PROYECTO

CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE LA CARRERA 17 ENTRE AVENIDA LAS PALMAS Y CALLE 17B COMUNA OCCIDENTAL EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA

INFORME DE ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

ALCALDÍA DE FUSAGASUGÁ

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

DIRECCIÓN DE VALORIZACIÓN

FUSAGASUGÁ, DICIEMBRE 2021

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 4

1. OBJETIVOS 4
1.1. Generales 4
1.2. Específicos 4

2. ALCANCE Y METODOLOGÍA 5
2.1. Alcance 5
2.2. Metodología 5

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 6
3.1. Localización general del proyecto 6
3.2. Localización específica del proyecto 7

4. GEOLOGIA 10
4.1. Formación Fusa (TF) 11
4.2. Formación Guaduas (KPGG) 12
4.3. Formación Conejo (KSC) 12
4.4. Formación Guadalupe (KSG) 13
4.5. Terrazas altas (QTA) 13
4.6. Terrazas (QT) 14
4.7. Depósitos aluviales (QAL) 14
4.8. Depósitos Fluvioglaciales (QF) 14

5. TOPOGRAFÍA 14
5.1. Ubicación 15
5.2. Colindantes 15
5.3. Registro fotográfico 17
5.4. Sistema de referencia y coordenadas 21
5.5. Posicionamiento 21
5.6. Metodología 22
5.6.1 Fase de campo 22
5.6.2 Fase de oficina 23

6. ESTUDIO DE SUELOS 24
6.1. Ensayos realizados 25
6.2. Características del suelo 26
6.3. Determinación del CBR de diseño 26

7. ESTUDIO DE TRANSITO 27
7.1. Aforos vehiculares 27
7.1.1 Determinación de los puntos de aforo 27
7.1.2 Formato de campo 28
7.1.3 Resultados aforos vehiculares 30
7.2. Cálculo de TPD y proyecciones 30
7.2.1. Expansión de la toma de información y cálculo de TPDS 30

Dirección: Calle. 6 N° 6 - 24, Alcaldía Fusagasugá - Cundinamarca

www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co
atencionalciudadano@fusagasuga-cundinamarca.gov.co

Teléfonos: 886 81 81 – Fax: 886 81 86

7.2.2. Proyecciones de tráfico 31
7.2.3. Determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas 32
7.3. Tránsito de diseño, número de ejes equivalentes 34
7.3.1. Toma de información primaria 34
7.3.2. Factor de equivalencia de carga 35
7.3.3. Factor direccional (Fd) 35
7.3.4. Factor Carril (Fc) 35
7.4. Determinación del número de ejes equivalentes de diseño 36

8 DISEÑO GEOMETRICO 38
8.1 Clasificación de los tramos viales 38
8.1.1. Según sus características 38
8.1.2. Según su demanda 38
8.1.3. Según el tipo de terreno 38
8.1.4. Según su función 39
8.2 Criterios de diseño 39
8.2.1 Velocidad 39
8.2.1.1. Velocidad de diseño 39
8.2.2 Visibilidad 40
8.2.3. Alineamiento horizontal 44

9. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 55
- Materiales 55
9.2. Propuestas de reconstrucción pavimento flexible: 55
9.2.2. Alternativa 1 55
9.2.3. Alternativa 2 55
9.2.4. Período de análisis 57
9.2.5. Tránsito 57
9.2.6. Confiabilidad 57
9.2.7. Serviciabilidad 58
9.3. Características de las capas 58
9.4. Módulo resiliente 59
9.5. Metodología de diseño pavimento rígido 63
9.5.2. Diseño pavimentos rígidos (bs-pca) 63
9.5.3. Juntas transversales 67
9.5.4. Juntas longitudinales 68
9.5.5. Juntas de contracción 68
9.5.6. Juntas de aislamiento 68
9.5.7. Modulación de losas 69
9.5.8. Recomendaciones constructivas 70
9.5.9. Recomendaciones – mantenimiento 71

INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al resultado de las actividades encaminadas a la ejecución de los estudios y diseños para la construcción de la vía urbanas Carrera 17 ubicada en el barrio Santa Anita del municipio de Fusagasugá en el Departamento de Cundinamarca. El insumo base para la actualización de los estudios y diseños, corresponde a la información entregada por el contratista consultor CLINCCO quien en el año 2017 mediante el Contrato 0413 realizó los estudios y diseños de diferentes vías urbanas del municipio dentro de las cuales se encontraba la Carrera 17 entre calles 17 y 16 denominado tramo 2.

1. OBJETIVOS

1.1. Generales

- Realizar los estudios y diseños técnicos requeridos para la construcción Y Rehabilitación de la Carrera 17 entre Avenida Las Palmas y Calle 17B Comuna Occidental, bajo el cumplimiento de las exigencias de las normas técnicas correspondientes.

1.2. Específicos

- Ejecutar el proceso y trabajo topográfico en campo requerido en la zona de futura remodelación del municipio de Fusagasugá.
- Procesar los datos crudos obtenidos del levantamiento topográfico del predio en oficina y con los softwares demandados para dicho proceso.
- Generar el plano planímetro y altimétrico en base al levantamiento del área del predio.
- Entregar en medio digital y análogo los resultados obtenidos, tales como plano Planimétrico, altimétrico y topográfico del levantamiento del predio donde señala la poligonal referente, los puntos de detalle, construcciones existentes, perfiles viales y carteras de cálculo.
- Realizar el diseño geométrico del corredor vial a intervenir.
- Diseñar la estructura de pavimento que soporte las cargas de tráfico estimadas.
- Elaboración del presupuesto de obra, especificaciones técnicas de cada uno de los tramos objeto de estudio.

2. ALCANCE Y METODOLOGÍA

2.1. Alcance

El alcance del presente informe corresponde a los estudios y diseños para la construcción y rehabilitación de la carrera 17 entre Avenida Las Palmas y Calle 17B de la comuna Occidental en el municipio de Fusagasugá, Cundinamarca.

Una vez realizado el recorrido de cada uno de los tramos objeto de los estudios y diseños, se identificó que la mayoría cuenta con una estructura de pavimento en un alto grado de daño, motivo por el cual se hace necesario el diseño y construcción de una nueva estructura.

De acuerdo con esto, el alcance del presente estudio corresponde a las siguientes actividades, la cuales se presentan en el desarrollo del documento en capítulos así:

- Descripción General del Proyecto
- Geología general del sector
- Levantamiento Topográfico
- Estudio de Suelos
- Estudio de Transito
- Diseño Geométrico
- Diseño de Estructura de Pavimento

2.2. Metodología

Con el fin de cumplir con el objeto de los estudios y diseños se realizaron actividades de campo tales como: Aforos de tránsito, Levantamiento Topográfico, Exploración Geotécnica y Visita Técnica del Especialista en Geotecnia, con el fin de identificar las condiciones particulares para el diseño.

Con la información recopilada en campo y la información existente, se procedió a la ejecución de los ensayos de laboratorio y la ejecución de las actividades de diseño, geotécnico, geométrico, de pavimentos, los cuales son base para la estructuración del presupuesto final de construcción.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto corresponde al diseño para construcción de la vía urbana Carrera 17 del municipio de Fusagasugá enunciada en el alcance del presente documento.

3.1. Localización general del proyecto

El presente estudio se desarrolla en el municipio de Fusagasugá capital de la Provincia del Sumapaz, ubicado en el Departamento de Cundinamarca. Fusagasugá cuenta con 131.914 habitantes, según proyecciones de población del DANE y es el tercer municipio más poblado del departamento después de Bogotá y Soacha y el cuadragésimo quinto del país . La ciudad está ubicada en una meseta enmarcada por los ríos Cuja y Chocho, y dentro de los cerros Quini y Fusacatán que conforman el Valle de los Sutagaos. Fue fundado el 5 de febrero de 1592 y es conocido como la "Ciudad Jardín de Colombia". Está ubicada a 59 km al suroccidente de Bogotá, en una meseta delimitada por el río Cuja y el Chocho, el cerro de Fusacatán y el Quininí que conforman el valle de los Sutagaos y la altiplanicie de Chinauta. Limita con los siguientes municipios:

Norte: con los municipios de Silvania y Sibaté;
Sur: con los municipios de Arbeláez, Pandi e Icononzo;
Oriente: con los municipios de Pasca y Sibaté;
Occidente: con los municipios de Tibacuy y Silvania.

El territorio fusagasugueño se encuentra entre los 1.550 a los 3.050 metros sobre el nivel del mar. El perímetro urbano se encuentra en una altura promedio de 1.765 msnm con una temperatura promedio 20ºC. (*Fuente: https://es.wikipedia.org*)

- Cálido 20 ºC a 28 ºC (09.21 %)
- Templado 13 ºC a 19 ºC (54.00 %)
- Frío: 9 ºC a 12 °C (32.20 %)
- Páramo: 0 ºC a 8 ºC (04.19 %)

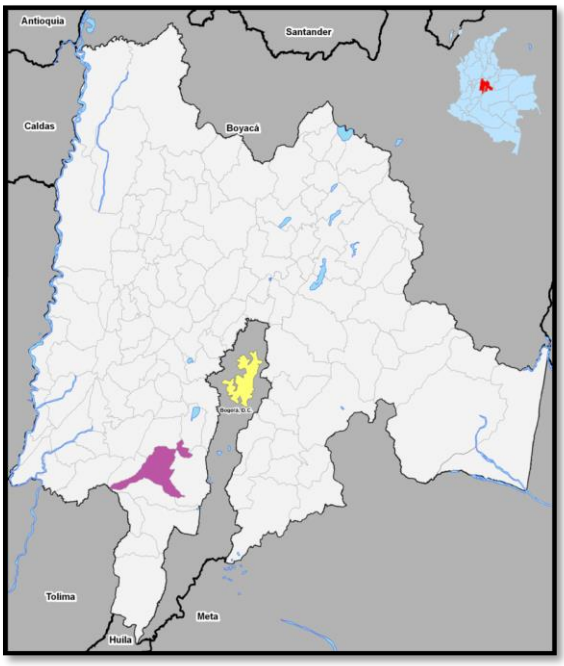


Imagen 1. *Localización del municipio de Fusagasugá en el Departamento de Cundinamarca.* ***Fuente:*** *Wikipedia, 2021*

3.2. Localización específica del proyecto

El proyecto se localiza en la comuna Occidental, entre las vías Avenida Las Palmas y la Calle 17B.

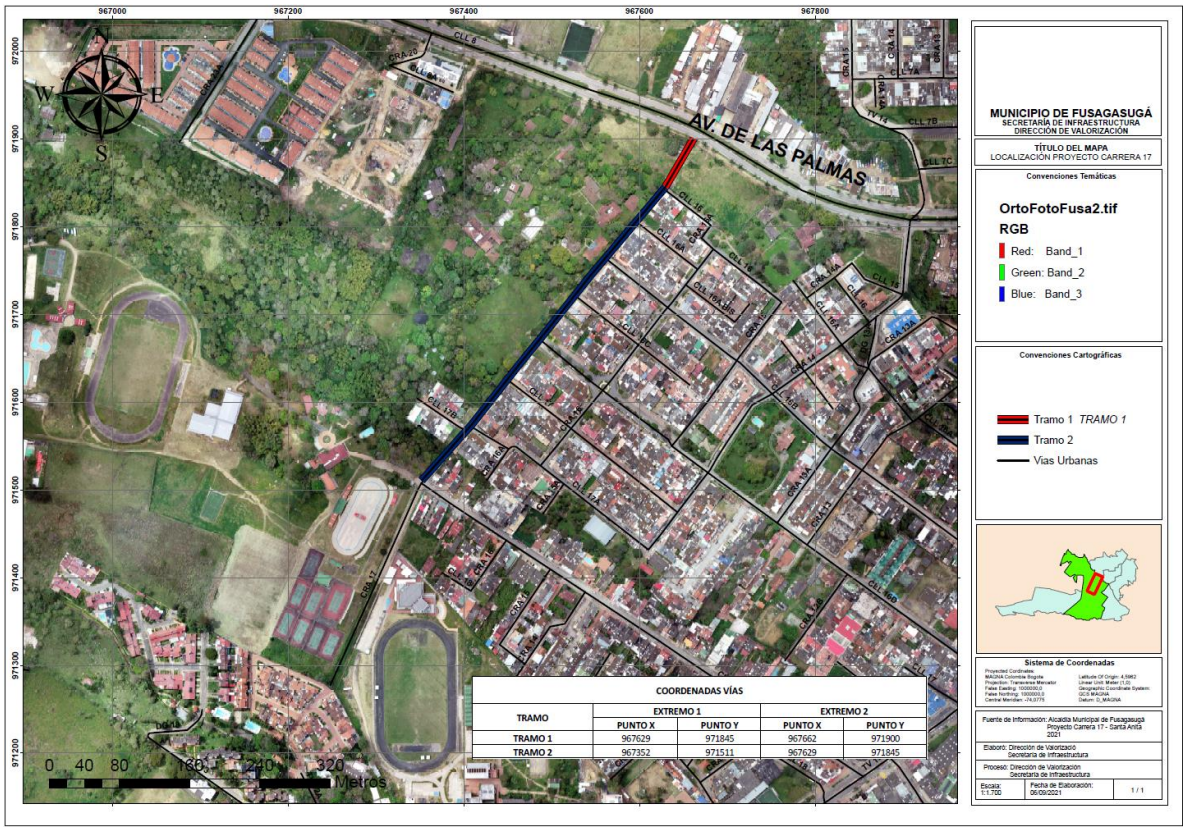


Figura 1. *Localización específica del proyecto.*

La zona de influencia se puede ver en más detalle en la siguiente figura.

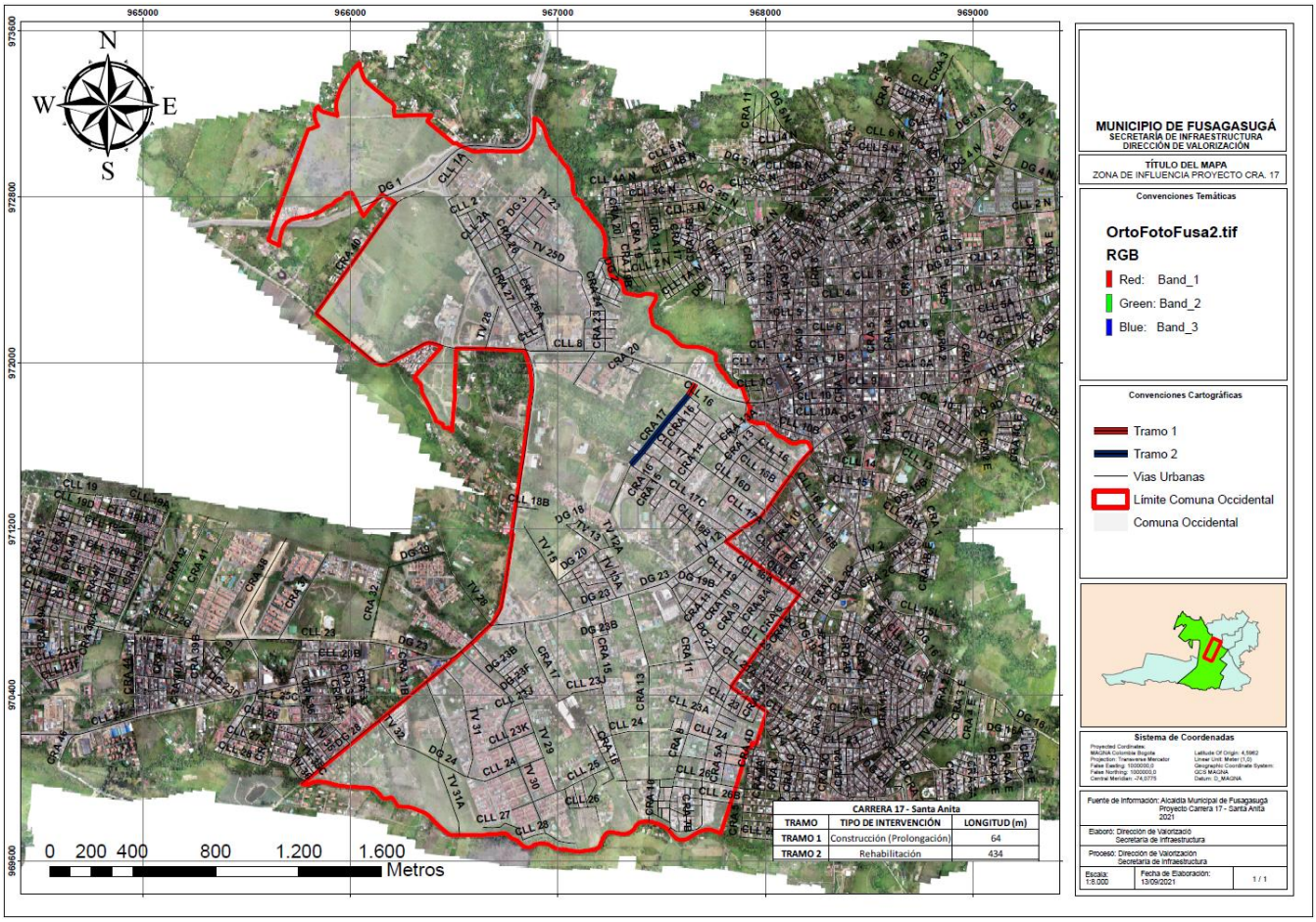


Figura 2. *Localización área de influencia del proyecto.*

La localización está determinada por dos puntos para cada tramo, uno al inicio y otro al final en cada tramo de la siguiente manera:

- Tramo 1: extremo 1: este: 967629 - norte: 971845 -- extremo 2: este: 967662 - norte: 971900
- Tramo 2: extremo 1: este: 967352 - norte: 971511 -- extremo 2: este: 967629 - norte: 971845

4. GEOLOGIA

Para describir la estratigrafía del Departamento de Cundinamarca, Ingeominas (2000) ha dividido el área Departamental en cinco cuencas sedimentarias que de Occidente a Oriente se designan de la siguiente manera:

• Cuenca Valle del Magdalena

• Cuenca Vertiente Occidental de la Cordillera Oriental

• Cuenca Cordillera Oriental

o Bloque Páramos Occidentales

o Bloque Macizo de Sumapaz

o Bloque Altiplano Cundinamarqués

o Bloque cordón magistral

• Cuenca vertiente oriental de la Cordillera Oriental

• Cuenca Llanos Orientales

La zona de estudio se encuentra en la cuenca de la Cordillera Oriental dentro del Bloque del Macizo de Sumapaz, localizado en las sabanas de Ubaté y Bogotá. Morfológicamente las tres primeras subregiones son quebradas con pendientes diversas, alturas de difícil acceso (entre 2.000 y 4.000 m.s.n.m) y profundos cañones; la cuarta, es una zona amplia y plana, levemente ondulada, con alturas variables entre 2. 500 y 2.800 m.s.n.m.

En la Figura 3 se presenta la definición de cada uno de los bloques en los cuales se encuentra dividido el departamento de Cundinamarca de acuerdo con la información suministrada por el Ingeominas.



Figura 3. *Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas*

4.1. Formación Fusa (TF)

Nombre informal utilizado para la secuencia expuesta sobre la formación Guaduas, en el Sinclinal de Fusa, pero que tiene características litológicas diferentes a la Formación Bogotá, de la Sabana de Bogotá. La unidad aflora en Cundinamarca, desde el Sinclinal de Fusagasugá, en el Norte, hasta el páramo de Sumapaz, en el sur. Está conformada por arcillolitas grises y rojizas, en capas delgadas, onduladas paralelas e intercalaciones de arenitas finas y gruesas, cuarzo feldespáltico con cemento silíceo, de color café rojizo, en capas delgadas a gruesas, convergentes y ocasionalmente plano paralelas. La proporción a de arenas a lodolitas.

Una inferior constituida por una sucesión alternante de arenita subfeldespatica a sublitoarenitas, de grano medio a fino, color gris verdoso a gris azuloso y hacia la base gris café. Interestratificadas ocurren lodolitas y arcillolitas, color gris verdoso, con moteado gris claro y en menor proporción gris rojizo. La geometría de las capas es paralela a no paralela, con bases irregulares erosivas, estratificación cruzada en artesa y planar. La parte superior está constituida por una sucesión alternante de arcillolitas y limolitas abigarradas, intercalado esporádicamente con capas de cuarzoarenitas, de grano medio a grueso, en capas muy gruesas. El contacto inferior se trazó en la base de la capa más baja de arenita subfeldespática, la cual suprayace a secuencia de lodolitas.

4.2. Formación Guaduas (KPGG)

Edad: Van Der Hammen (1957) citado en Martinez J:I., (1980), con base en una fauna de foraminiferos le asigna una edad de Maastrichtiano-Paleoceno.

Arcillolitas laminadas a no laminadas, de color gris claro a abigarradas, con intercalación de cuarzoarenitas grises, de grano fino a medio y algunas capas de carbón. Restos de hojas y fragmentos pequeños de material vegetal carbonizados, son comunes al largo de la secuencia. Con 700 metros de espesor para la unidad de cortes geológicos.

El límite inferior de la unidad se ubica en el techo de la capa más alta de areniscas cuarzosas de la formación Arenisca Tierna, que infrayace una secuencia monótona de lodolitas; El contacto superior se traza en el techo de la capa más alta de lodolitas que infrayace una secuencia de areniscas sufeldespaticas a sublitoarenitas del a Formación cacho.

Su depósito ocurrió posiblemente en un ambiente de costa clástica, con subambientes de llanura deltaica fluvial, llanura de marea, albufera y barra paralela, según Sarmiento G. (1992).

4.3. Formación Conejo (KSC)

Edad: coniaciano temprano según Etayp (1979) en Martínez, (1990).

Autor: Los autores Cáceres y Etayo (1969) la denominan informalmente como “Lodolitas Grises Indenominadas”, mientras que Rodríguez y Ulloa (1991) introducen el término de Formación Conejo.

Descripción Litológica: Según Rodríguez y Ulloa (1991), consta de base de techo de una sucesión de arcillolitas y lodolitas laminadas, a veces calcáreas, con intercalaciones de arcillolitas no calcáreas en capas delgadas a medias, limolitas de cuarzo y cuarzoarenitas de grano fino a medio, especialmente hacia el tope de la unidad. Con forma de amplios valles de relieves suaves.

Espesor: 400 m estimado con base en perfiles geológicos.

Límites Estratigráficos: el contacto inferior se ubicó en el techo de una limolita de cuarzo de la Formación frontera, mientras que el superior se ubicó en la base de la capa más baja de arenita de cuarzo de la formación Arenisca dura.

4.4. Formación Guadalupe (KSG)

El nombre Guadalupe fue empleado inicialmente por Hettner (1892), quien asignó el rango de Piso de Guadalupe, a las areniscas de la parte alte del crtácico de Bogotá. Hubach (1931), fija el límite de la Guadalupe -Villetak ubicandolo por encima de un nivel de caliza fosilífera llamado nivel de Exogira mermeti o Conjunto de Hipaque, el cual se observa a lo largo de la carretera Chipaque -Caqueza. Este mismo autor, divide la unidad en un conjunto inferior arcilloso y uno superior arenoso; posteriormente, eleva el Guadalupe a la categoría de Grupo y a cada conjunto al rango de Formación, denominándolos Guadalupe inferior y Guadalupe superior, además subdivide la Formación superior en tres miembros llamados de base a tope: Arenisca Dura, Plaeners y Arenisca de Labor y Tierna. Renzoni (1962,1968), redefine esta unidad estratigráfica, elevando la Formación Guadalupe Superior a rango de Grupo y coloca la base sobre la última ocurrencia de lodolitas negra dela Formación Chipaque y su tope en la primera ocurrencia de lodolitas negras de la formación Chipaque y su tope en la primera ocurrencia delas arcillolitas de la Formación Guaduas; además divide el Grupo Guadalupe en tres formaciones denominadas Arenisca Dura, Plaeners, Labor y Tierna, proponiendo como sección de referencia, la secuencia que aflora a lo largo del carreteable Choachi-Bogotá, entre la Quebrada raizal y la hoya de la Quebrada rajadero. E grupo Guadalupe presenta muchas variaciones litológicas a lo largo del departamento: desde el sur de la Aguadita hasta el Páramo del Sumapaz, se presenta com un solo paquete monótono de areniscas; al occidente de Silvania, a lo largo de las Cuchillas de Peñas Blancas y Agua de Dios, se desarrollaron dos niveles de limolitas silíceas, liditas y cherts, uno hacia la parte media y otro hacia la base, intercalados con dos unidades de areniscas (que podrían corresponder ya al Grupo Olini). Hacia el norte del departamento, en cercanías de los municipios de Sutatausa y cucunubá, la Formación Arenisca Dur cambia facialmente a varios niveles de liditas y chert, mientras que la Formación Plaeners, se toma en una secuencia de lodolitas, que han sido denominadas informalmente como Formación Los Pinos, en esta área y en el Departamento de Boyacá. No obstante, toda esta serie de cambios, son tres las unidades básicas que forman el Grupo Guadalupe, las cuales se describirán a continuación.

4.5. Terrazas altas (QTA)

Se presentan aquí depósitos cuyos componentes principales son gravas y arenas, que formas terrazas altas claramente diferenciables, las cuales fueron separadas en la sabana de Bogotá en dos unidades por Van Der Hammen, et al (1973), que, de más antigua a más joven, son Formación Subachoque y Formación Sabana.

4.6. Terrazas (QT)

Son depósitos constituidos por gravas y arenas, formados como consecuencia de los cambios en el nivel de erosivo y de depositación de antiguas corrientes fluviales, dejando una superficie más alta que el actual nivel de inundación. Se presentan en proximidades de las principales corrientes del departamento y ofrecen una superficie generalmente plana.

4.7. Depósitos aluviales (QAL)

Un segundo tipo lo constituyen los depósitos de los ríos y quebradas, que morfológicamente generan terrazas bajas y aluviones a lo largo del cauce de los ríos. Estos depósitos consisten en bloques redondeados y subredondeados, especialmente en arenisca y caliza, en una matriz no consolidada de arenas y arcilllas.

4.8. Depósitos Fluvioglaciales (QF)

Son depósitos indiferenciados que se presentan al oriente del Anticlinorio de Villeta, principalmente al sur, ubicados en dirección E- W. Son generalmente antiguos depósitos glaciares, coluviales, flujos estabilizados y flujos activos, que están constituidos, ya sea por material arcilloso casi exclusivamente o por bloques de areniscas en una matriz areno-arcillosa.

5. TOPOGRAFÍA

Teniendo como base una vía, el levantamiento topográfico se realizó con carácter formal de acuerdo con los requerimientos solicitados, este permite acceder a los parámetros requeridos y a los resultados obtenidos.

Realizado el reconocimiento visual del predio con posterior consulta y validación de la información catastral se determina a continuación los requerimientos, sistemas de referencia y coordenadas, metodología, cronograma de actividades, planos y registro fotográfico entre otros del Levantamiento Topográfico con miras a el mejoramiento proyecto “CARRERA 17” zona de futura remodelación ubicada en el

barrio Santa Anita, zona urbana del municipio de Fusagasugá departamento de Cundinamarca, del mismo municipio.

Actualmente se encuentran numerosos programas de alto impacto social y de desarrollo. Para la administración actual se está reestructurando dicho proyecto para llevar a cabo la realización y modificación de la zona logrando mejorar el crecimiento y desarrollo didáctico de nuestra población, teniendo como base este alcance social en nuestro municipio.

5.1. Ubicación

La Carrera 17 es una vía con una extensión aproximada de 748 ML (aproximadamente) con diferentes ramales se encuentra ubicado en el barrio Santa Anita, Comuna Occidental del municipio de Fusagasugá, Cundinamarca.

5.2. Colindantes

- Norte: Predio TELECOM y Av. Las Palmas
- Oriente: Viviendas del barrio Santa Anita y Universidad de Cundinamarca (UDEC)
- Sur: Universidad de Cundinamarca (UDEC) Y Conjunto Residencial Santa Ana Campestre
- Occidente: Predio TELECOM y Centro de Alto Rendimiento (CERCUN)

La CARRERA 17 tiene como objetivo ampliar la movilidad de Fusagasugá, realizando una proyección que conecta dos avenidas principales que son la Av. Las Palma y la futura Proyección de la Calle 22 que atraviesa desde el Barrio Santa Anita y hasta colindar con Universidad De Cundinamarca, Conjunto Residencial Santa Ana y CERCUN.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

DESCRIPCIÓN DE PUNTO GEODÉSICO

Nomenclatura Estandarizada: 25290021 Nomenclatura Placa: 25290021

FECHA (Año-Mes-Día): 2017/07/22

Departamento:	Municipio:	Barrio:	Dirección:
CUNDINAMARCA	FUSAGASUGÁ	LA VENTA	CALLE 22 CON CARRERA 36

Coordenadas Navegadas MAGNA-SIRGAS

Latitud (+):	Longitud (-):	Altura Elipsoidal (m):
N 4° 19' 48.39600	W 74° 22' 46.77600	1681.05 m

Monumentación

Fecha:	Tipo:	Monumentado por:
2017/05/20	PILASTRA O-HITO	UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

Estado del Punto:	Ancho (m):	Largo(m):	Sobresale(m):
BUENO	0.4	0.4	0.8

Diagrama de Obstáculos

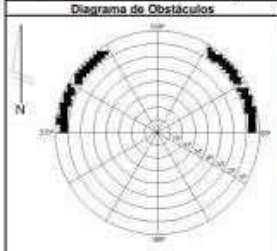
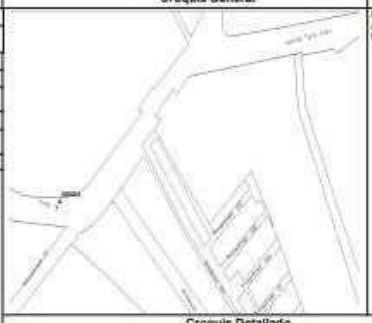


Imagen de la Placa



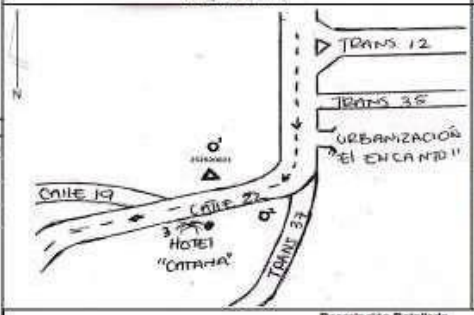
Croquis General



Acceso General

PARTIENDO DEL MONUMENTO "EL INDIO" QUE ESTÁ UBICADO EN LA ANTIGUA VÍA PANAMERICANA, SE RECORREN APROXIMADAMENTE 250 METROS APROX EN DIRECCIÓN SUR HASTA LLEGAR AL HOTEL "CATAMA"

Croquis Detallado



Perfil



Referencias medidas de los objetos al punto

N	Objeto	Azimut Magnetico(°)	Distancia(m)
1	POSTE DE LUZ 2	335.0	20.0
2	PALMA ENTRADA "CATAMA"	50.0	50.0
3	POSTE LUZ 1	182.0	4.0

Observaciones:

Describió: FRANCISCO JAVIER MORA TORRES

Descripción Detallada

LA PILASTRA SE ENCUENTRA UBICADA EN LA ZONA VERDE DIAGONAL A LA ENTRADA DEL HOTEL "CATAMA" EN EL COSTADO NORTE DE LA ANTIGUA VÍA PANAMERICANA, FRENTE AL MURO QUE HACE PARTE DE LA URBANIZACIÓN "MIRAMONTE".

SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS - ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS

Imagen 2. *Ficha técnica de pilastra e amarre pilastra N° 2529021.* ***Fuente:*** *Propia*

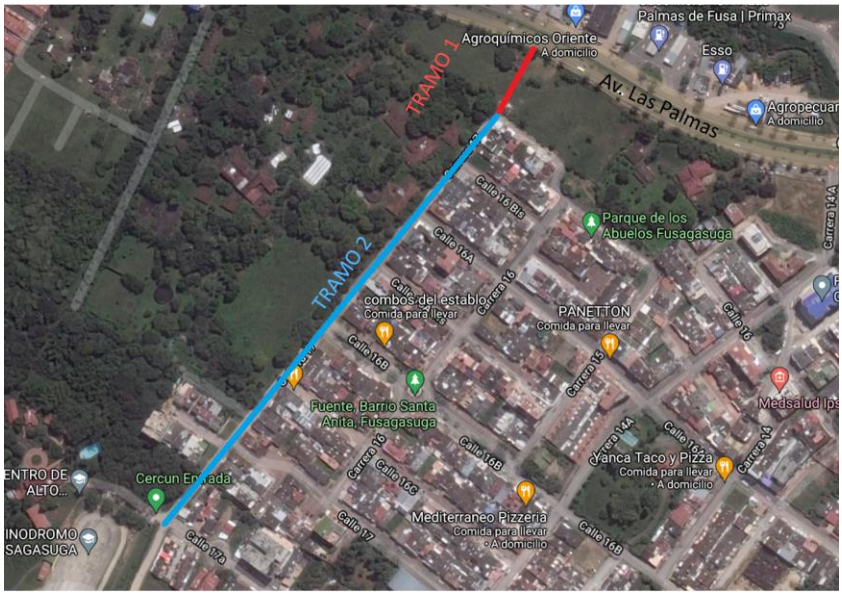


Imagen 3. *Ubicación de la proyección de la Carrera 17 (Imagen satelital).*

Fuente*: Propia*

5.3. Registro fotográfico



Imagen 4. *Vista costado Sur a Nororiente – Vía Carrera 17.* ***Fuente****: Propia*



Imagen 5. *Vista costado Nororiental a Sur – Vía carrera 17.* ***Fuente****: Propia*





Imagen 6. *Vista costado Central a Oriente – Vía Calle 16ª.* ***Fuente:*** *Propia*

Imagen 7. *Vista costado Sur a Nororiente – Vía carrera 17 y predio para proyección.*

Fuente: *Propia*



Imagen 8. *Vista costado Oriental – Vía Calle 15.* ***Fuente:*** *Propia*



Imagen 9. *Vista costado Nororiental a Sur – Vía carrera 17.* ***Fuente:*** *Propia*



Imagen 10. *Vista costado Sur a Norte – Entre Universidad de Cundinamarca y CERCUN / predio proyección Carrera 17.* ***Fuente:*** *Propia*



Imagen 11. *Vista costado Norte a Sur Conjunto Santa Ana Campestre – Entre Universidad de Cundinamarca y CERCUN / predio proyección Carrera 17.*

Fuente: *Propia*

5.4. Sistema de referencia y coordenadas

Para este proyecto se implementó el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS (marco geocéntrico nacional de referencia) adoptado en Colombia desde el 2004, el cual es la densificación nacional del sistema geocéntrico para las américas que a su vezes la densificación continental del marco de referencia global (ITRF-Internacional Terrestrial Reference Frame), el Datum corresponde a Datum Bogotá, y como proyección requerida para el proyecto se usó la proyección Gauss Krüger.

5.5. Posicionamiento

El levantamiento topográfico es el resultado de las operaciones ejecutadas a un terreno con los equipos, herramientas y accesorios apropiados que permiten elaborar una representación gráfica o plano del mismo. El replanteo de estos datos es fundamental a la hora de analizar la factibilidad de una obra. Este resulta ser la

piedra angular de los proyectos más sencillos y las obras más descomunales. Determinar la ubicación geográfica del terreno es imprescindible, tres coordenadas: latitud, longitud y nivel elevación o cota son datos que representan todo para el posterior desarrollo de estudios topográficos y por ende el éxito de los proyectos que en ellos se apoyan. De acuerdo con la información topográfica y a los parámetros suministrados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC entidad encargada de la administración de datos geoespaciales, para la realización correcta de un levantamiento topográfico georreferenciado debemos estar amarrados al sistema nacional de referencia. Los puntos topográficos base y los puntos del levantamiento deben expresarse en coordenadas geográficas, cartesianas y Gauss Krüger.

Para obtener dicha ubicación geográfica de manera precisa y correcta de acuerdo con las directrices del IGAC, se realizó el posicionamiento amarrándolo a las coordenadas de un mojón conocido, eso equivale al traslado de coordenadas a partir de un punto certificado del IGAC. Se propone en un bosquejo una poligonal de apoyo con el número de puntos o deltas necesarios, teniendo en cuenta que la distancia entre puntos no sea mayor a diez kilómetros.

El tiempo de rastreo para determinar estaciones o deltas topográficos debe ser no menor a 15 minutos al iniciar la sección más 5 minutos por cada kilómetro que separa la estación de la base de coordenadas conocidas, para este proceso es importante tener en cuenta los aspectos anteriormente mencionados (sistema de referencia y coordenadas). Luego de tener los puntos de amarre con coordenadas conocidas y georreferenciadas se procede con el levantamiento del predio por el método de radiación simple.

5.6. Metodología

5.6.1. Fase de campo

Se efectuó el levantamiento topográfico **CARRERA 17** en el municipio de Fusagasugá en el departamento de Cundinamarca. Este proceso consistió en ejecutar un conjunto de operaciones sobre un terreno con los instrumentos adecuados para obtener una representación gráfica con la mayor precisión. A consecuencia usted recibe planos topográficos y cartera de campo, que le permitirán

desarrollar proyectos con suficiente información. Para la realización del levantamiento topográfico se posiciono una puntilla nombrada delta 1 como punto de partida y referencia para la toma de datos. Luego se trasladan las coordenadas a partir de un punto certificado del IGAC. Al tener los puntos de amarre se inicia la actividad.

El método de levantamiento topográfico utilizado es de poligonal abierta con ceros atrás y radiación simple que consiste en tomar un punto atrás de la estación en contra de las manecillas del reloj y posteriormente los siguientes en sentido de las manecillas del reloj formando un conjunto de líneas cuya característica es que el punto final coincide con el punto tomado inicialmente y forma un polígono analítico y geométricamente cerrado, de igual forma se tomarán las características verticales del terreno, tomando sus accidentes naturales y detalles tales como linderos, arboles relevantes, construcciones, vías, servicios (alcantarillado, energía) cajas de inspección y entre otros.

5.6.2. Fase de oficina

En esta etapa con los datos recolectados se realiza la cartera de cálculo de la poligonal y los detalles, luego se verifica que el levantamiento se acepta se procede a digitalizar los datos y diseñar el plano utilizando el software AutoCAD el cual permite la animación y el dibujo en 2D, perfiles viales, datos crudos (archivos descargados del equipo estación total sin cálculos). Los datos, mediciones y registros que se calculen servirán para determinar en la oficina la ubicación, el área, el perímetro, el curvado, la cubicación, perfiles, secciones y detalles del lugar.

Se calculan estos parámetros:

- Coordenadas cartesianas de todos los puntos. (N, E, Z)
- Distancia entre puntos. (DH)
- Alturas relativas de puntos. (Z)
- Ángulos entre dos alineamientos. (AZIMUT)
- Dirección de un alineamiento con base en una línea tomada como referencia(CEROS),
- Áreas de lotes, parcelas, divisiones o deslindes.
- Planos a escala de los puntos y detalles levantados en el campo.

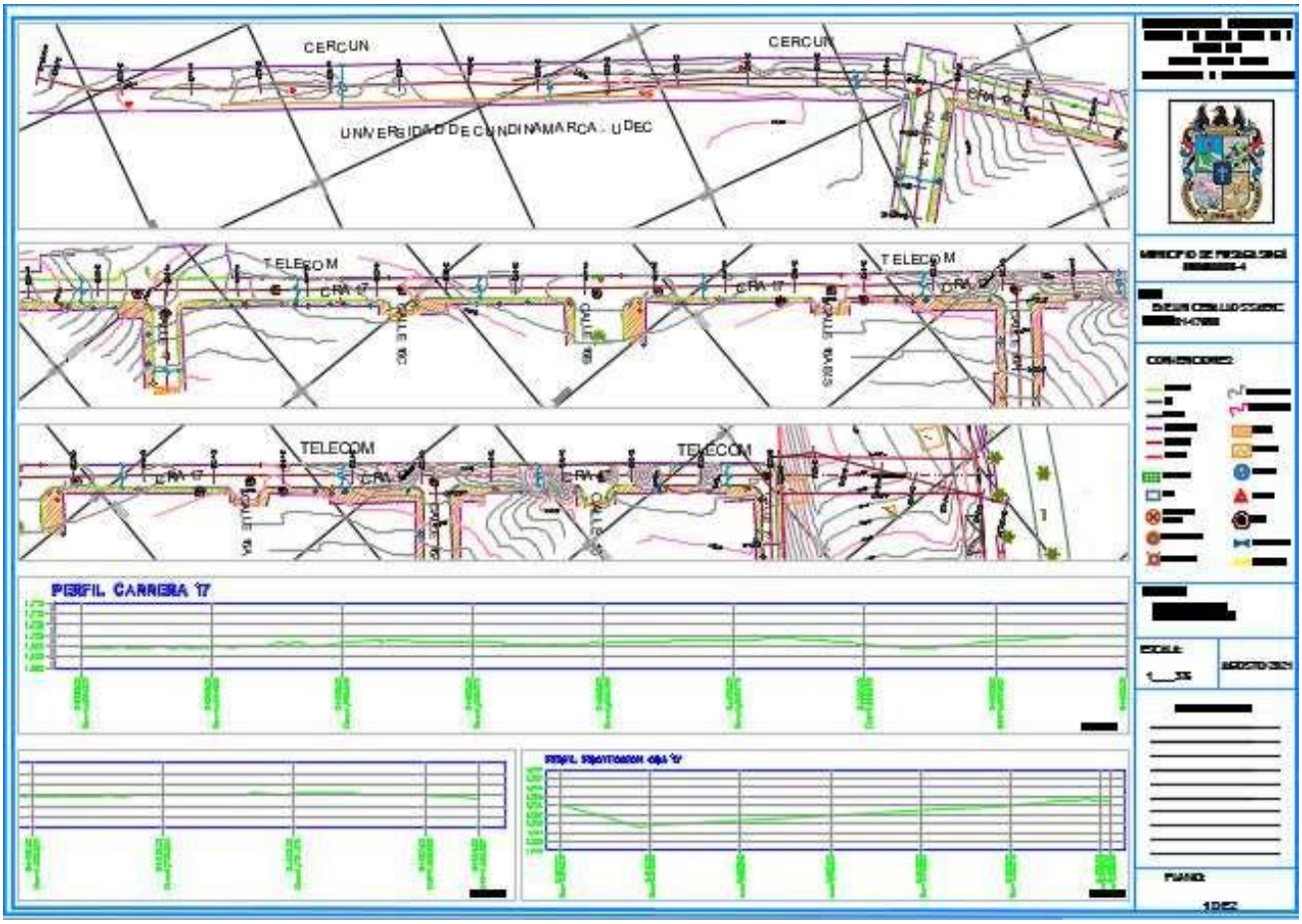


Figura 4. *Plano general Proyección Carrera 17.* ***Fuente:*** *Propia*

6. ESTUDIO DE SUELOS

Las actividades contemplaban la exploración del subsuelo por medio de apiques de avance entre 1,20 m y 2,0 metros de profundidad, ejecutados por la empresa consultora *CLINCCO, Consultoría y Construcciones,* según su informe. De los apiques se extrajeron muestras representativas alteradas para determinar el contenido de humedad y para la clasificación de los diferentes estratos encontrados, así mismo; se desarrolló la extracción de muestras inalteradas para determinar el CRB, muestras para la toma de CBR de laboratorio y se realizaron pruebas en campo mediante (Cono Dinámico) PDC.

Para el caso del tramo 2 (Carrera 17 entre calles 17a y calle 16) la exploración se realizó determinando un apique para el tramo de diseño. La vía es de tipo urbano.

Con base a esta exploración, los estudios del subsuelo y volúmenes de tránsito se puede determinar la estructura del pavimento flexible más favorable de acuerdo con las consideraciones del proyecto.

Adicionalmente, en las siguientes fotografías se puede observar el proceso de exploración que se llevó a cabo.

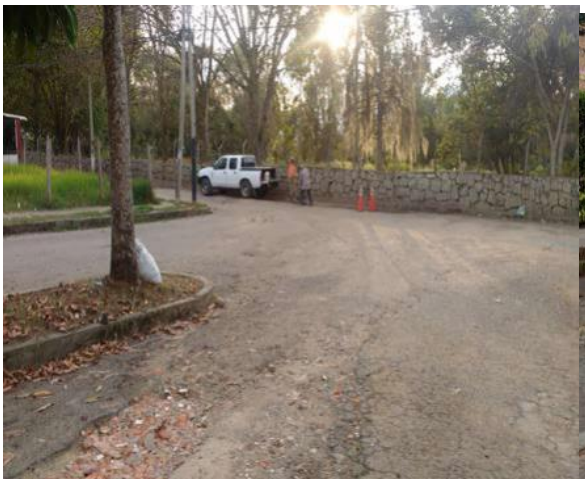






Imagen 12, 13 y 14. *Ubicación de equipo de exploración en Carrera 17*

6.1. Ensayos realizados

Una vez ejecutadas las actividades de exploración del subsuelo, se procedió a realizar la determinación de características del subsuelo, para lo cual se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

• Contenido de agua (Humedad) INV – E 122

• Lavado por el tamiz 200 INV- E 125

• Determinación del Límite Liquido INV- E 125

• Determinación del Límite plástico e índice de plasticidad INV – E 126

• Relación del soporte del suelo mediante prueba de CBR inalterado.

• Relación del soporte del suelo mediante la prueba de CBR laboratorio.

• Relación de soporte del suelo mediante la prueba PDC.

En el anexo 1 se incluyen los resultados de los ensayos de laboratorio realizado en el desarrollo de los estudios y diseños.

6.2. Características del suelo

A continuación, en la Tabla 1 se presenta un resumen con los resultados de los ensayos realizado según la localización del apique.

Tabla 1. *Propiedades físicas del subsuelo del tramo 2*

Apique	Muestra	Zo (m)	DESCRIPCIÓN	USC	LL %	W %	LP %	IP %	Grava %	Arena %	Finos %	IL %	CBR
2	1	0,05 - 0,40	Material granular color amarillo	GM	40	4,5	25	14	30	43	27		5,69
	2	0,40 - 1,10	Conglomerado en matriz arcilloso color café	CL	41	24	20	21	12	29	59		

6.3. Determinación del CBR de diseño

En términos de capacidad de soporte de suelos de subrasante, esta se determinó a partir de la correlación con el resultado del ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC) la cual arrojo un valor promedio para cada uno de los tramos en estudio. A partir de este ensayo se utilizaron las correlaciones empleadas para el cálculo de CBR obtenidas en aplicación a la norma de Ensayo INVIAS E-172-074 y en aplicación a la Guía de Rehabilitación:

Guía de Rehabilitación

$$CBR = 567(PDC)^{-1.40}$$

Ensayo INVIAS E-172-07

$$CBR = \frac{292}{PDC^{1.12}}$$

Donde,

PDC: Índice de penetración por golpe (Diferencia de penetración acumulada entre lecturas / número de golpes del martillo entre lecturas).

Los valores obtenidos luego de la aplicación de las correlaciones del ensayo de cono dinámico (PDC) para la obtención del CBR de diseño, corresponde a 5.69%.

7. ESTUDIO DE TRANSITO

7.1. Aforos vehiculares

7.1.1. Determinación de los puntos de aforo

Para la caracterización de las condiciones del tránsito de la vía a rehabilitar, previo a la toma de información se llevó a cabo una visita de campo por parte de los profesionales encargados del estudio con el fin de establecer el sitio, horario y personal requeridos para la toma de los volúmenes vehiculares, de acuerdo con los objetivos y lineamientos propuestos.

De acuerdo con los parámetros determinados en la visita de campo, se programaron aforos vehiculares el jueves 17 de Agosto de 2017, en horario de 6:00 am a 7:00 pm y el sábado 19 de Agosto de 2017 en horario de 6:00 am a 7:00 pm, teniendo en cuenta que a lo largo de la vía se presentan distintos accesos se determinó establecer como puntos de aforo los dos accesos principales al municipio de Fusagasugá, el punto conocido como el Indio y al comienzo de la vía Las Palmas con vía Panamericana. Ver Imagen 15



Imagen 15. *Localización estaciones de aforo El Indio y Las Palmas*

Con el fin de unificar la identificación de los movimientos vehiculares se adoptó la codificación empleada por la norma RILSA la cual se presenta en la Figura 5. Codificación de movimientos vehicularesFigura 5

La información de campo se registró en formatos de campo, en periodos de 30 minutos. Teniendo en cuenta que el objeto de este estudio es determinar el tráfico sobre la vía de estudio, se tomaron solo dos movimientos el 1 y 2, en sentidos norte-sur y sur-norte.

Los horarios de aforo establecidos fueron en jornada continua de 6:00 am a 7:00 pm, para dos días, teniendo en cuenta el alto volumen vehicular que se observó en la zona.

7.1.2. Formato de campo

Teniendo en cuenta la codificación de movimientos vehiculares presentado en Figura 5, se diligenció el formato de volúmenes vehiculares que se presenta en la Figura 6, actividad desarrollada por cada aforador asignado a cada punto y sentido de circulación.

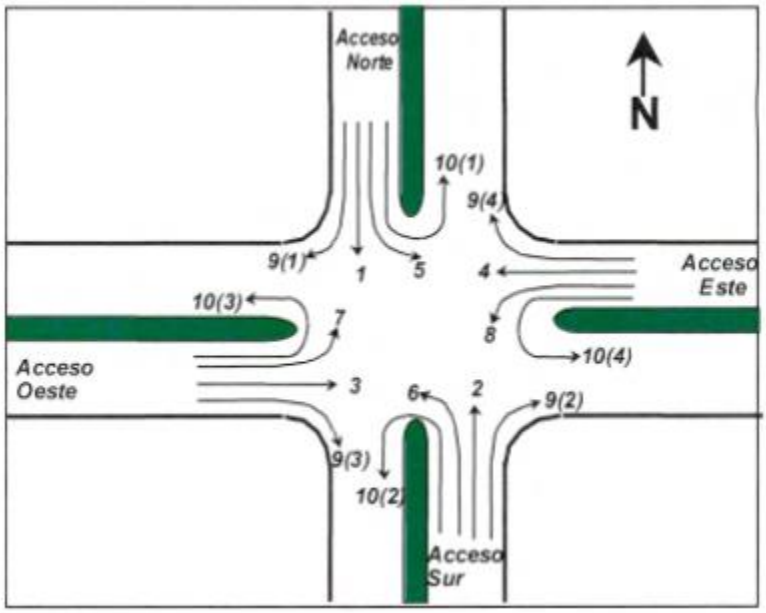


Figura 5. *Codificación de movimientos vehiculares*

CLINCCO CONSULTORIA Y CONSTRUCCIONES

ESTUDIO DE TRANSITO FUSAGASUGA

CL-FOR-001-0-015

REVISION 0

Fecha (D.M.A):_____ Estación de Aforo:_____

Condición Climática:_____ Movimientos Aforados : _____

Aforador: _____ Hoja _____ de _____

Coordinador: _____ Hora de Inicio : _____ Hora Final : _____

Esquema

PER	MOV	BICICLETAS	AUTOS	BUSETA	COLECTIVO	C-2P	C-2G	C-3-4	5	≥C6	Motos

Figura 6. *Formato de campo para el estudio de aforo de volúmenes*

7.1.3. Resultados aforos vehiculares

Toda la información tomada en campo se revisó, transcribió y procesó en oficina, mediante la utilización de esquemas de Excel, asociando a libros por movimiento.

A continuación, en la Tabla 4 y Tabla 5 se presenta el resumen de los tránsitos aforados, y composición vehicular asociados al promedio de los observados en campo, sin tener en cuenta las motocicletas.

Tabla 2. *Resumen toma de información Punto de aforo El Indio*

RESULTADOS AFOROS VEHICULARES SEMANAL EL INDIO										
FECHA	DÍA	MOVIMIENTO	AUTOS	BUSES	CAMIONES					TOTAL VEHÍCULOS
					C2P	C2G	C3-C4	C5	> C5	
17/08/2017	JUEVES	ENTRADA	5.854	1.040	490	448	190	63	59	5.854
		SALIDA	7.241	1.439	377	264	102	11	77	7.241
22/09/2017	SABADO	ENTRADA	9.000	942	313	352	48	21	91	9.000
		SALIDA	8.594	1.412	220	256	60	5	86	8.594

Tabla 3. *Resumen toma de información Punto de Aforo Las Palmas*

RESULTADOS AFOROS VEHICULARES SEMANAL LAS PALMAS										
FECHA	DÍA	MOVIMIENTO	AUTOS	BUSES	CAMIONES					TOTAL VEHÍCULOS
					C2P	C2G	C3-C4	C5	> C5	
17/08/2017	JUEVES	5.509	1.948	375	164	25	2	6	5.509	1.948
		3.981	1.170	140	369	114	2	9	3.981	1.170
22/09/2017	SABADO	6.807	1.777	336	169	12	5	23	6.807	1.777
		7.058	1.653	171	354	68	7	21	7.058	1.653

7.2. Cálculo de TPD y proyecciones

7.2.1. Expansión de la toma de información y cálculo de TPDS

Tomando en cuenta los resultados de la toma de información, se procedió a estimar el tránsito promedio diario semanal, situación para la cual se busca establecer un promedio de acuerdo con la siguiente expresión.

$$TPD = 1.25 * \frac{5 * (promedio \sum Día\ Típico) + 2 * (Día\ Atípico)}{7}$$

Cabe anotar que los resultados se afectaron por un 25% adicional, teniendo en cuenta que el volumen vehicular registrado corresponde a 14 horas; este factor busca expandir la muestra a 24 horas y se considera basado en la experiencia del consultor; los resultados del TPD se presentan en las Tablas Tabla 4 y Tabla 5

Tabla 4. *Cálculo TPDS El Indio*

MOVIMIENTO	AUTOS	BUSETAS	C2P	C2G	C3-4	C5	C6
ENTRADA	8.441	1.265	550	526	188	64	86
SALIDA	9.535	1.790	416	328	113	13	100
AMBOS SENTIDOS	17.976	3.055	966	854	300	76	186

Tabla 5. *Cálculo TPDS Las Palmas*

MOVIMIENTO	AUTOS	BUSETAS	C2P	C2G	C3-4	C5	C6
ENTRADA	7.350	2.375	455	208	28	4	14
SALIDA	6.076	1.635	186	456	126	5	16
AMBOS SENTIDOS	13.426	4.010	641	664	154	9	30

7.2.2. Proyecciones de tráfico

Teniendo en cuenta los TPDS estimados Tabla 4 y Tabla 5, según el Plan de Ordenamiento Territorial el crecimiento urbano será para el 2017 y en adelante del 3%, razón por la cual se tomó este valor para calcular el crecimiento anual vehicular, adicionalmente considerando el incremento que se presenta al realizar la construcción de una vía nueva se contempla un aumento del 6% de tráfico adicional (transito generado) en el año 2022, el cual es atraído por las mejoras realizadas; las Tabla 6 presenta las proyecciones del TPDA para la vía analizada.

De esta manera con base en el estudio de tránsito de referencia de la consultoría CLINCCO, se actualizaron las proyecciones al año de inicio de operación de la vía objeto de estudio, el cual para este caso corresponde al año 2022:

Tabla 6. *TPD Avenida Las Palmas*

Año	Livianos	Buses	C 2P	C 2G	C 3 - C 4	C 5	>C 5	TOTAL
2022	16473	4919	788	815	188	11	37	6,758

Dirección: Calle. 6 N° 6 - 24, Alcaldía Fusagasugá - Cundinamarca

www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co
atencionalciudadano@fusagasuga-cundinamarca.gov.co

Teléfonos: 886 81 81 – Fax: 886 81 86

Año	Livianos	Buses	C 2P	C 2G	C 3 - C 4	C 5	>C 5	TOTAL
2023	16967	5067	812	839	194	11	38	6,961
2024	17476	5219	836	864	200	11	39	7,169
2025	18000	5376	861	890	206	11	40	7,384
2026	18540	5537	887	917	212	11	41	7,605
2027	19096	5703	914	945	218	11	42	7,833
2028	19669	5874	941	973	225	11	43	8,067
2029	20259	6050	969	1002	232	11	44	8,308
2030	20867	6232	998	1032	239	11	45	8,557
2031	21493	6419	1028	1063	246	11	46	8,813
2032	22138	6612	1059	1095	253	11	47	9,077
2033	22802	6810	1091	1128	261	11	48	9,349
2034	23486	7014	1124	1162	269	11	49	9,629
2035	24191	7224	1158	1197	277	11	50	9,917
2036	24917	7441	1193	1233	285	11	52	10,215
2037	25665	7664	1229	1270	294	11	54	10,522
2038	26435	7894	1266	1308	303	11	56	10,838
2039	27228	8131	1304	1347	312	11	58	11,163
2040	28045	8375	1343	1387	321	11	60	11,497
2041	28886	8626	1383	1429	331	11	62	11,842

Fuente: Modificado de CLINCO

7.2.3. Determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas

Para la determinación del número de ejes equivalentes, se estima tomar un 25% del tráfico de la Av. Las Palmas, considerando que sea el tráfico desviado hacia la Av. Manuel Humberto Cárdenas, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7. *TPD Avenida Las Palmas al 25%*

Año	Livianos	Buses	C 2P	C 2G	C 3 - C 4	C 5	>C 5	TOTAL
2021	3,998	1,194	191	198	46	3	9	1,641
2022	4,118	1,230	197	204	47	3	9	1,690
2023	4,242	1,267	203	210	49	3	10	1,740
2024	4,369	1,305	209	216	50	3	10	1,792
2025	4,500	1,344	215	223	52	3	10	1,846
2026	4,635	1,384	222	229	53	3	10	1,901
2027	4,774	1,426	229	236	55	3	11	1,958
2028	4,917	1,469	235	243	56	3	11	2,017
2029	5,065	1,513	242	251	58	3	11	2,077
2030	5,217	1,558	250	258	60	3	11	2,139
2031	5,373	1,605	257	266	62	3	12	2,203
2032	5,535	1,653	265	274	63	3	12	2,269
2033	5,701	1,703	273	282	65	3	12	2,337
2034	5,872	1,754	281	291	67	3	12	2,407
2035	6,048	1,806	290	299	69	3	13	2,479
2036	6,229	1,860	298	308	71	3	13	2,554
2037	6,416	1,916	307	318	74	3	14	2,631
2038	6,609	1,974	317	327	76	3	14	2,710
2039	6,807	2,033	326	337	78	3	15	2,791
2040	7,011	2,094	336	347	80	3	15	2,874
2041	7,222	2,157	346	357	83	3	16	2,961

7.3. Tránsito de diseño, número de ejes equivalentes

El análisis de tránsito para el diseño de espesores de pavimentos es posiblemente la variable más importante en el diseño de una vía, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento.

El análisis se basa en el tránsito que se presenta en la vía, así como en sus proyecciones, para finalmente llegar a obtener el Número de Ejes Equivalentes que utilizará el pavimento durante la vida útil de éste.

Un pavimento debe ser diseñado para soportar el tránsito inicial y aquel que pase durante su vida de servicio. A continuación, se detalla el procedimiento empleado para la evaluación del tránsito de diseño expresado en el Número de Ejes Equivalentes, NEE.

7.3.1. Toma de información primaria

Utilizando los siguientes parámetros, se determina el número acumulado de repeticiones esperadas del eje sencillo equivalente a 8.2 toneladas, que se presenta en el carril de diseño durante el período de diseño, tal como se describe a continuación:

$$NEE = TA * \left(\frac{A}{100}\right) * \left(\frac{B}{100}\right) * 365 * FC$$

Donde:

NEE= Tránsito de diseño en Ejes Equivalentes

TA= Tránsito Acumulación para el año n

A= Porcentaje de vehículos comerciales (buses y camiones)

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

F.C = Factor Camión

El Tránsito Acumulado en cualquier año, TA, se halla al tener el TPD del año inicial y la rata anual de crecimiento del tránsito, la cual incluye el crecimiento Normal del Tránsito – CNT -, el Tránsito Generado – TG - y el Tránsito Desarrollado – TD, datos que se han incorporado en las proyecciones de tránsito realizadas en apartes anteriores del presente estudio.

Multiplicando los volúmenes de tránsito acumulado por los respectivos factores daño empleados se encuentra el Número de Ejes Equivalentes de 8.2 Ton.

7.3.2. Factor de equivalencia de carga

El factor de equivalencia de carga es el número de aplicaciones de ejes sencillos con carga equivalentes de 8.2 o 13 toneladas, correspondientes al paso de un vehículo comercial (Bus o Camión). Estos factores utilizados para el cálculo de número de ejes equivalentes corresponden a los indicados en el Manual de Diseño del INVIAS:

Tabla 8. *Factores de equivalencia de carga*

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE DAÑO
Autos	0.00
Buses	1.00
C2P	1.14
C2G	3.44
C3-C4	3.76
C5	4.40
>C5	4.72

Fuente: INVIAS – Universidad del Cauca

7.3.3. Factor direccional (Fd)

La distribución direccional es vista como la distribución porcentual de vehículos pesados de acuerdo con las características particulares de las condiciones de tránsito de la vía. Siguiendo la recomendación de diseño del INVIAS se toma una distribución en cada dirección del 55%.

7.3.4. Factor Carril (Fc)

Adicionalmente, se ajusta el número de vehículos comerciales en cada dirección por un factor de distribución por carril (Fca) el cual se selecciona según el número

de carriles en cada sentido, según lo sugerido por la AASHTO, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. *Determinación factor carril*

No. Carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño (Fc)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4 o más	50 – 75

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Para el presente proyecto, dado que solo se cuenta con un carril en cada dirección, se considerará un factor de 1.0 equivalente al 100% de los ejes equivalente en el carril de diseño.

7.4. Determinación del número de ejes equivalentes de diseño

Una vez definidos los parámetros anteriores, el número de ejes equivalentes se determina mediante la siguiente expresión:

$$N=365\times F_c\times F_d\sum TPD_i\times C_i$$

Ecuación 1. Número de ejes equivalentes

Dónde:

N : Número anual de ejes equivalentes de 8.2Ton

Fd : Factor de distribución direccional

Fc : Factor de distribución por carril

TPD_i : Transito promedio diario para cada tipo de vehículo

C_i : Factor de equivalencia de carga por tipo de vehículo

Año	Buses	C 2P	C 2G	C 3 – C4	C 5	>C 5	NEE 8.2 Ton CARRIL DE DISEÑO	NEE 8.2 Ton ACUMULADO
2022	172,811	45,084	140,706	35,477	2,429	8,765	405,271	405,271
2023	178,010	46,458	144,849	36,609	2,429	9,002	417,356	822,627
2024	183,350	47,831	149,165	37,741	2,429	9,239	429,755	1,252,382
2025	188,866	49,261	153,654	38,873	2,429	9,475	442,558	1,694,940
2026	194,522	50,749	158,315	40,005	2,429	9,712	455,733	2,150,673
2027	200,354	52,293	163,150	41,138	2,429	9,949	469,312	2,619,985
2028	206,361	53,838	167,984	42,459	2,429	10,186	483,256	3,103,242
2029	212,544	55,440	172,990	43,780	2,429	10,423	497,606	3,600,848
2030	218,938	57,099	178,170	45,100	2,429	10,660	512,396	4,113,244
2031	225,507	58,816	183,522	46,421	2,429	10,897	527,592	**4,640,836**
2032	232,288	60,589	189,046	47,742	2,429	11,134	543,228	5,184,065
2033	239,244	62,420	194,744	49,252	2,429	11,370	559,459	5,743,524
2034	246,411	64,308	200,613	50,762	2,429	11,607	576,130	6,319,654
2035	253,788	66,254	206,656	52,271	2,429	11,844	593,242	6,912,897
2036	261,412	68,256	212,871	53,781	2,429	12,318	611,067	7,523,963
2037	269,246	70,316	219,259	55,479	2,429	12,792	629,521	8,153,484
2038	277,326	72,433	225,820	57,178	2,429	13,266	648,451	8,801,935
2039	285,652	74,607	232,553	58,876	2,429	13,739	667,856	9,469,791
2040	294,224	76,838	239,459	60,574	2,429	14,213	687,737	10,157,528
2041	303,042	79,127	246,710	62,461	2,429	14,687	708,456	10,865,984

8. DISEÑO GEOMÉTRICO

8.1. Clasificación de los tramos viales

Para la realización de esta clasificación se tuvo en cuenta varios factores importantes para el establecimiento del diseño geométrico de los tramos de vía a desarrollar. De esta manera los tramos que componen la vía Carrera 17 se clasifican de la siguiente manera:

8.1.1. Según sus características

Para este aspecto los tramos viales se identifican como carreteras de una sola calzada con dos carriles, uno por cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y acceso directo de sus márgenes.

8.1.2. Según su demanda

Los tramos viales de la Carrera 17 serán vías de tercera clase debido a que su Índice Medio Anual de Transito (IMDA) será menor a 400 veh/día por la distribución de las casas que determina la capacidad vehicular del mismo condominio.

8.1.3. Según el tipo de terreno

De acuerdo a la inclinación máxima sobre el terreno, hallada de acuerdo al sentido longitudinal o transversal del eje de cada una de los tramos viales, las carreteras son clasificadas de la siguiente manera (Según tabla 1.1 DG James Cárdenas Grisales):

Tramo 1: carretera en terreno ondulado, debido a que longitudinalmente la pendiente máxima (18.34%) se encuentra entre 5 y 25%. Además, la inclinación transversal esta entre 6° y 13°

Tramo 2: carretera en terreno ondulado, ya que longitudinalmente la pendiente máxima (11.79%) se encuentra entre 5 y 25%. Además la inclinación transversal esta entre 6° y 13°.

En este tipo de terreno las vías construidas obligan a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos livianos, sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en pendiente por intervalos de tiempo prolongado.

Dirección: Calle. 6 N° 6 - 24, Alcaldía Fusagasugá - Cundinamarca

www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co
atencionalciudadano@fusagasuga-cundinamarca.gov.co

Teléfonos: 886 81 81 – Fax: 886 81 86

8.1.4. Según su función

Como la vía Carrera 17 cumple la función de unir la vía principal Av. Las Palmas con las vías internas del barrio Santa Anita, los dos tramos viales se clasifican como terciarias o de tercer orden.

8.2. Criterios de diseño

8.2.1. Velocidad

8.2.1.1. Velocidad de diseño

Basándonos en las anteriores clasificaciones de los tramos viales estudiados establecemos la velocidad de diseño para las mismas:

Para las vías terciarias diseñadas en terrenos ondulados la velocidad de diseño que asumiremos será de 40 km/h, según tabla 3.9 del libro Diseño Geométrico de Carreteras de James Cárdenas Grisales 2da edición, con el fin de mantener la seguridad vial y la comodidad tanto de los conductores en sus cambios de velocidad, como de los peatones para con el recorrido.

Tabla 3.9 Velocidades de diseño de tramos homogéneos, V_{TR}

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (Km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Instituto Nacional de Vías. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá. 2008.

8.2.1.2. Velocidad de diseño de tramos homogéneos

Los tramos viales de la Carrera 17 en el diseño en planta del condominio no contienen tramos con cambios bruscos de dirección por lo cual la velocidad de diseño para estos tramos será la seleccionada anteriormente de 40 km/h.

Sin embargo, se identificaron tramos homogéneos con características topográficas, elementos de trazado en perfil como las curvas verticales y tangentes horizontales, y el sentido en que los vehículos realizaran el recorrido, por lo cual se definieron las siguientes velocidades:

TRAMOS		Velocidad de tramos homogeneos (km/h)
Ko	Kf	
0+000	0+060	20
0+400	0+500	
0+060	0+400	40
0+500	0+440	

8.2.1.3. Velocidad de marcha

Teniendo en cuenta el efecto del volumen de tránsito (<400 veh/día) y la variación que presentará durante el día, la velocidad de marcha se ajustará a un promedio de demanda para el día, con valor teóricos comprendidos entre el 85% y el 95% de la velocidad de diseño, es decir que los rangos de la velocidad media de marcha son 34 y 38 km/h, por lo cual la velocidad media de marcha es 36 km/h.

8.2.2. Visibilidad

8.2.2.1. Distancia de visibilidad de parada (S)

Esta longitud se refiere a la mínima para que un conductor pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo que aparezca de improviso en la línea de circulación Esta distancia se divide en dos: la de percepción del objeto (d_1) y la de frenado (d_2), las cuales se determinan con las siguientes expresiones:

$$d_1 = \frac{V * t_p}{3{,}6} \qquad d_2 = \frac{V^2}{254 * (f \pm i)}$$

Donde V= velocidad de marcha u operación

t_p =Tiempo de percepción

f= coeficiente de fricción

i= corrección de distancia de frenado por pendiente (+i para subida y -i para bajada)

Asumiendo el t_p de 2,5 s conformado por un lapso de percepción de1,5 s y uno de reacción de 1 s , que se ha establecido experimentalmente en condiciones medias, un coeficiente de fricción de 0,4 para la velocidad de operación (Tabla pág. 364) , y una corrección de 1 para subida y 2 para bajada, la distancia de visibilidad de parada es:

Para subida:

$$S_1 = \frac{36\ km/h * 2{,}5s}{3{,}6} + \frac{(36\ km/h)^2}{254*(0{,}4+1)} = 28{,}64\ m \simeq 29\ m$$

Para bajada:

$$S_2 = \frac{36\ km/h * 2{,}5s}{3{,}6} + \frac{(36\ km/h)^2}{254*(0{,}4+2)} = 27.126 \simeq 27m$$

8.2.2.2. Distancia de visibilidad de adelantamiento (D_a)

Es la distancia "necesaria para que un vehículo pueda adelantar a otro que marcha por su misma vía de circulación a menor velocidad, sin peligro de colisión con un tercero que pueda venir en dirección contraria por el carril que eventualmente utiliza para la maniobra de adelantar"[1]. Está compuesta por 4 distancias:

d_1= distancia de precepción-reacción-aceleración hasta acceso a carril izquierdo

$$d_1 = 0{,}278 * t_1 * (V - m + \frac{a * t_1}{2})$$

Donde:

t_1: Tiempo de maniobra en segundos

V: Velocidad del vehículo que adelanta, en km/h

a: Promedio de aceleración que el vehículo necesita para iniciar el adelantamiento, en km/h.

m: Diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado, igual a 16 km/h en todos los casos.

Dirección: Calle. 6 N° 6 - 24, Alcaldía Fusagasugá - Cundinamarca

www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co
atencionalciudadano@fusagasuga-cundinamarca.gov.co

Teléfonos: 886 81 81 – Fax: 886 81 86

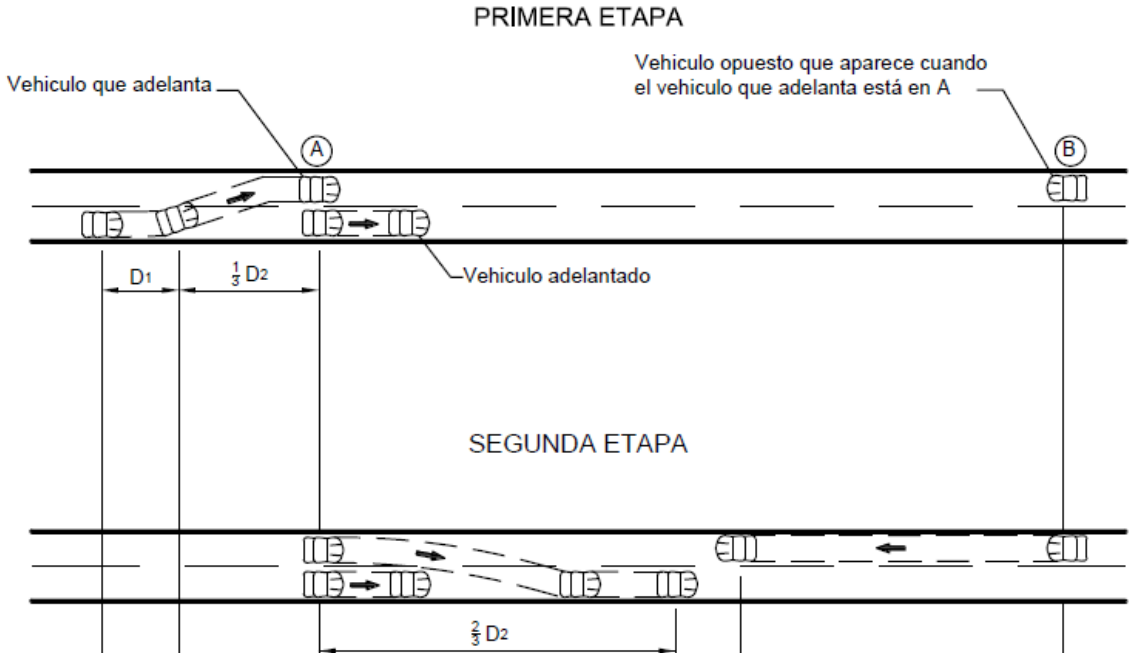


Figura 7. Distancia de visibilidad de adelantamiento**. F*uente:*** *Diseño Geométrico de carreteras (DG-2013)*

d_2= Distancia recorrida por el vehículo que adelante durante el tiempo

$$d_2 = 0{,}278 * t_2 * V$$

Donde:

t_2: Tiempo de maniobra para volver a su carril, en segundos

V: Velocidad del vehículo que adelanta, en km/h

d_3= Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el que viene en sentido contrario, la cual varía entre 30 y 90 m.

d_4= Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario (estimada en 2/3 de d_2).

Para nuestro caso tomando como datos los valores mínimos establecidos en experimentaciones de la ASSHTO (Diseño de carreteras, Paulo Bravo pág. 211) y

como velocidad de paso la velocidad de diseño (40Km/h) que es la máxima exigida, la distancia de visibilidad para las vías del condominio será:

$$d_1 = 0{,}278 * 3{,}6\ s * \left(\frac{40Km}{h} - \frac{16Km}{h} + \frac{\frac{2{,}25Km}{h} s * 3{,}6\ s}{2} \right) = 28{,}07\ m$$

$$d_2 = 0{,}278 * 9{,}3\ s * \frac{40km}{h} = 103.416\ m$$

$$d_3 = 30\ m$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} * 78\ m = 68.67\ m$$

$$D_a = 28.07m + 103.42\ m + 30m + 68.67m = 230.16\ m$$

Sin embargo esta distancia no se ajusta a los tramos rectos de los tramos viales, por lo cual no habría posibilidad de adelantamiento, así que la exigencia para que se pueda dar un adelantamiento es que el vehículo adelantado lleve la velocidad mínima de marcha (10Km/h) y el vehículo que adelanta alcance la mínima velocidad para poder adelantar (para este caso 26 Km/h).

Así, la distancia de adelantamiento es:

$$D_a = 14m + 67\ m + 30m + 43m = 154\ m$$

8.2.2.3. Opción franjas de adelantamiento

Teniendo en cuenta la distancia de adelantamiento determinada en el numeral anterior los tramos existentes en el diseño de las vías del condominio que se pueden considerar para adelantamiento son los siguientes:

TRAMOS		Tramo
Ko	Kf	
0+000	0+150	1 y 2
0+150	0+430	2

8.2.3. Alineamiento horizontal

A continuación, se dan las pautas de los diferentes elementos geométricos que componen los tramos viales en su diseño en planta, los cuales tienen el objetivo de permitir una operación ininterrumpida de los vehículos conservando la velocidad de diseño en la mayor parte de la longitud de cada vía.

8.2.3.1. Alineamientos rectos

Para longitudes de tramos en tangente con una velocidad de diseño de 40 Km/h los requerimientos son los siguientes (Tabla 302.01 DG 2013 pág. 133):

- Longitud mínima para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario, L_S).

$$L_{min.s} = 1{,}39\ V =$$

$$L_{min.s} = 1{,}39 * 40 = 55.6\ m \approx 56m$$

- Longitud mínima para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido)

$$L_{min.o} = 2{,}78\ V$$

$$L_{min.o} = 2{,}78 * 40 = 111.2\ m \approx 111.2\ m$$

- Longitud máxima deseable

$$L_{min.o} = 16{,}7\ V$$

$$L_{min.o} = 16{,}7 * 40 = 668\ m$$

De acuerdo a estas exigencias de longitudes máximas y mínimas se evalúan los diferentes tramos que se encuentran en tangente a lo largo de la vía:

TRAMOS		Longitud (m)	Tipo	Cumple
Ko	Kf			

0+00	0+304	304	Lo	√
0+316	0+372	55.63	Ls	X
0+395+	0+478	83	Ls	√

8.2.3.2. Alineamientos curvos

8.2.3.2.1. Curva circular simple

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes o alineamientos rectos consecutivos. Cuando el ángulo de deflexión entre los dos alineamientos es positivo, o sea que el ángulo se genera en el sentido horario, se dice que la curva es derecha. Cuando el ángulo se genera en el sentido anti-horario, se dice que la curva es izquierda

8.2.3.2.2. Elementos geométricos:

PI: punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva.

Pc: principio de la curva: punto donde termina la tangente de entrada y empieza la curva.

Pt: principio de tangente: punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.

O: centro de la curva circular.

Δ : Ángulo de deflexión de las tangentes.

R: radio de la curva circular simple.

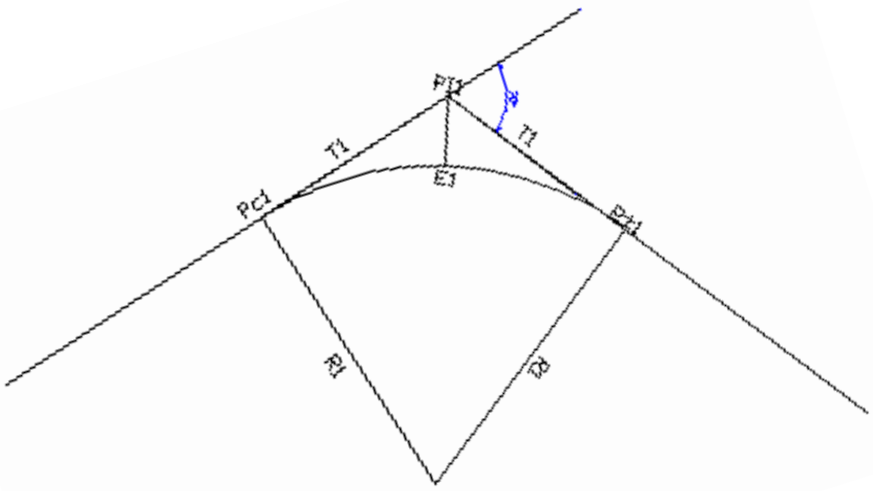
T: tangente o subtangente: distancia desde el PI AL PC o desde el PI al PT.

L: longitud de curva circular: distancia desde el PC al PT a lo largo del arco circular, o de un polígono de cuerdas.

CL: cuerda larga: distancia en línea recta desde el PC al PT.

E: externa: distancia desde el Pl al punto medio de la curva.

M: ordenada media: distancia desde el punto medio de la curva al punto medio de la cuerda larga.



8.2.3.2.3. Elementos geométricos de una curva circular simple

8.2.3.2.3.1. Calculo curva circular simple:

- Tangente: T → $\mathbf{T} = R \frac{\text{Tan } \Delta}{2}$
- Externa: E → $\mathbf{E} = T * \frac{\text{Tan } \Delta}{4}$
- Ordenada media: M → $\mathbf{M} = R \left(1 - \frac{\cos \Delta}{2}\right)$
- Grados de curvatura: Gc → $\mathbf{Gc:}\ 2 \frac{\text{sen}^{-1}}{2R}\ c$
- Longitud de la curva: Lc → $\mathbf{Lc} = \frac{C\Delta}{Gc}$
- Cuerda Larga: CL → $\mathbf{Cl} = 2R \frac{\text{sen}\Delta}{2}$

Tabla 10. *Elementos de alineamiento horizontal*

PI	COORDENADAS		Δ	Rc	Δc	Lc	Te	Ee	TC	EC ó EE	CE ó PQ	CT
	Norte	Este		(m)		(m)	(m)	(m)	ABSCISA	ABSCISA	ABSCISA	ABSCISA
Inicio	971901,64	967660,77								k 0+000,00	k 0+000,00	
1	971893,73	967666,25	73° 39' 16" D	12,822	73° 39' 16"	16,48	9,60 9,60	3,197	k 0+000,02			k 0+016,50
2	971809,58	967598,32	1° 0' 59" I							k 0+115,05	k 0+115,05	
3	971803,50	967593,59	1° 38' 18" D							k 0+122,76	k 0+122,76	
4	971770,26	967566,15	1° 39' 3" I							k 0+165,86	k 0+165,86	
5	971759,44	967557,73	1° 13' 1" D							k 0+179,57	k 0+179,57	
6	971721,76	967527,11	0° 25' 3" D							k 0+228,11	k 0+228,11	
7	971678,81	967491,69	0° 22' 53" I							k 0+283,79	k 0+283,79	
8	971627,23	967449,71	0° 11' 44" I							k 0+350,30	k 0+350,30	
9	971586,02	967416,41	0° 14' 48" D							k 0+403,28	k 0+403,28	
Final	971563,76	967398,26								k 0+432,00	k 0+432,00	

8.2.3.2.3.2. Peralte

Es la inclinación transversal de la calzada en las curvas horizontales que sirven para contrarrestar la fuerza centrífuga que tiende a desviar radialmente a los vehículos hacia fuera de su trayecto.

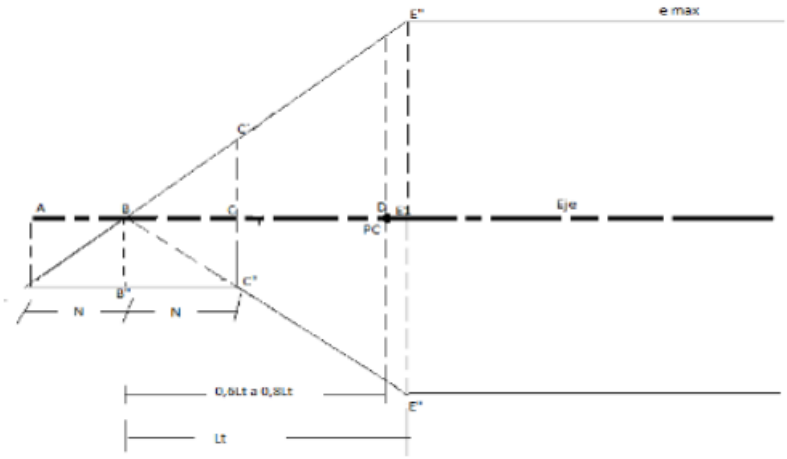
$$Lt = \frac{Carril * e}{m}$$

$$N = \frac{Carril * Bombeo}{m}$$

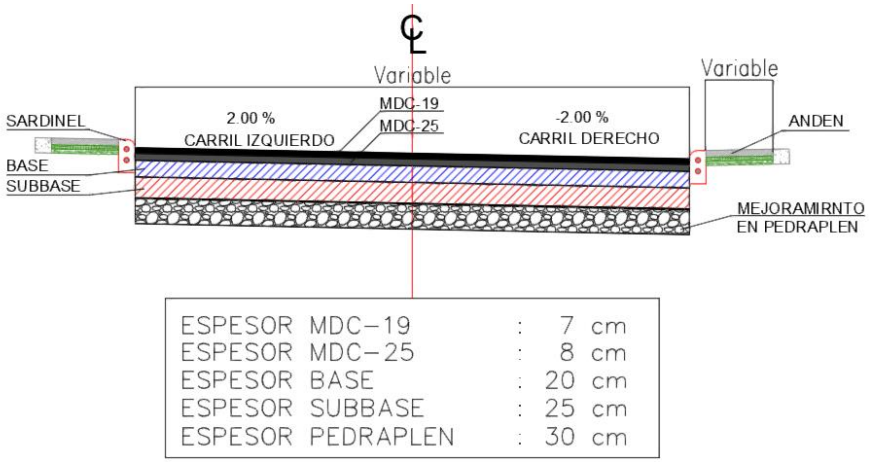
$$Rmin = \frac{Ve^2}{127 * (e + ft)}$$

Tabla 11. Diagrama de Peraltes

Fuente: *Diseño Geométrico de carreteras (DG-2013)*



Abscisa	Descripción	Carril izquierdo	Carril derecho
k 0+000.00	Inicio Alineamiento	5.30%	-5.29%
k 0+002.46	Final Peralte total	4.87%	-4.87%
k 0+018.95	Corona inversa	2.00%	-2.00%
k 0+029.17	Corona nivelada	2.00%	-2.00%
k 0+038.67	Inicio corona normal	2.00%	-2.00%
k 0+115.05	Corona normal	2.00%	-2.00%
k 0+122.76	Corona normal	2.00%	-2.00%
k 0+165.86	Corona normal	2.00%	-2.00%
k 0+179.57	Corona normal	2.00%	-2.00%
k 0+228.11	Corona normal	2.00%	-2.00%
k 0+283.79	Corona normal	2.00%	-2.00%
k 0+350.30	Corona normal	2.00%	-2.00%
k 0+403.28	Corona normal	2.00%	-2.00%
k 0+432.00	fin alineamiento	2.00%	-2.00%



Corona normal

1.1 CURVAS VERTICALES

Las curvas garantizan un paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida a fin de obtener una vía de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

1.1.1 Tipos de curvas verticales

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. En la Figura 8 se indican las curvas verticales cóncavas y convexa.

Figura 8. Curvas verticales convexas

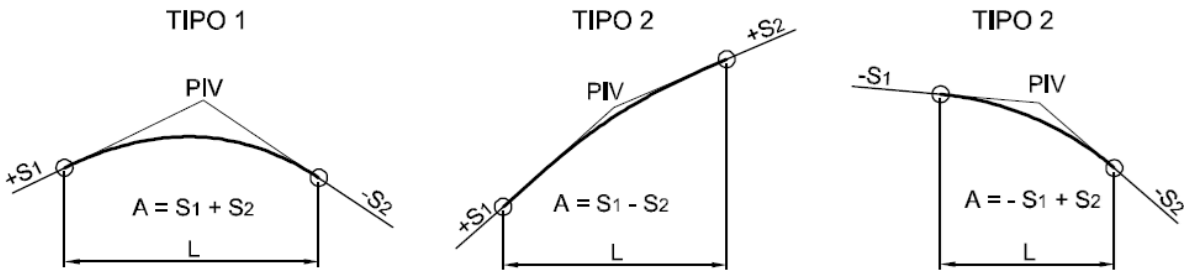
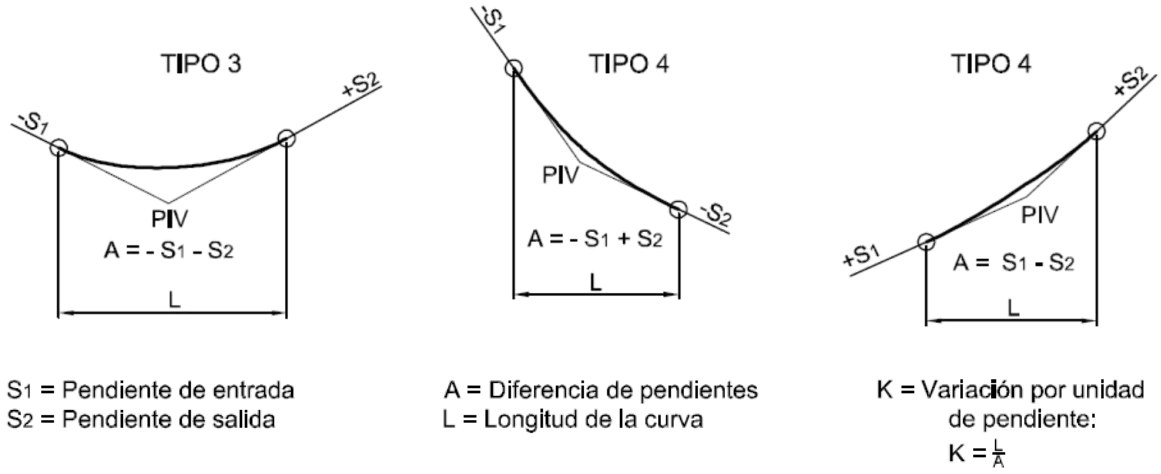


Figura 9. Curvas verticales cóncavas



Fuente: (Ministerio de Transporte & Instituto Nacional De Vías, 2008, fig. 4.3)

El punto común de una tangente y una curva vertical en su origen se denominan PCV, y PTV al punto común de la tangente y la curva al final de ésta. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le designa como PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra “A”.

1.1.2 Longitud mínima de la curva vertical convexa según el criterio de seguridad

Este el valor de la longitud mínima para este criterio se basó en aspectos como la distancia de velocidad de parada la pendiente y algunas características físicas comunes del conductor. Dichos aspectos son contemplados a aplicar la siguiente expresión tomada del Manual De Diseño Geométrico De Carreteras. (Ministerio de Transporte & Instituto Nacional De Vías, 2008, Capítulo 4).

Ecuación Longitud mínima de la curva vertical convexa según el criterio de seguridad

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

Donde:

$L_{mín}$: Longitud mínima de la curva, en metros.

A: Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

D_P: Distancia de visibilidad de parada, asociada a la Velocidad Específica de la curva vertical (V_{CV}), en metros.

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

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

$$L_{min} = \frac{A * (D_p)^2}{658}$$

1.1.3 Longitud máxima de la curva vertical convexa según el criterio de drenaje

Para poder cumplir a cabalidad con este criterio se aplicó la siguiente expresión que busca proveer un adecuado drenaje en el sector plano de la curva. Por esto se procuró que el parámetro K se diseñara con un valor menor a 50.

Ecuación 2. Longitud máxima de la curva vertical convexa según el criterio de drenaje

$$K_{max} = \frac{30}{0.6} = 50$$

Dirección: Calle. 6 N° 6 - 24, Alcaldía Fusagasugá - Cundinamarca

www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co
atencionalciudadano@fusagasuga-cundinamarca.gov.co

Teléfonos: 886 81 81 – Fax: 886 81 86

1.1.4 Longitud mínima de la curva vertical convexa según el criterio de operación

Este criterio la longitud mínima fue determinada buscando evitar un cambio súbito de pendiente además de generar en la vía que la curva vertical tenga una adecuada estética y apariencia. Para ello se utilizó la siguiente expresión:

Ecuación 3. Longitud mínima de la curva vertical convexa según el criterio de operación

$$lmin = 0.6 \times V_{CV}$$

1.1.5 Longitud mínima de la curva vertical cóncava según el criterio de seguridad

Este parámetro se obtuvo a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 4. Longitud mínima de la curva vertical cóncava según el criterio de seguridad

$$L_{min} = \frac{A * (D_P)^2}{200 * (200 + D_P * \tan \alpha)^2}$$

Donde:

DP: Distancia de visibilidad de parada, en metros.

H: Altura de los faros delanteros del vehículo, igual a sesenta centímetros (0.60 m).

α: Ángulo de divergencia de los rayos de luz de los faros delanteros. α = 1°.

A: Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

$$L_{min} = \frac{A * (D_p)^2}{120 + 3.5 * D_P}$$

1.1.6 Longitud máxima de la curva vertical cóncava según el criterio de drenaje

Este parámetro se utilizó como parámetro o criterio base para determinar una longitud que ayude evitar el empozamiento de las aguas superficiales en el punto más bajo de la curva. De acuerdo con este criterio, se debe diseñar la curva vertical cóncava con un valor de K menor o igual a cincuenta (50).

Ecuación 5. Longitud máxima de la curva vertical cóncava según el criterio de drenaje

$$K_{max} = \frac{30}{0.6} = 50$$

1.1.7 Longitud mínima de la curva vertical cóncava según el criterio de operación

Para poder cumplir a cabalidad con este criterio se aplicó la siguiente expresión que busca proveer un adecuado drenaje en el sector plano de la curva. Por esto se procuró que el parámetro K se diseñara con un valor menor a 50.

Ecuación 6. Longitud máxima de la curva vertical cóncava según el criterio de drenaje

$$K_{max} = \frac{30}{0.6} = 50$$

La longitud mínima de las curvas verticales se determinará en función del criterio de operación descrito en el Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008, con el objeto de evitar que el usuario experimente la cesación de cambios súbitos de pendiente. Para ello, se definirá el parámetro K, mediante el cual se ejercerá un control sobre

la distancia de visibilidad de parada y de este modo obtener la longitud mínima de la curva vertical.

Tabla 12. Longitudes mínimas para el diseño

PIV	PVI Station	Velocidad (km/h)	A	Curva Solicitada	k_{min}	D_p	Criterio 1 Seguridad L_{min} (m)	Criterio 2 Operación L_{min} (m)	Criterio 3 Drenaje L_{max} (m)
1	k 0+018.95	30				30.66			
2	k 0+029.78	30	2.04	Cóncava	5.00	31.52	10.21	18.00	102.11
3	k 0+131.03	30	1.12	Convexa	2.00	31.25	2.24	18.00	55.97
4	k 0+178.48	30	2.60	Cóncava	5.00	31.73	13.02	18.00	130.19
5	k 0+226.63	30	4.13	Convexa	2.00	31.73	8.27	18.00	206.64
6	k 0+302.02	30	5.42	Cóncava	5.00	32.17	27.10	18.00	271.02
7	k 0+348.09	30	0.49	No requiere	2.00	32.17			
8	k 0+408.97	30	12.95	Convexa	2.00	35.27	25.91	18.00	647.65
9	k 0+465.03	30				35.27			

Fuente: Elaboración propia

1.2 Descripción de curvas verticales diseñadas

Tabla 13. Descripción de diseño vertical

PIV	ABSCISA	COTA (m)	PENDIENTE (%)	L.C.V (m)	Tipo de Curva	L1 (m)	L2 (m)
1	k 0+018.95	1666.907	-1.45				
2	k 0+029.78	1666.750	+0.59	20.00	Simétrica Cóncava	10.00	10.00
3	k 0+131.03	1667.350	-0.53	18.00	Simétrica Convexa	9.00	9.00
4	k 0+178.48	1667.100	+2.08	18.00	Simétrica Cóncava	9.00	9.00
5	k 0+226.63	1668.100	-2.06	18.00	Simétrica Convexa	9.00	9.00
6	k 0+302.02	1666.550	+3.36	70.00	Simétrica Cóncava	35.00	35.00
7	k 0+348.09	1668.100	+2.87	SIN C.V.			
8	k 0+408.97	1669.850	-10.08	53.00	Asimétrica Convexa	30.00	23.00
9	k 0+465.03	1664.200					

Fuente: Elaboración propia

9. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Para la presentación de las alternativas de diseño del pavimento, se consideran variables principales como lo son la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el período de intervención.

- **Materiales**

Los materiales deberán cumplir con las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías INV-2013:

* Mezcla asfáltica densa en caliente
* Pavimento de losas de concreto hidráulico.
* Capas de material granular estabilizado en caliente con cemento asfaltico:
* Materiales granulares:

9.2. Propuestas de reconstrucción pavimento flexible:

9.2.2. Alternativa 1

En caso de identificar material de relleno (escombros- material heterogéneos – material orgánico) este deberá ser retirado inmediatamente en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de mezcla asfáltica-MDC, apoyada sobre una base granular BG y finalmente una Subbase granular- SBG.

Previo al mejoramiento se recomienda instalar un geotextil de refuerzo T2400 o similar.

9.2.3. Alternativa 2

En caso de identificar material de relleno (escombros- material heterogéneos – material orgánico) este deberá ser retirado inmediatamente en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de mezcla asfáltica-MDC, apoyada sobre una base estabilizada con asfalto en caliente (Tipo A ó Tipo B), finalmente una Subbase granular- SBG.

Clima y temperatura

El perímetro urbano se encuentra en una altura promedio de 1.726 msnm con una temperatura promedio de 20 ° C. La humedad relativa es de 85% con máximos mensuales de 93% y mínimos mensuales de 85%, con máximos mensuales de 93 % y mínimos mensuales de 74%, con una precipitación superior a los 1.250 msnm, localizada dentro del piso térmico templado.

Metodología de diseño – AASHTO 93

El método AASHTO/93, dimensiona las estructuras en función del número de ejes equivalentes en el período de diseño, el número estructural, la pérdida de serviciabilidad en el tiempo y del módulo de resiliencia de la subrasante. La capacidad estructural requerida (SN) se determina mediante la siguiente expresión:

$$\text{Log } N = Z_R S_o + 9{,}36\log(SN+1) - 0{,}20 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{4{,}2-1{,}5}\right]}{0.4+\frac{1094}{(SN+1)^{5{,}19}}} + 2{,}32\log M_R - 8{,}07 \quad (1)$$

Donde:

N : Número de ejes equivalentes de 8,2 t (80 kN).
Z_R : Desviación estándar normal.
S_o : Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.
ΔPSI : Pérdida de serviciabilidad
M_R : Módulo de resiliencia de la subrasante (lb / pulg²)
SN : Número estructural determinado por:
SN : $a_1D_1+a_2D_2m_2+a_3D_3m_3$

Siendo:
a_i : Coeficiente estructural de la capa i
D_i : Espesor de la capa i (pulg)
m_i : Coeficiente de drenaje de la capa granular i

Una vez calculada la capacidad requerida (SN) del pavimento en términos de su número estructural

(SN), se deben definir los espesores de las diferentes capas del pavimento, de manera que el conjunto estructural aporte la capacidad total requerida (SN). La

Dirección: Calle. 6 N° 6 - 24, Alcaldía Fusagasugá - Cundinamarca
www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co
atencionalciudadano@fusagasuga-cundinamarca.gov.co
Teléfonos: 886 81 81 – Fax: 886 81 86

capacidad del conjunto de capas del pavimento se calcula mediante la siguiente expresión:

$$SN=a_1D_1+a_2D_2m_2+a_3D_3m_3$$

Donde;

a1, a2, a3: Coeficientes estructurales de las capas asfálticas (función del módulo de elasticidad y de la temperatura de la mezcla asfáltica) y base (función del módulo de elasticidad y CBR) y subbase

(función del módulo de elasticidad y CBR), respectivamente.

D1, D2 y D3: Espesores de las capas asfálticas, base y subbase, respectivamente.

M2, m3: Coeficiente de drenaje de las capas granulares de base y subbase, respectivamente (función de la condición del drenaje en relación con el tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación y del tiempo transcurrido para que el agua sea evacuada).

Para el proyecto del corredor en estudio se consideran los siguientes parámetros de acuerdo con la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993:

9.2.4. Período de análisis

El período de análisis para el diseño de las estructuras de pavimento es de 10 años, en cumplimiento al Anexo Técnico de Diagnostico para Conservación de Infraestructura Vial para Bogotá.

9.2.5. Tránsito

La variable tránsito definida como la carga que soportará la estructura de pavimento durante el período de intervención, es determinada mediante diferentes metodologías, donde es preciso relacionar un tránsito inicial, una proyección al período de análisis y la determinación de equivalencias de carga de los vehículos comerciales (FECE - factores daño). El tránsito de diseño para los tramos objeto de estudio, fue determinado en el capítulo 8.

9.2.6. Confiabilidad

La confiabilidad para la propuesta de una estructura de pavimento es la probabilidad de que el pavimento diseñado, se comporte satisfactoriamente en el período de diseño bajo las cargas esperadas del tráfico, los parámetros geotécnicos y condiciones ambientales previstas.

- ✓ Malla Vial Intermedia: 85%

Dirección: Calle. 6 N° 6 - 24, Alcaldía Fusagasugá - Cundinamarca
www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co
atencionalciudadano@fusagasuga-cundinamarca.gov.co
Teléfonos: 886 81 81 – Fax: 886 81 86

9.2.7. Serviciabilidad

El índice de Servicio presente (PSI) varía entre 0 (carretera imposible) y 5 (Carretera perfecta). Teniendo en cuenta lo anterior, y acorde a lo establecido por la metodología de diseño, se adopta un P_0 = 4.2 y Pt =1.7 para obtener un ΔPSI de 2.5.

Índice Inicial y Final De Servicio (ΔPSI):

Valor índice inicial de servicio: **4,2** (valor estimado de acuerdo con las recomendaciones del Manual de Diseño de Pavimentos en vías con medios y altos volúmenes de Tránsito)

Valor índice final de servicio: **1,7**

Se adopta de acuerdo con la recomendación de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993 numeral 2.2.1 página II-10.

9.3. Características de las capas

Los coeficientes estructurales de los materiales asfálticos y granulares se adoptan a partir de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/93 numeral 2.3.5.

- **Mezcla asfáltica MD20,** a= 0,35, para un E_{min} = 2000 MPa

Para la obtención del coeficiente de aporte de la mezcla asfáltica, se recurre a las recomendaciones establecidas en el Manual de Diseño de Pavimentos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito INVIAS.

Para el coeficiente de aporte de la mezcla asfáltica, tomando como referencia lo establecido en la Guía para el diseño de pavimentos - AASHTO/93, numeral 2.3.5, El coeficiente de aporte de la capa, ha sido validado a partir de la siguiente relación:

$$a1 = 0.7304 - (0.1271 * \ln(t)$$

$a_1 = 0.0052E^{0.555} \quad E = MPa$

Dirección: Calle. 6 N° 6 - 24, Alcaldía Fusagasugá - Cundinamarca

www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co
atencionalciudadano@fusagasuga-cundinamarca.gov.co

Teléfonos: 886 81 81 – Fax: 886 81 86

De acuerdo con las ecuaciones anteriores, para una temperatura media de 20°C se obtendría un coeficiente de aporte de 0.35 y un módulo dinámico de 2000 MPa.

- **Base granular, a= 0,14**

Para un CBR= 100% (Figura 2.6, guía de diseño AASHTO/1993). E_2 = 214 MPa, la cual puede ser proveniente de materiales reciclados y vírgenes dando cumplimiento al Art. 300-330, INV-2013. El coeficiente de aporte de la capa, ha sido validado a partir de la siguiente relación:

$$a_2 = 0.249\ x \log(E_{BG}) - 0.977$$

Ecuación 7

- **Base Estabilizada con asfalto en caliente, a= 0.20**

De acuerdo con una Especificación Técnica de referencia (422-11 IDU- Capas de material granular estabilizado en caliente con cemento asfáltico), se debe garantizar un módulo resiliente de 2000MPa y cumplir con una estabilidad mínima de 750 Kg y un flujo comprendido entre 2 y 4 mm.

- **Subbase granular, a= 0.12**

Para un CBR ≥ 30%, E_3 = 117 MPa (Figura 2.7, guía de diseño AASHTO/1993). El coeficiente de aporte de la capa, ha sido validado a partir de la siguiente relación:

$$a_3 = 0.227\ x \log(E_{SBG}) - 0.839$$

9.4. Módulo resiliente

De acuerdo con la exploración geotécnica efectuada en los estudios de referencia, se obtuvo un CBR de 6%, teniendo en cuenta las condiciones actuales, de manera conservadora se considerará afectar este valor por un factor de 0.75, por lo cual se parte del diseño con un valor de CBR de 4.5%. Con el fin de tener una plataforma de apoyo adecuada para el nivel de tránsito de la vía en estudio, se recomienda la construcción de una capa de mejoramiento en material de rajón en un espesor de 30 cm.

Bajo estas consideraciones, el módulo equivalente obtenido para el diseño de la estructura, se determina mediante la metodología propuesta por Ivanov, como se muestra:

Eequiv: Módulo Resiliente compuesto de la subrasante mejorada

Einf: Módulo Resiliente capa inferior

N: Parámetro de rigidez, determinado a partir de los módulos de las capas inferior y superior

A: Radio de carga

H: Espesor de la capa de mejoramiento o capa superior

$$h = \frac{2A}{N} * \tan\left[\frac{1 - {Einf}/{Eequiv}}{\frac{2}{\pi} * \left(1 - {1}/{N^{3,5}}\right)}\right]$$

$$N = \left(\frac{E\,\text{sup}}{E\,\text{inf}}\right)^{\frac{1}{2.5}}$$

El módulo de la cada inferior es estimado a partir de la siguiente expresión:

$E = 100 * CBR(\%)$

El módulo de la capa superior, tomando en consideración que el módulo de las capas granulares es dependiente del estado de esfuerzos y confinamiento de las capas, se determina a partir de la ecuación de Shell, en función del espesor de capa de mejoramiento y el módulo de la capa inferior mediante la expresión.

$$Esup = 0{,}204 * E\,inf * H^{0{,}45}$$

- <u>Coeficientes adoptados</u>

Se adopta como coeficiente de drenaje el valor de 0.90, teniendo como tiempo requerido una (1) semana, para drenar la capa hasta un grado de saturación del 50%, calificando la calidad del drenaje como “REGULAR” y entre el 5% y el 25% del tiempo el pavimento estará expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.

En la siguiente Tabla, se presentan los valores de coeficientes estructurales y de drenaje adoptados para el diseño del pavimento del corredor en estudio.

Tabla 14. *Valores de los coeficientes estructurales y de Drenaje.*

TIPO DE MATERIAL	COEFICIENTE ESTRUCTURAL	COEFICIENTE DE DRENAJE
MEZCLA ASFÁLTICA MDC	0.35	1.00
BASE GRANULAR	0.14	0.90
BASE ESTABILIZADA CON ASFALTO EN CALIENTE	0.20	0.90
SUBBASE GRANULAR	0.12	0.90

Fuente: Elaboración propia.

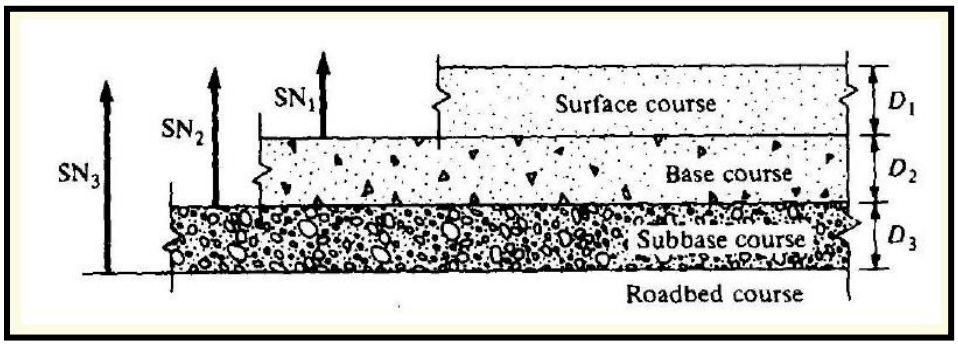


Figura 10. *Estructura de Pavimento Tipo.* ***Fuente:*** *Metodología AASHTO/93*

Dónde:

$$D^*_1 \geq SN_1/a_1$$

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq (SN_2 - SN^*_1)/(a_2 m_2)$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq (SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2))/a_3 m_3$$

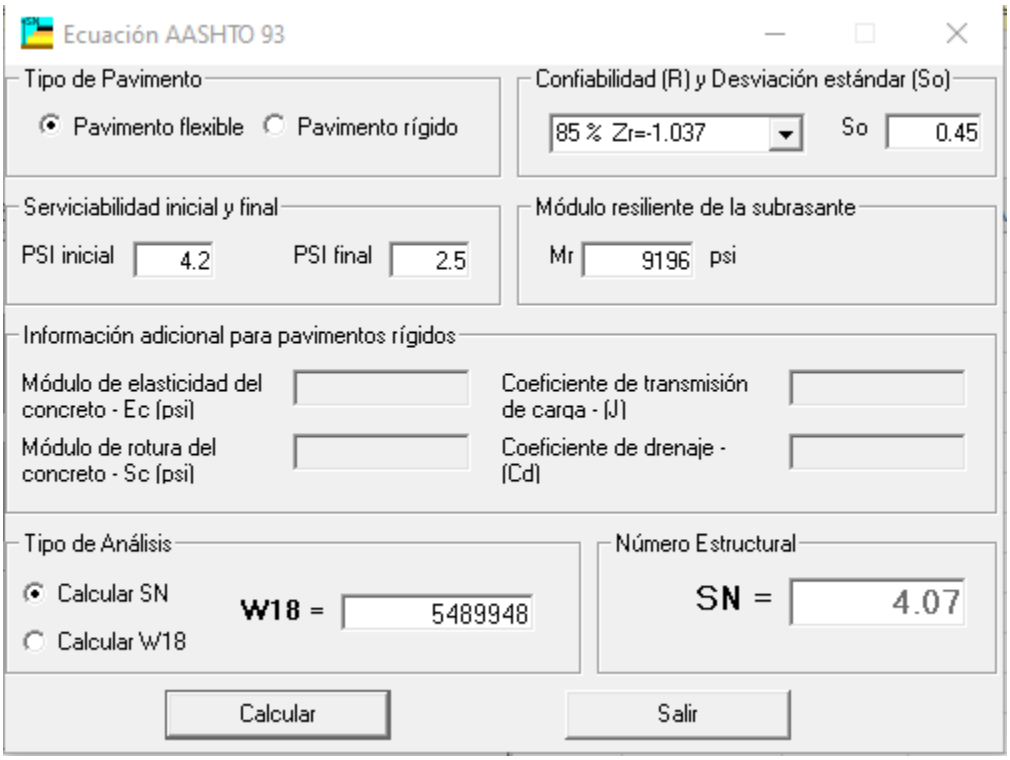
Desviación estándar (So): Considera la variación asociada con propiedades de materiales, tráfico y desempeño -

- Recomendado 0,45 pavimentos flexibles
- 0,44 si se consideró la variación en la proyección del tráfico (estudio de tráfico)

Dirección: Calle. 6 N° 6 - 24, Alcaldía Fusagasugá - Cundinamarca
www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co
atencionalciudadano@fusagasuga-cundinamarca.gov.co
Teléfonos: 886 81 81 – Fax: 886 81 86

- 0,49 si no se consideró la variación en la proyección del tráfico (estudio de tráfico)

Número Estructural Requerido ($SN_{REQUERIDO}$), Calculado mediante el software - ecuación AASHTO/93, (Ver siguientes figuras).



Alternativa 1

CAPA	ESPESOR (mm)	MÓDULO (MPa)	SN REQUERIDO	SN CALCULADO
MEZCLA ASFÁLTICA MDC-19	70	2000	4.07	4.12
RIEGO DE LIGA	-	-		
MEZCLA ASFÁLTICA MDC-25	80	2000		
IMPRIMACIÓN	-	-		
BASE GRANULAR, BG	200	214		
SUBBASE GRANULAR, SBG	250	117		
MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE, MATERIAL TIPO RAJÓN	300	CBR>30		

Alternativa 2

CAPA	ESPESOR (mm)	MÓDULO (MPa)	SN REQUERIDO	SN CALCULADO
MEZCLA ASFÁLTICA MDC-19	50	2000	4.07	4.13
RIEGO DE LIGA	-	-		
MEZCLA ASFÁLTICA MDC-25	70	2000		
IMPRIMACIÓN	-	-		
BASE ESTABILIZADA CON ASFALTO EN CALIENTE	200	2000		
SUBBASE GRANULAR, SBG	250	117		
MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE, MATERIAL TIPO RAJÓN	300	CBR>30		

9.5. Metodología de diseño pavimento rígido

La Metodología PCA/84, propuesta por la Portland Cement Association – PCA – en 1984, aplicable a las diversas alternativas de pavimentos rígidos. Considera como variables de diseño el módulo de reacción de la subrasante, una capa granular de aporte, las solicitaciones de carga y los criterios de esfuerzo y erosión admisibles.

9.5.2. Diseño pavimentos rígidos (bs-pca)

La metodología empleada para el diseño de pavimento corresponde a la metodología PCA/84, método de diseño de la Portland CementAssociation PCA, la cual establece las siguientes consideraciones:

a. Provisión de una subrasante o subbase de soporte razonablemente uniforme seleccionando materiales y controlando su densificación.

b. Prevención del “bombeo” o de otras acciones de los suelos de la subrasante, cuando el tránsito previsto y las condiciones del suelo lo hagan necesario.

c. Ubicación o distribución de juntas para controlar adecuadamente las tensiones provocadas por la restricción al alabeo y al desplazamiento de las losas. Grado de transferencia de carga.

d. Adopción de un espesor que permita mantener las tensiones que provocan las cargas del tránsito, por debajo de las admisibles.

9.5.2.1. Criterios de diseño

9.5.2.1.1. Período de diseño

El período de análisis del pavimento en concreto hidráulico para el corredor en estudio es de 20 años.

9.5.2.1.2. Criterio de Fatiga

Para proteger al pavimento de la acción repetida de cargas, consumo de Fatiga máximo 100%.

9.5.2.1.3. Criterio de Erosión

Para evitar la migración de finos, es decir, una falla repentina por la pérdida de soporte. Para mezclas asfálticas o materiales que presenten similar comportamiento ante la degradación por efecto del agua y del tránsito, el consumo máximo permitido es del 100%.

9.5.2.1.4. Tipo de Pavimento

Se considera un pavimento de concreto sin bermas y con pasadores debido al volumen de tráfico que se presenta en la vía.

9.5.2.1.5. Número de Repeticiones Esperadas

Determinadas a partir de la información primaria presentada en el Capítulo 8 del presente informe:

Dirección: Calle. 6 N° 6 - 24, Alcaldía Fusagasugá - Cundinamarca

www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co
atencionalciudadano@fusagasuga-cundinamarca.gov.co

Teléfonos: 886 81 81 – Fax: 886 81 86

Tabla 15. *Repeticiones esperadas a 20 años*

Tipo de Vehículo comercial	No. Repeticiones esperadas (20 años)	No. de repeticiones esperadas por tipo de eje			
		Eje simple r. sencilla	Eje simple r. doble	Eje Tándem	Eje Trídem
		6.0 Ton	11.0 Ton	22.0 Ton	24.0 Ton
Buses	5,855,376	5,855,376	5,855,376		
C 2P	938,324	1,876,648			
C 2G	969,896	969,896	969,896		
C 3	224,384	224,384	224,384	224,384	
C 5	10,038	10,038	10,038		10,038
>C 5	42,203	42,203		42,203	42,203
Total repetic. por tipo de eje :	**8,040,220**	8,978,544	7,059,693	266,587	52,241

Fuente. Elaboración propia

9.5.2.1.6. Factor de Seguridad de Carga – FSC

Las tensiones inducidas en el pavimento de concreto por las cargas de los vehículos en movimiento son menores que las producidas por las mismas cargas cuando el vehículo está estacionado o transita a baja velocidad, por lo que es necesario considerar un factor de seguridad con respecto a las cargas para toda la vía. Para el presente diseño se estableció, según las recomendaciones de la PCA considerando un Factor de Seguridad de carga igual a **1.1**.

9.5.2.1.7. Factor de Mayoración de Repeticiones – FSRC

Acorde al Pliego de Condiciones se establece un Factor de Mayoración de Repeticiones de **1.1.**

9.5.2.1.8. Calidad del concreto

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño de las vías urbanas, se propone el módulo de rotura de 4.5 MPa, teniendo en cuenta el transito presente en el tramo objeto de estudio de la siguiente forma:

9.5.2.1.9. Transferencia de Carga

Se considera el diseño con pasadores o dovelas, debido al espectro de carga que se presenta en la vía.

9.5.2.1.10. Módulo de Reacción de la subrasante

El módulo de reacción para los CIVs objeto de estudio, corresponderá a los resultados obtenidos mediante a los ensayos de laboratorio CBR inalterado y en inmersión registrados para cada segmento vial.

1. A partir del CBR inalterado y en inmersión obtenido mediante ensayos de laboratorio se determinó el módulo de reacción de la subrasante(K), haciendo uso de la siguiente relación:

$$K = 13.428 * CBR^{0.5825} \quad \textbf{(30)}$$

9.5.2.1.11. Módulo de Reacción del conjunto

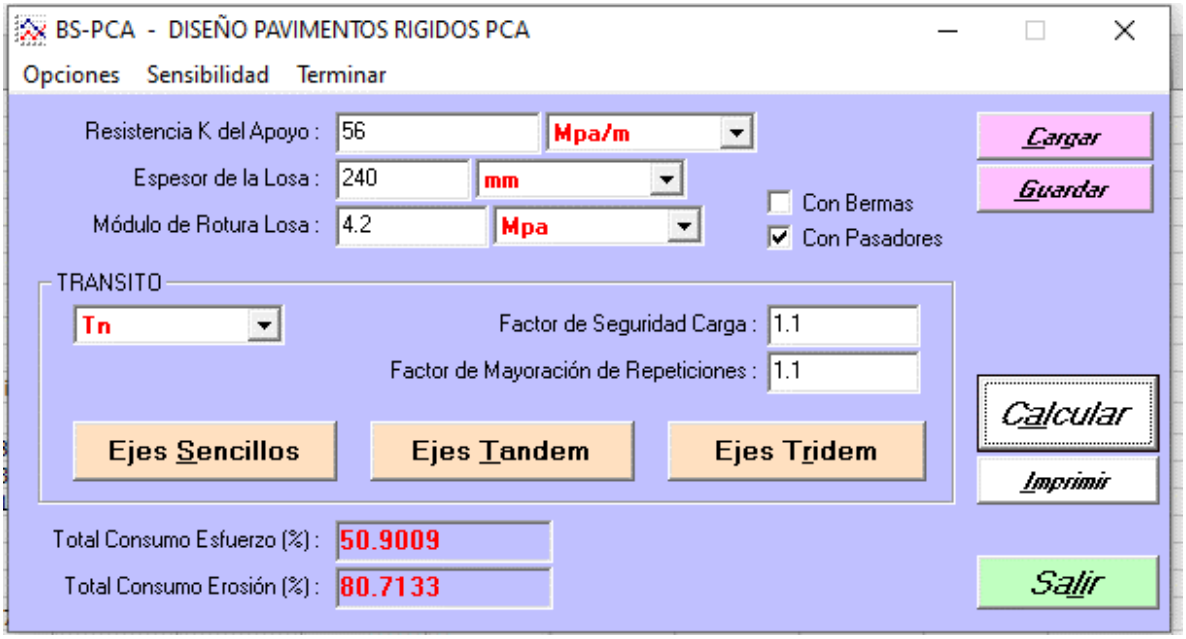
Para la alternativa de intervención en pavimento rígido el Módulo de reacción del conjunto, fue determinado mediante la Tabla 16 desarrolladas por la CPCA (Canadian Portland Cement Association) el cual corresponde al módulo teniendo en cuenta una base granular de:

Tabla 16. Efecto de la base granular sobre los valores de k

Valor de k para subrasante		Valor de k para Base							
		100 mm		150 mm		200 mm		250 mm	
MPa/m	Lb/pulg^3	MPa/m	Lb/pulg^3	MPa/m	Lb/pulg^3	MPa/m	Lb/pulg^3	MPa/m	Lb/pulg^3
20	*73*	*23*	*85*	*26*	*96*	*30*	*111*	*34*	*126*
40	*147*	*45*	*165*	*49*	*180*	*54*	*200*	*60*	*222*
60	*220*	*64*	*235*	*66*	*245*	*73*	*269*	*81*	*298*
80	*295*	*87*	*320*	*90*	*330*	*97*	*358*	*117*	*433*

Fuente. CPCA (Canadian Portland Cement Associaton)

Tabla 17. Modelación estructura en concreto hidráulico



9.5.3. Juntas transversales

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga; debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Para la transferencia de carga en las juntas transversales, es necesaria la colocación de pasadores, cuyo diámetro es presentado en la siguiente Tabla:

Tabla 18. Transferencia Mecánica

Espesor de losa (mm)	Diámetro de la Dovela (pulg)	Longitud de la dovela (mm)	Separación entre centros (mm)
240-250	1 1/4	450	300

Fuente: Elaboración Propia

9.5.4. Juntas longitudinales

Para la transferencia de cargas y amarre en las juntas longitudinales se debe disponer de barras de acero corrugado de diámetro de ½" con una longitud de 85 cm, separadas entre centros cada 0,60m (fy=60,000 psi). Las barras no se deben colocar a menos de 40 cm de la junta transversal.

9.5.5. Juntas de contracción

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 671 Especificaciones Técnicas de Construcción de Carreteras INVIAS 2013 (Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014), durante la construcción se deberán dejar juntas de contracción a intervalos no mayores de tres metros (2m). Sus bordes deben ser verticales y normales al alineamiento de la cuneta. Cuando las cunetas se construyan adosadas a un pavimento rígido, las juntas deberán coincidir con las juntas transversales del pavimento.

9.5.6. Juntas de aislamiento

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 671 Especificaciones Técnicas de Construcción de Carreteras INVIAS 2013 (Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014); en las uniones de las cunetas con cajas de entrada a las alcantarillas se ejecutarán juntas de aislamiento, cuyo ancho estará comprendido entre quince y veinte milímetros (15-20mm). Posterior al curado del concreto, las juntan se deben limpiar para colocar los materiales de relleno y sellado.

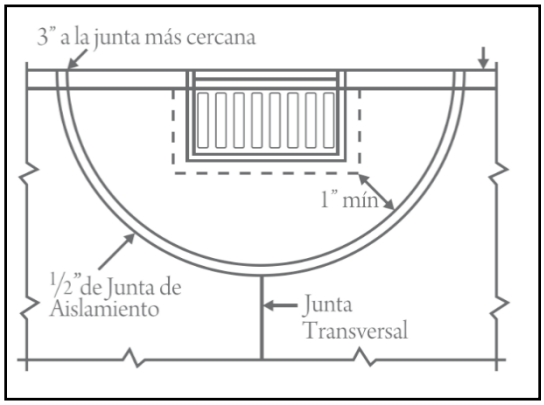


Figura 11. *Juntas de aislamiento* ***Fuente.*** *Pavimentos de concreto CEMEX*

Dirección: Calle. 6 N° 6 - 24, Alcaldía Fusagasugá - Cundinamarca
www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co
atencionalciudadano@fusagasuga-cundinamarca.gov.co
Teléfonos: 886 81 81 – Fax: 886 81 86

9.5.7. Modulación de losas

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

9.5.7.1. Espaciamiento de Juntas

- La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ a } 24)\ d,$$

Donde,

S = Separación de la junta

d = espesor del pavimento

21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento.

24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

- La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1,25.

$$1{,}0 < \text{largo/ancho} < 1{,}25$$

$$1.25 * L/A \text{ (Recomendación AASHTO)}$$

- En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor.

Dirección: Calle. 6 N° 6 - 24, Alcaldía Fusagasugá - Cundinamarca

www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co
atencionalciudadano@fusagasuga-cundinamarca.gov.co

Teléfonos: 886 81 81 – Fax: 886 81 86

$L \leqslant 25\ H$

Donde

L: Longitud de la Losa

H: Espesor de la Losa (m)

Tabla 19. *Modulación de losas*

Espesor (m)	Ancho Calzada (m)	Ancho de la losa de concreto (m)	Largo de la losa función del espesor de losa (m)	Largo máximo en función de la relación Largo/Ancho (m)	Largo máximo en función de espesor de losa (m)
0.24	7.00	3.50	5.00	4.38	6.00

9.5.8. Recomendaciones constructivas

La construcción de las capas estructurales de pavimento deberá considerar un sobreancho mínimo de 0,30m, esto con el fin de controlar el porcentaje de compactación en los bordes de la calzada y no comprometer el comportamiento de la carpeta asfáltica, el espesor compactado por capa granular no deberá superar los 250mm, a nivel de estructura.

En búsqueda de ofrecer un adecuado terreno de soporte, bajo ninguna circunstancia la estructura de pavimento propuesta podrá ser cimentada sobre rellenos heterogéneos (material contaminado con escombros de construcción). En caso que durante el proceso constructivo se identifiquen rellenos de este tipo, deberán ser removido hasta una profundidad de un metro (1,0 m) o hasta que la característica orgánica cese y se escogerá la menor de las dos dimensiones. Los 20 cm superiores se rellenarán con un material apropiado del tipo seleccionado para “corona del relleno” y los restantes con un material idóneo para “relleno en general”, que cumplan las características definidas en la sección 320 de estas especificaciones “rellenos para conformación de la subrasante”.

La intervención propuesta deberá estar acompañada de un mantenimiento periódico al drenaje existente en la vía, el cual consistirá en la limpieza de sumideros y revisión del estado de funcionamiento de los diferentes pozos.

Se deberán realizar mantenimientos rutinarios y periódicos con el fin de garantizar el ciclo de vida propuesto (n=10 años). Se recomienda cada año realizar sellos de juntas y cada 6 años, además inspeccionar el pavimento y realizar las reparaciones a profundidad parcial o total, en las losas que presenten fisuras y grietas.

La estrategia de intervención en pavimento flexible, deberá ser complementada durante su período de servicio con estrategias de mantenimiento periódico consistentes en sello de fisuras y parcheos, acorde al deterioro observado, según lo plantea la metodología de diseño AASHTO/93 empleada, lo cual se recomienda realizar inspecciones visuales cada 6 meses, con el fin de definir un plan de mantenimiento.

Se recomienda realizar la evaluación deflectométrica en el año 5 del periodo de operación, con el fin de establecer posibles aumentos de espesores en la estructura de pavimentos según el tránsito que a esa fecha se esté presentando.

No se deberá realizar la extensión ni la compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente.

9.5.9. Recomendaciones – mantenimiento

9.5.9.1. Mantenimiento posterior al servicio de la vía:

La intervención propuesta deberá estar acompañada de un mantenimiento rutinario al drenaje existente en la vía, el cual consistirá en la limpieza de las estructuras y revisión del estado de funcionamiento de las mismas. En la Tabla 20, se presentan las actividades de mantenimiento rutinario y periódico a ejecutar para obtener un valor de IRI promedio en el proyecto de 4 m/km durante 10 años.

Las actividades de mantenimiento rutinario y periódico se deberán realizar en función del área de deterioro teniendo en cuenta lo siguiente:

Tabla 20. *Calendario de actuaciones por año*

Año	Construcción	Sello de fisuras	Parcheo	Fresado y sobrecarpeta (5cm)
2022	X			
2023				
2024				
2025		x	x	
2026				
2027				
2028		x	x	x
2029				
2030				
2031		x	x	

Fuente. Elaboración propia

Sello de grietas: Esta actividad consiste en la eventual conformación de las fisuras, su limpieza y la aplicación de un producto bituminoso sellante en caliente, cuyas características y cantidades dependen de la abertura de ellas, según lo establecido en el artículo 466 de las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato (INVIAS 2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014). Dicho tratamiento se debe realizar para fisuras de tipo longitudinal y/o transversal (no interconectadas) cuya abertura sea superior a 6mm. Para evitar el desprendimiento del sello, éste deberá quedar por debajo de la superficie de la fisura aproximadamente 5mm.

- ***Parcheo y Bacheo*.** El parcheo se define como la actividad que busca reemplazar en un área deteriorada (sin compromiso estructural) la carpeta asfáltica, mejorando la superficie y por ende el nivel de servicio ofrecido al usuario. El bacheo consiste en la intervención de áreas localizadas del pavimento deterioradas, abarcando las capas asfálticas y/o las granulares hasta lograr un apoyo firme. Estas actividades se encuentran en función del área deteriorada y el tipo de deterioro. La excavación a realizar para la reparación, deberá ceñirse a lo establecido en los artículos 460 y/o 465 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (INVIAS 2013).

Verificación del Estado de la Plataforma

Para el caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable (Art. 230 INV 2013).

9.5.9.2. Limitaciones

Las modelaciones y los resultados presentados en el presente informe se basan en la información obtenida en campo, en la experiencia en este tipo de trabajos y en el criterio de los especialistas. De llegar a encontrarse diferencias en la etapa constructiva que ameriten revisión de lo aquí escrito se deberá informar a los especialistas con el fin de realizar los ajustes pertinentes.