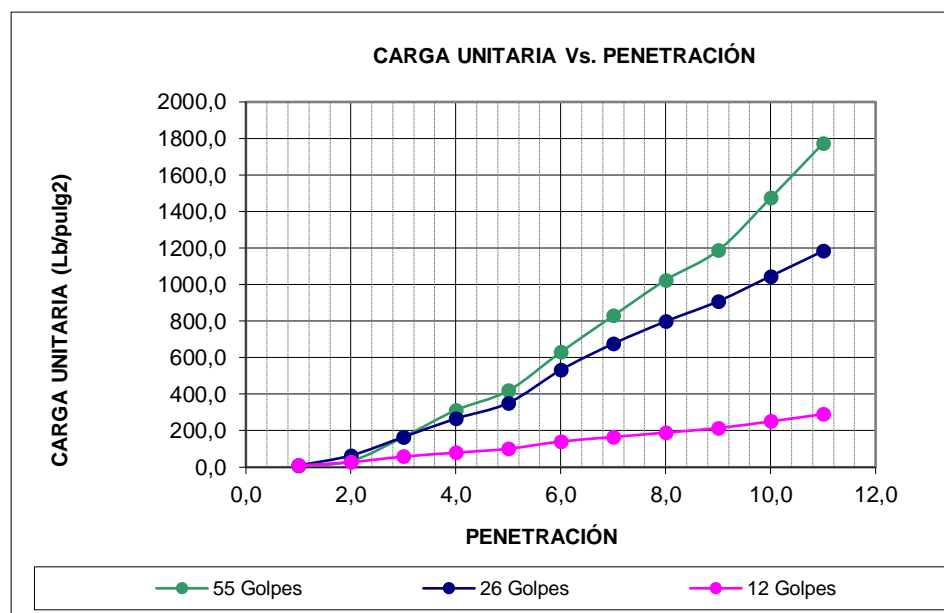


Figura 10. Grafica carga unitaria vs penetración.

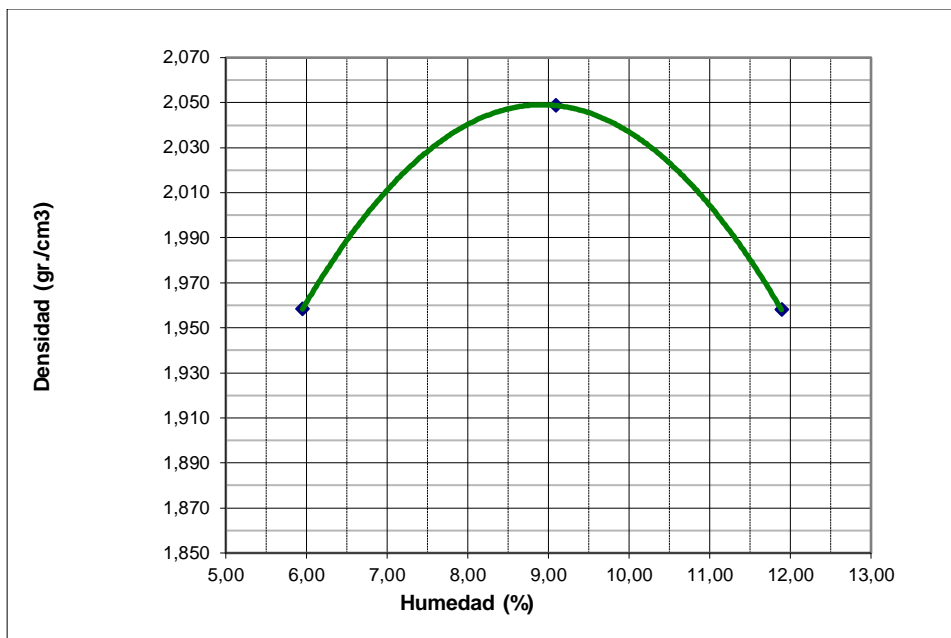


Figura 11. Humedad vs densidad.

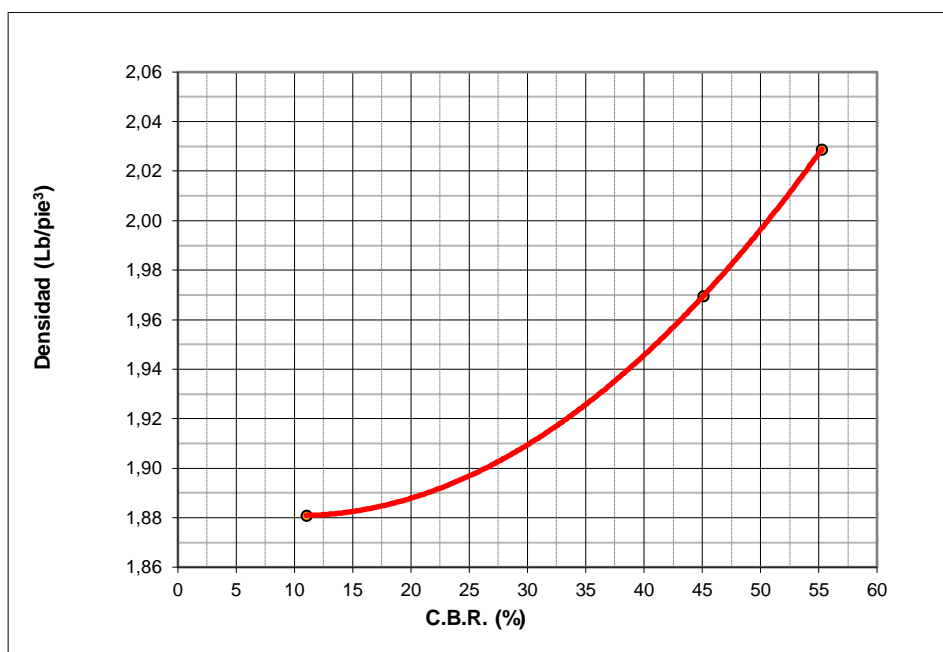


Figura 12. CBR vs Densidad.

5.4 Compactación Proctor Modificado

Tabla 19.

Datos compactación proctor modificado.

MOLDE No.	1	2	2	
CANTIDAD DE AGUA	200	350	500	
PESO MOLDE+SUELO HUMEDO (gr.)	11720	12122,1	12114,3	
PESO MOLDE (gr.)	7407	7407	7407	
PESO SUELO HUMEDO (gr.)	4313	4715,1	4707,3	
HUMEDAD (%)	7,46	12,21	11,89	
PESO SUELO SECO (gr.)	4013,41	4201,91	4207,09	
VOLUMEN (cm ³)	2124	2124	2124	
DENSIDAD SECA (gr./cm ³)	1,890	1,978	1,981	

Tabla 20.

Datos proctor modificado moldes No 1, 2 y 3.

Molde No.	1			2			3		
Frasco No.	280	264	243	204	234	241	269	273	220
Peso muestra húmeda+Frasco(gr.)	242.85	232.27	239.18	205.31	197.14	201.71	206.86	222.17	196.03
Peso muestra seca+Frasco (gr.)	234.28	224.27	230.79	194.30	186.83	190.67	194.51	207.62	183.05
Peso frasco (gr.)	90.05	90.32	89.54	73.96	72.58	69.32	90.14	90.18	69.66
Humedad (%)	5.94	5.97	5.94	9.15	9.02	9.10	11.83	12.39	11.45
Humedad Promedio (%)	5.95			9.09			11.89		

Grafica de compactación.

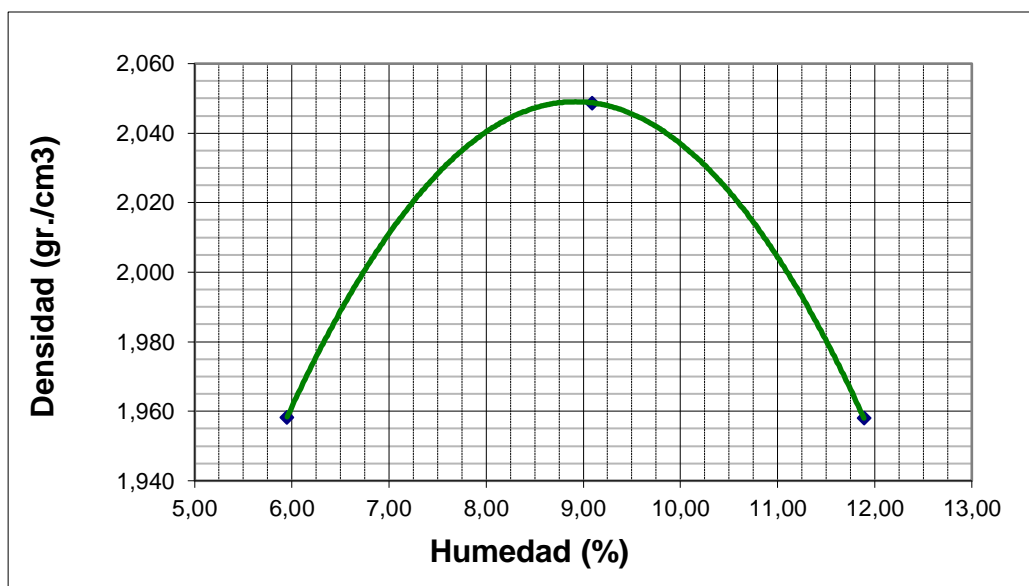


Figura 13. Gráfica de humedad vs densidad.

Tabla 21.*Resultados de la densidad seca y humedad óptima.*

Densidad Seca (gr/cm ³):	2.05
Humedad Optima (%):	9.00

6. Estudio de Tránsito

6.1 Cálculo de Tránsito Promedio Diario

En el aforo realizado durante los 7 días de la semana y las 24 horas del día, se obtuvo el siguiente tránsito:

Tabla 22.

Volumen vehicular semanal.

CONTEO MANUAL DE TRANSITO								
Tipo vía: Calzada bidireccional con dos carriles			DIA DE LA SEMANA: Semana 1			ESTACION N°: 1		2019
DIA	AUTOMOVIL	BUSETA BUS	CAMION 2P	CAMION 2G	C3	C5	>C5	TRANSITO DIARIO
Lunes	60		107	2	22			191
Martes	47		100	2	20			169
Miercoles	50		80	3	20			153
Jueves	55		47	4	21			127
Viernes	29		75	5	21			130
Sábado	50		72	1	22			145
Domingo	52		98	1	25			176
TRANSITO SEMANAL	343		579	18	151			1091
COMPOSICION DEL TRANSITO (%)	31,44%		53,07%	1,65%	13,84%			100%

De acuerdo a la tabla anterior, se obtuvo que el volumen vehicular durante los 7 días es de 1277 vehículos, cuyo resultado es utilizado para calcular el TPDs

$$TPDs = \frac{1091}{7} = 156 \text{ veh/dia}$$

Donde,

TPDs: Transito Promedio Diario Semanal.

Luego, se determina el TPDA con base al TPDs, como lo indica el INVIAS.

$$K = \left(\frac{B\sigma}{\sqrt{n}}\right) \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}\right)$$

Donde,

N: Días del año (365 ó 366)

n: Días de conteo (7)

B: Valor adoptado para el coeficiente de confianza

σ : Desviación estándar (valor proporcionado por la cartilla)

Cc: Porcentaje de confiabilidad requerido

Entonces, se determina el TPDA para un nivel de confianza del 90%:

$$B = \sqrt{\frac{1}{1-Cc}} \qquad B = \sqrt{\frac{1}{1-0.90}} = 3.16$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - TPDs)^2}{7}}$$

Nº	Xi	(Xi-TPDs) ²
1	198	256
2	171	121
3	180	4
4	191	81
5	186	16
6	187	25
7	164	324
Σ		827

σ^2	118
σ	11 veh/día

$$K = \left(\frac{B\sigma}{\sqrt{n}}\right) \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}\right) \qquad K = \left(\frac{3.16 \times 11}{\sqrt{7}}\right) \left(\sqrt{\frac{365-7}{365-1}}\right) = 13 \text{ Veh/día}$$

$$TPDA = TPDs + K$$

- $TPDA = 182 + 13 = 195$ Límite superior
- $TPDA = 182 - 13 = 169$ Límite inferior

6.2 Tasa de Crecimiento

Debido a que la vía en estudio es una construcción nueva para pavimento flexible y que no cuenta con una serie histórica de tránsito, de manera que se toma un estudio de una vía muy cercana a esta que si cuenta con dicha información.

La estación del INVIAS más cercana que cuenta con serie histórica es la vía CUCUTA-PUERTO SANTANDER, que por medio del software TRANSITO, un programa de computador diseñado para procesar datos tránsito y cargas vehiculares, desarrollado para analizar los conteos vehiculares, en este caso, lo utilizamos para calcular la tasa de crecimiento cuyo resultado impactará de igual manera a la vía en estudio, siendo un valor de 6.10%, como se muestra a continuación:

The screenshot shows the 'ESTACIONES DE CONTEO' window in the TRANSITO software. The interface includes the following fields and controls:

- Código Estación de Conteo:** 00000748
- Descripción:** CUCUTA - PUERTO SANTANDER
- Regional:** 18 (Norte de Santander)
- Ruta:** 55
- Tramo:** 5507
- Tipo de Tramo:** Una Calzada 2 Sentidos
- Número de Carriles:** 2
- Longitud (Km):** 52
- Ubicación Geográfica (g,m,s):**
 - Latitud: 8,9,44.26
 - Longitud: -72,22,34.01

At the bottom, there is a toolbar with icons for 'Crear', 'Modificar', 'Cancelar', 'Listar', 'Indexar', 'Salir', and a globe icon.

Figura 14. Selección de la Estación de Conteo con el programa TRANSITO.

Tipo de Vehículo	Descripcion	Distribución Promedio Vehiculos (%)	Distribución Promedio N8.2(%)
AUTO	AUTOS	70.57	0.00
BUS	BUSES	6.71	3.82
C2P	C2P	7.27	3.06
C2G	C2G	13.00	69.20
C3-C4	C3-C4	1.97	19.17
C5	C5	0.20	2.28
C6	C6	0.28	2.46
MOTO	MOTO	0.00	0.00
MOTOCARRO	MOTOCARRO	0.00	0.00
	% CRECIMIENTO VEHICULAR :	6.10	

Figura 15. Tasa de crecimiento con el programa TRANSITO.

6.3 Periodo de Diseño

El manual de INVIAS presenta una tabla donde recomienda los periodos de diseños analizados recomendados. Para la vía en estudio el periodo de Diseño es de 10 años.

Tabla 23.

Periodo de Diseño.

	CATEGORÍA DE LA CARRETERA			
	I	II	III	IV
DESCRIPCIÓN	Autopistas interurbanas, Caminos interurbanos principales	Colectoras interurbanas, Caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con tránsito medio, Caminos estratégicos	Pavimentos especiales e innovaciones
Rango TPD inicial	5000	1000-10000	-1000	-10000
Periodo de diseño recomendado (años)	20	15	10	10 - 15

Fuente: Instituto Nacional De Vías. Manual de diseño de pavimentos Asfálticos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito.

6.4 Proyección del Tránsito

Las proyecciones del tránsito se realizaron teniendo en cuenta la siguiente ecuación del manual del INVIAS de Medios y Altos Volúmenes de tránsito:

$$Tf = Ti * \frac{(1 + r)^{10} - 1}{Ln(1 + r)}$$

Dónde:

Tf = Transito futuro acumulado

Ti= Transito en el año cero

r = Tasa de crecimiento anual.

N = Periodo de diseño.

Entonces, el resultado es el siguiente:

$$Tf = 195 * \frac{(1+0.061)^{10}-1}{Ln(1+0.061)} = 2661 \text{ veh/día}$$

Factor camión.

Se entiende como factor camión al número de aplicaciones de ejes sencillos con carga equivalente de 8.2 toneladas, correspondientes al paso de un vehículo comercial (Buses y Camiones).

$$F_c = \frac{\%C2P * Fe + \%C2G * Fe + \%C3 * Fe + \%C4 * Fe + \%C5 * Fe}{\%C2P + \%C2G + \%C3 + \%C4 + \%C5}$$

Para determinar el Fc para la siguiente composición del tránsito:

Tabla 24.

Composición vehicular.

TIPO DE VEHICULO	Automóvil	C2P	C2G	C3
COMPOSICION DEL TRANSITO (%)	31.64%	51.92%	1.25%	15.19%

Y los factores de daño propuestos por el INVIAS.

Tabla 25.
Factor de equivalencia

TIPO DE VEHICULO	FACTOR DE EQUIVALENCIA
C-2P	1,14
C-2G	3,44
C-3	3,76
C2-S1	3,37
C-4	6,73
C3-S1	2,22
C2-S2	3,42
C3-S2	4,4
C3-S3	4,72
BUS P-600	0,4
BUS P-900	1
BUSETA	0,05

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Manual de diseño de pavimentos Asfálticos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito.

Luego, se calcula el factor camión:

$$F_c = \frac{51.92\% * 1.14 + 1.25\% * 3.44 + 15.19\% * 3.76}{51.92\% + 1.25\% + 15.19\%} = 1.764$$

6.5 Determinación del Número de Ejes Equivalentes

Para calcular el número de ejes equivalentes se tiene en cuenta la siguiente ecuación:

$$N = TPD * \frac{A}{100} * \frac{B}{100} * 365 * \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)} * F.C.$$

Donde,

TPD: Transito promedio diario inicial

A: Porcentaje de vehículos pesados (buses y camiones)

B: Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño

r: Rata anual de crecimiento del transito

n: Periodo de diseño

F.C.: Factor camión

Por lo que las variables son las siguientes:

$$A: 51.92\% + 1.25\% + 15.19\% = 68.36\%$$

B: 50%, porque es una calzada bidireccional con dos carriles.

$$F.C.=1.764$$

$$N = 2661 * \frac{68.36\%}{100} * \frac{50\%}{100} * 365 * 1.764$$

$$= 585.763 \text{ o } \mathbf{0.586 \times 10^6} \text{ ejes equivalentes } 8.2 \text{ Toneladas en el carril de dise\u00f1o}$$

7. Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible por Método INVIAS

El método INVIAS para el diseño de pavimentos flexibles, es un manual que se utiliza para el diseño de las carreteras a nivel Nacional y aquellas por donde el tráfico es de medios y altos volúmenes de tránsito. Para determinar la estructura de pavimento, se requiere identificar tres parámetros que dependen del tránsito, la región climática y el tipo de suelo.

El tipo o designación del tránsito se compara de la siguiente tabla, donde el tránsito de la vía en estudio dio 0.586×10^6 ejes equivalentes 8.2 Toneladas en el carril de diseño y según la tabla se encuentra en el rango para tránsitos **T1**.

Tabla 26.

Rangos de transito considerados en la norma.

DESIGNACION	RANGOS DE TRANSITO ACUMULADO POR CARRIL DE DISEÑO
T1	0.5-1x10E6
T2	1-2x10E6
T3	2-4x10E6
T4	4-6x10E6
T5	6-10x10E6
T6	10-15x10E6
T7	15-20x10E6
T8	20-30x10E6
T9	30-40x10E6

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Manual de diseño de pavimentos Asfálticos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito.

El módulo resiliente se calcula con el valor del CBR, cuyo resultado se obtuvo en el laboratorio de suelos por medio del método alterado, entonces, para un CBR de 40% el módulo resiliente es el siguiente:

$$MR \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 100 \times \text{CBR}$$

$$MR \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 100 \times 40$$

$$MR \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 4000$$

Como el M_r es mayor a 1500, lo comparamos en la siguiente tabla para determinar su categoría siendo **S5**.

Tabla 27.

Categoría Sub rasante.

MODULO RESILIENTE (Kg/cm²)	CATEGORIA
300≤ M_r <500	S1
500≤ M_r <700	S2
700≤ M_r <1000	S3
1000≤ M_r <1500	S4
M_r >1500	S5

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Manual de diseño de pavimentos Asfálticos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito.

Los factores ambientales y climáticos marcados como influyentes en el diseño de pavimentos asfálticos por el método de medios y altos volúmenes de tránsito son la precipitación y la temperatura.

En la siguiente tabla se presenta la clasificación de acuerdo al Manual de diseño de altos y medios volúmenes de tránsito.

Tabla 28.

Regiones climáticas según la temperatura y precipitación.

No	REGION	TEMPERATURA TMAP (°C)	PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm)
R1	Fría seca y fría semihúmeda	<13	<2000
R2	Templado seco y templado semihúmedo	13-20	<2000
R3	Cálido seco y cálido semihúmedo	20-30	<2000
R4	Templado húmedo	13-20	2000-4000
R5	Cálido húmedo	20-30	2000-4000
R6	Cálido muy húmedo	20-30	>4000

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Manual de diseño de pavimentos Asfálticos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito.

La temperatura media anual ponderada se determinó a partir de los resultados de la estación climatológica ubicada en el Aeropuerto Camilo Daza de la ciudad de Cúcuta, el cual se encuentra localizado en la cota 320 msnm.

En la siguiente Tabla se presenta el resumen de los resultados obtenidos y del valor de la temperatura media anual ponderada estimada la cual es de 27.07°C.

Tabla 29.

Determinación de la temperatura media anual ponderada.

MES	TMMA °C	FACTOR DE PONDERACIÓN
Enero	25.80	1.90
Febrero	26.20	2.00
Marzo	26.80	2.10
Abril	27.00	2.30
Mayo	27.80	2.40
Junio	28.00	2.70
Julio	27.90	2.50
Agosto	28.30	2.80
Septiembre	28.10	2.70
Octubre	27.00	2.30
Noviembre	26.20	2.00
Diciembre	25.70	1.80
Factor de ponderación total		27.50
P. Factor de ponderación		2.29
TMPA °C		27.07

Por otra parte, para la determinación de la precipitación media anual se utilizó la información de la misma estación “Aeropuerto Camilo Daza”.

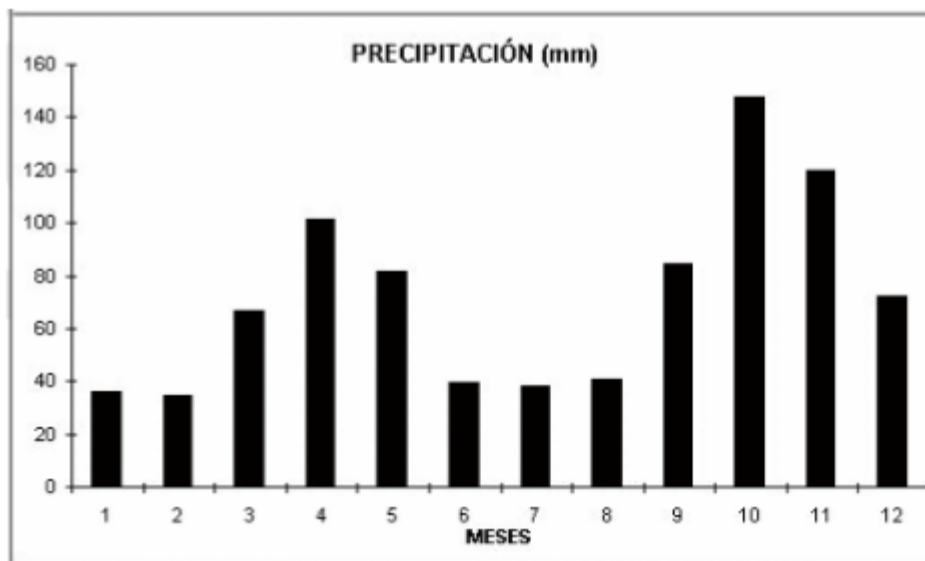


Figura 16. Precipitación media mensual en la zona del proyecto.

Finalmente se obtuvo la precipitación media anual de la zona del proyecto es de 1041 mm

De acuerdo con la información anterior, se obtiene que la región climática de la zona del proyecto de corresponder a R3 “Cálido seco y cálido semihúmedo”.

Obtenidos los parámetros se obtuvo que la carta para este tipo de región climática es la número 3 como se puede observar a continuación.

Tabla 30.

Rangos contemplados en las cartas de diseño.

CARTA Nº	REGION CLIMATICA	RESISTENCIA DE SUBRASANTE	RANGO DE TRANSITO
1	R1	de S1 a S5	de T1 a T9
2	R2	de S1 a S5	de T1 a T9
3	R3	de S1 a S5	de T1 a T9
4	R4	de S1 a S5	de T1 a T9
5	R5	de S1 a S5	de T1 a T9
6	R6	de S1 a S5	de T1 a T9

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Manual de diseño de pavimentos Asfálticos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito.

La carta del INVIAS N°3, región 3 (R3), indica que para los parámetros obtenidos: tránsito T1, categoría de subrasante S5, se tiene las siguientes estructuras de diseño contempladas en la siguiente figura, en la que se seleccionó la alternativa cuya construcción de la carpeta asfáltica es en mezcla densa en caliente debido a que esta es la más utilizada en la ciudad.

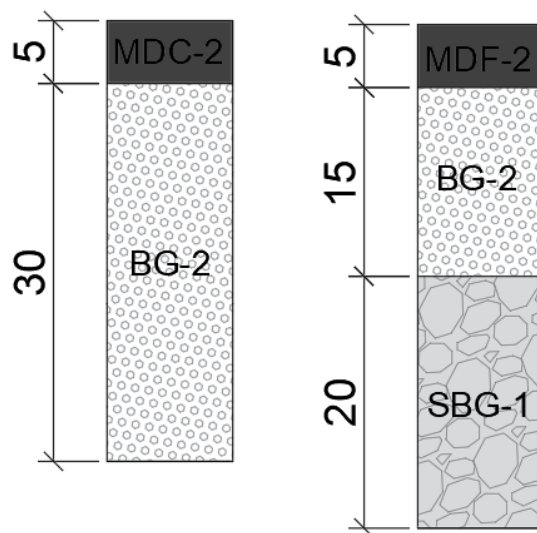


Figura 17. Alternativas para el pavimento flexible por el Método Invias.

De acuerdo con esto, la estructura del pavimento estaría compuesta por 5 cm de mezcla asfáltica en caliente y 30 cm de Base granular.

8. Costos y Presupuesto Total del Proyecto

Los cálculos para la estimación de los costos y el presupuesto total del proyecto teniendo como base los valores establecidos en el construprecios de agosto de 2022.

Conclusiones

La proyección de una vía urbana es un proceso complejo que implica tomar en cuenta diversos factores, como la topografía del terreno, la planificación urbana, el flujo de tráfico, la seguridad vial y el impacto ambiental. Algunas de las conclusiones más relevantes sobre la proyección de una vía urbana son:

La planificación adecuada de una vía urbana puede mejorar significativamente la calidad de vida de los ciudadanos al reducir los tiempos de desplazamiento y mejorar la conectividad entre diferentes zonas de la ciudad.

Es importante que la proyección de la vía tenga en cuenta la seguridad vial, incluyendo la implementación de medidas para reducir la velocidad del tráfico y mejorar la visibilidad de los conductores.

La sostenibilidad ambiental debe ser un factor clave en la proyección de la vía, promoviendo el uso de modos de transporte sostenibles, la integración de zonas verdes y la reducción de emisiones contaminantes.

La participación ciudadana es esencial para la proyección exitosa de una vía urbana, involucrando a los vecinos y usuarios de la vía en el proceso de diseño y planificación para asegurar que sus necesidades y preocupaciones sean tomadas en cuenta.

La proyección de una vía urbana debe considerar aspectos como la planificación, la seguridad, la sostenibilidad y la participación ciudadana para lograr una vía eficiente, segura y sostenible que mejore la calidad de vida de los ciudadanos.

Actividad económica al permitir un acceso más fácil a las empresas y comercios de la ciudad, lo que puede aumentar el flujo de personas y bienes.

Mejora la seguridad vial La proyección adecuada de una vía urbana puede mejorar la seguridad vial al reducir los puntos ciegos, permitir una mejor visibilidad y reducir la velocidad del tráfico.

Aumenta la eficiencia del transporte público Una vía urbana bien proyectada puede mejorar la eficiencia del transporte público al permitir que los autobuses y otros vehículos de transporte público circulen más rápido y con menos congestión.

Promueve la sostenibilidad ambiental La proyección de una vía urbana sostenible puede promover la reducción de emisiones contaminantes y la promoción del uso de modos de transporte sostenibles, como la bicicleta y el transporte público.

Favorece el desarrollo urbano planificado La proyección adecuada de una vía urbana puede favorecer el desarrollo urbano planificado y ordenado, permitiendo la integración de zonas verdes, espacios públicos y servicios urbanos importantes en el diseño de la vía.

Referencias Bibliográficas

Álvarez, M. A. (2012). Planeamiento y diseño de vías urbanas y su relación con el desarrollo urbano.

Aparicio, L. E. (2014). Proyección de vías urbanas para mejorar la movilidad en las ciudades.

Benítez, J. A. (2008). Fundamentos de diseño geométrico de vías urbanas.

Cardenas Grisales, J. Diseño Geométrico de Vías. Universidad del valle. Santiago de Cali.
Ediciones ECOE.

CEPAL, N. (2001). Desarrollo económico local y descentralización en América Latina: análisis comparativo.

Díaz, A. J. (2017). Diseño geométrico de vías urbanas: una guía para ingenieros.

González, J. C. (2015). Proyecto de vías urbanas: diseño geométrico y estructural.

INVIAS. (2013). Glosario de Manual de diseño geométrico de carreteras.

León, J. M. (2009). Proyecto y diseño de carreteras y vías urbanas.

Lora, O. J. (2007). Diseño geométrico y funcional de vías urbanas.

Pardo, A. R. (2016). Guía práctica para el diseño de vías urbanas.

Pinzón, A. J. (2013). Planeamiento y diseño de vías urbanas.

Ronchaquirá, E., & Moreno, M. (2016). Dificultades que enfrentará la infraestructura vial en Colombia de cara a la Alianza Pacífico. T. dgpoatd economista., Ed., Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia, 12.

Vargas, C. (2011). Diseño geométrico de vías urbanas en áreas metropolitanas.

Vega Polo, V. G. (2018). Diseño para el mejoramiento de la vía urbana de las calles del AAHH Las Lomas de Wichanza, Distrito de la Esperanza, Trujillo-La Libertad.

Anexos

Registro Fotográfico







