VOLUMEN II. ESTUDIO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

CONTRATANTE:
ALCALDÍA MUNICIPAL DE AGUACHICA

CONTRATISTA:
AIBM INGENIERIA LTDA

OBJETO:
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA GLORIETA Y AVENIDA VICTOR ROQUEME QUIÑONEZ EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA

CALLE 5 CON CARRERA 40

NOVIEMBRE DE 2025

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA GLORIETA Y AVENIDA VICTOR ROQUEME QUIÑONEZ EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA

VOLUMEN II. ESTUDIO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

DISEÑO:
ING. JOSE LUIS PÉREZ ARÉVALO
ESP. EN VÍAS TERRESTRES

Alcaldía de Aguachica

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 8
2 OBJETIVOS 9
2.1 Objetivo general 9
2.2 Objetivos específicos 9
3 ALCANCE 10
4 LOCALIZACIÓN 11
5 METODOLOGÍA 12
5.1 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA 12
5.2 MÉTODO AASHTO 15
5.3 MÉTODO RACIONAL PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE 15
6 MARCO TEORICO 17
6.1 Estudios geotécnicos 17
6.2 Caracterización geotécnica 17
6.2.1 Tamaño de las partículas del suelo 17
6.2.2 Clasificación del suelo 18
7 TRABAJO DE CAMPO 19
8 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS 21
8.1 Resultados de ensayos de laboratorio 21
8.2 Perfiles Estratigráficos 22
8.3 Categorías de sub-rasante 24
9 PAVIMENTOS 26
9.1 Clasificación de los pavimentos 26
9.1.1 Pavimento flexible 26
9.2 Funciones de las capas de un pavimento flexible 27
9.2.1 Sub-base granular 27
9.2.2 Base granular 28
9.2.3 Carpeta asfáltica 28
9.3 Factores a considerar en el diseño de pavimento 28
9.4 Ensayo California Bearing Ratio (CBR) 29
9.5 Módulo resiliente 29
9.5.1 Factores que afectan el módulo resiliente 30
9.6 Variables de tiempo 30
10 TRÁNSITO DE DISEÑO 32
10.1 Determinación del tránsito de diseño 33
11 CBR DE DISEÑO 34
11.1 Determinación de CBR de diseño 34
12 DISEÑO DE CAPAS GRANULARES 35
12.1 Características de la capa de rodadura 35
12.2 Cuadros de resumen 35
12.2.1 Resumen de estratigrafía unidad de diseño 1 35
12.3 Características de los materiales 35

12.3.1 Módulo de rigidez de la mezcla 35
12.3.2 Coeficiente estructural de la mezcla asfáltica 35
12.4 coeficiente de drenaje ***36***
12.5 Capas granulares ***38***
12.6 Pavimento A ***39***
12.6.1 Parámetros de diseño del pavimento 39
12.6.2 Capa de subrasante del pavimento 39
12.6.3 Numero estructural requerido 40
12.6.4 Dimensionamiento de la estructura propuesta para el pavimento 40
12.6.5 Numero estructural calculado 41
13 VALIDACIÓN POR EL MÉTODO RACIONAL 42
13.1 Pavimento A ***42***
13.1.1 Módulos de la estructura de Pavimento 42
13.1.2 Modelación de la estructura de pavimento 43
13.1.3 Parámetros admisibles del pavimento 43
13.1.4 Parámetros obtenidos del pavimento 44
14 FUENTE DE MATERIALES 46
15 AMENAZA SISMICA 47
16 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 49
17 LIMITACIONES 54

TABLAS

Tabla 1. Caracterización Geotécnica 13
Tabla 2. Límites de tamaño de suelos separados 18
Tabla 3. Georreferenciación del tramo Glorieta y Avenida Victor Roqueme Quiñonez 19
Tabla 4. Georreferenciación de Apiques 20
Tabla 5. Normatividad vigente ensayos de suelos 21
Tabla 6. Resumen de Apiques realizados 21
Tabla 7. Perfiles estratigráficos apique 1 22
Tabla 8. Perfil estratigráfico apique 2 22
Tabla 9. Perfil estratigráfico apique 3 23
Tabla 10. Perfil estratigráfico Apique 4 23
Tabla 11. Módulos resilientes de la subrasante 24
Tabla 12. Clasificación y usos del suelo de acuerdo a los valores CBR 29
Tabla 13. Periodo de análisis de diseño 31
Tabla 14. Conteos vehiculares con expansión de datos a 24 horas 32
Tabla 15. NEE tramo Intersección a nivel tipo Glorieta Calle 5 con Carrera 40 32
Tabla 16. Niveles de tránsito de diseño para percentil 33
Tabla 17. CBR de diseño (Método Gráfico) 34
Tabla 18. Resumen de apiques Intersección tipo Glorieta – Avenida Victor Roqueme Quiñonez Unidad de diseño 1 35
Tabla 19. Correlaciones para determinar los coeficientes estructurales Método AASHTO 36
Tabla 20. clasificación climática de thornthwite 36
Tabla 21. Coeficiente de drenaje de las capas granulares no tratadas m 37
Tabla 22. Estructura propuesta 40
Tabla 23. Número Estructural Calculado 41
Tabla 24. Modelación de la estructura de pavimento 43
Tabla 25. Parámetros Admisibles ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 26. Valores de Aa, Av, Ae y Ad y definición de la zona de amenaza sísmica El Carmen 48

IMÁGINES

Imagen 1. Localización General del Proyecto 11
Imagen 2. Exploraciones Geotécnicas (Apiques) 12
Imagen 3. ubicación del tramo - trabajo de campo 19
Imagen 4. estructura típica de un pavimento flexible 27
Imagen 5. Carta para estimar el coeficiente estructural de la capa asfáltica 35
Imagen 6. clasificación climática de Colombia por humedad con base en el índice de thornthwite 37
Imagen 7. Carta para estimar el coeficiente estructural de la capa de subbase granular 38
Imagen 8. Carta para estimar el coeficiente estructural de la capa de base granular 39
Imagen 9. Número Estructural Requerido 40
Imagen 10. Parámetros admisible 44
Imagen 11. Parámetros Obtenidos 45
Imagen 12. Parámetros Obtenidos 45
Imagen 13. Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av 47

ESTADO DE REVISIÓN

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN MODIFICACIÓN	FOLIOS
1	3/11/2025	Documento Inicial	55

ESTADO DE APROBACIÓN

Título Documento		-GENERAL / INFORME DE DISEÑO GEOMÉTRICO-	
APROBACIÓN	Responsables por elaboración ALCALDÍA MUNICIPAL DE AGUACHICA	ESPECIALISTA	Jose Luis Pérez Arévalo
		MP	54202216077 NTS
		FIRMA	
		FECHA	Noviembre 2025
		DIRECTOR DE OBRA	
		MP	
		FIRMA	
		FECHA	
	Responsable por revisión y aprobación INTERVENTORÍA	ESPECIALISTA	
		MP	
		FIRMA	
		FECHA	
		DIRECTOR DE INTERVENTORÍA	
		MP	
		FIRMA	
		FECHA	

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la solicitud presentada por la **ALCALDÍA MUNICIPAL DE AGUACHICA**, se realizó el estudio y diseño de la estructura de pavimento para el proyecto denominado "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA GLORIETA Y AVENIDA VICTOR ROQUEME QUIÑONEZ EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA", las vías se encuentran en buen estado; sin embargo, se ve la necesidad de realizar la alternativa tipo Glorieta que conecte con el predio adyacente del municipio con el fin de conectar con la troncal (variante principal), ya que es una zona con alto crecimiento comercial, de tal forma que permita la transitabilidad por el sector de manera cómoda y segura con el fin de evitar accidentes.

Con el presente proyecto se busca mejorar las condiciones de vida de los habitantes del municipio y la movilidad del sector.

El proyecto pretende dinamizar procesos de desarrollo económico y social, lograr la integración territorial, facilitar la comercialización y ampliar el mercado regional.

Para la construcción de la glorieta se requiere de una compleja estrategia de mejoramiento que obedece principalmente a las necesidades de la comunidad y a las necesidades estructurales de la vía, la cual necesita ser construida para un periodo de diseño de 10 años, teniendo en cuenta las condiciones geotécnicas del terreno y el estudio de tránsito empleado.

Dentro de los grandes retos de la ingeniería actual crece la necesidad de la búsqueda de soluciones alternas que sean de alta calidad técnica, económicamente viables y ambientalmente sostenibles.

Los pavimentos flexibles se caracterizan por ser sistemas multicapa, los cuales están diseñados para absorber y disipar los esfuerzos generados por el tráfico. Por lo general estas estructuras poseen capas de mejor calidad cerca de la superficie donde las tensiones son mayores. Tradicionalmente un pavimento flexible trabaja distribuyendo la carga aplicada hasta que llegue a un nivel aceptable para la subrasante.

Los pavimentos flexibles están conformados por una capa bituminosa apoyada sobre una capa de base que puede ser piedra partida, grava bien gradada o material estabilizado (con cementos, cal o asfalto) y una de sub-base con material de menor calidad.

El objetivo de este estudio es poder diseñar una estructura económica capaz de absorber eficientemente los esfuerzos y deformaciones generadas por el tránsito durante el periodo de diseño. Según la extensión del tramo y sus características geotécnicas y de tránsito, se obtuvo una (1) unidad de diseño, así como también un número de ejes equivalente (N) respectivamente.

El pavimento se diseñará por el método AASHTO y se validará por el método racional.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Con base en la información obtenida para los estudios y en los trabajos complementarios realizados dentro de la exploración geotécnica se identificará, analizará y evaluará mediante guías, ensayos y metodologías, los requerimientos necesarios para determinar el diseño tanto para la estructura de pavimento de la Glorieta en Calle 5 con Carrera 40 como para la Avenida Victor Roqueme Quiñonez que conectará con la variante; perteneciente al municipio de Aguachica departamento del Cesar.

2.2 Objetivos específicos

Caracterizar mediante técnicas de exploración y muestreo de los materiales que conforman la sub-rasante en toda la longitud del proyecto, con ensayos de laboratorio se revisará las propiedades físicas y mecánicas más importantes con el módulo dinámico y así con base a los resultados sectorizar el tramo siguiendo el método AASHTO.

- Determinar y caracterizar mediante ensayos de laboratorio las propiedades físicas y mecánicas más importantes de los suelos representativos de la Subrasante y homogenizar mediante los resultados de CBR, sectores para el diseño de la estructura del pavimento.

- Determinar las condiciones geotécnicas del terreno por medio de ensayos y análisis del suelo.

- Por medio de apiques caracterizar la subrasante y las capas del terreno.

- Evaluar el tránsito, volumen y las cargas a las que el pavimento será sometido durante el periodo de diseño.

- Determinar los espesores de las capas del pavimento, por medio del método de la AASHTO.

- Definir los espesores y materiales más apropiados que pueden ser colocados de acuerdo a las condiciones del proyecto y que constituirán la estructura de pavimento.

3 ALCANCE

El proyecto comprende el diseño de la estructura de pavimento flexible por el método AASHTO de la Glorieta y Avenida Victor Roqueme Quiñonez del municipio de Aguachica en el departamento del Cesar. Los lineamientos que se consideran para el diseño corresponden a los consignados en los manuales de diseño de pavimentos del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), para la realización de los estudios de suelos, tránsito y la caracterización de la subrasante, la estructura de pavimento a diseñar, comprende una (1) unidad de diseño en función de las condiciones geotécnicas del terreno.

4 LOCALIZACIÓN

El Sector en estudio se encuentra ubicada en Calle 5 con Carrera 40 del Municipio de Aguachica, está ubicado en la zona nororiente del casco urbano, en dicho sector se construirá una intersección a nivel tipo Glorieta con sus respectivos accesos de entrada y salida, de la cual se desprenden diferentes vías que intercomunicara la Calle 5 con Carrera 40 con la nueva vía Avenida Victor Roqueme Quiñonez que conecta a la troncal (variante). Su acceso se hace a través de barrios tradicionales del municipio, para su comunicación con el sector céntrico de la ciudad. Aguachica es un municipio del departamento de Cesar, Colombia, ubicado entre el valle interandino del Magdalena Medio y la Serranía de los Motilones. Es el segundo municipio más poblado del departamento e importante centro ganadero y comercial del suroriente del Caribe colombiano. En cuanto a infraestructura de transporte, su posición geográficamente estratégica, conecta al Caribe colombiano con los Santanderes por medio de la Ruta del Sol, de igual forma es punto clave de comunicación de la región del Catatumbo por la Ruta Nacional 70. Contando además con transporte aéreo por el Aeropuerto Hacaritama, sistema férreo y en forma paralela con la vía fluvial del río Magdalena a través del puerto de Gamarra.

Imagen 1. Localización General del Proyecto



Fuente: Wikipedia

5 METODOLOGÍA

Para el diseño de la estructura de pavimento, se realiza una (1) unidad de diseño que corresponde a una (1) estructura, este proceso se realiza para que aquellos lugares que poseen características similares posean una estructura de pavimento semejante, a continuación, se presentan algunas de las variables analizadas.

5.1 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

Se realizaron cuatro (4) apiques distribuidos a lo largo del tramo, en cada uno de ellos se recuperan muestras alteradas e inalteradas de los estratos que componen la estructura de la vía en la actualidad, espesores de las capas y de los materiales de subrasante.

Imagen 2. Exploraciones Geotécnicas (Apiques)



Fuente: Estudio Geotécnico

Estos apiques tienen por objeto identificar la estructura existente, espesores de las capas y/o estratos, la calidad de sus materiales.

A continuación, se muestra la metodología para el muestreo y exploración geotécnica en general para obtener buenos resultados de laboratorio.

Tabla 1. Caracterización Geotécnica

Estudios Geotécnicos	
Tipo de exploración	Manual
Localización	Tabla x. coordenadas y ubicación en plano (Anexo Plano)
Profundidad	1:50 m, por debajo del nivel de rasante existente o natural
Las investigaciones de campo	Incluyen la planeación, localización, ejecución de perforaciones y/o apiques y toma de muestras para ensayos.
Muestreo	Sistemático. Se deben utilizar los procedimientos normalizados para la identificación y clasificación de las muestras previamente a su envío al laboratorio.
Separación entre perforaciones y apiques	Patrón de espaciamiento normalizado de 171 m.
Objetivos del muestreo	* Determinación de los espesores de los diversos estratos. * Obtención del material para los ensayos requeridos de laboratorio. * Ejecución de ensayos In situ.
Número y tamaño de muestras INV E-101	Número de muestras: 3 por cada estrato encontrado. Tamaño de las muestras alteradas: * Clasificación visual: 50 a 500 g * Análisis granulométrico y constantes de suelo fino: 500 g a 2,5 kg * Ensayos de compactación y granulometría de suelos gruesos: 20 a 40 kg * Ensayos para determinar las propiedades de los agregados: 50 a 200 kg
Transporte de muestras	El transporte de muestras del campo al laboratorio se debe realizar de acuerdo a las normas INV E-103 e INV E-113
Objetivo de ensayos de laboratorio	* Determinar la clasificación de suelos * Realizar ensayos de resistencia (C.B.R.)
Realizar el programa de ensayos de laboratorio	Con el fin de que el número y tamaño de las muestras tomadas sean representativas de los suelos existentes a lo largo del corredor en estudio
Ensayos de laboratorio mínimos requeridos	* Ensayos de humedad natural. (Norma E-122) * Limites líquidos. (Norma E-125) * Limite plástico e Índice de plasticidad de los suelos (Norma E-126) * Limites de contracción (Norma E-127).

	* Granulometrías con lavado sobre tamiz No. 200 (Norma E-123) * Expansión libre. (Norma E-120) * C.B.R. (Norma E-148) * Ensayo normal de compactación ((Norma E-141) * Módulo resiliente (Norma E-156)
Identificación y clasificación de suelo	* Clasificación de suelos de acuerdo a la norma INV E-180 * Sistema unificado de clasificación de suelos para propósitos de ingeniería (norma INV E-181) * Clasificación de la fracción fina de un suelo a partir de su valor de azul de metileno (norma INV E-182)
Resultado de los ensayos de laboratorio	* Caracterización de la subrasante. * Caracterización de materiales granulares nuevos. * Materiales de rodadura. * Materiales propuestos para estabilizaciones. * Diseño de mezclas. * Formulas de trabajo.
Perfiles estratigráficos	* Profundidades y abscisas. * Elaborar un perfil detallado de los suelos de subrasante a lo largo del proyecto; con una descripción clara de los suelos encontrados, mencionando temas como sobre tamaños, materia orgánica, color, resistencia In situ, entre otros. Se debe mencionar la presencia o no del nivel freático. * Definir unidades homogéneas de diseño. * Se debe generar una tabla resumen de ensayos y clasificación de suelos que permita condensar la caracterización geotécnica obtenida. * Debe haber un registro fotográfico por perforación en el cual se pueda observar fecha, muestras, localización, numero de apique o perforación. Se debe incluir una localización de la exploración geotécnica georreferenciada con coordenadas.
Ensayos In situ	* SPT (norma INV E-111) * PDC (norma INV E-172)

Fuente: Soluciones Geociviles S.A.S

5.2 MÉTODO AASHTO

El método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles, se basa primordialmente en identificar un "número estructural (SN)" para el pavimento, que pueda soportar el nivel de carga solicitado.

Para determinar el número estructural, el método se apoya en una ecuación que relaciona los coeficientes, con sus respectivos números estructurales, los cuales se calculan con ayuda de un software, (AASHTO 93) el cual requiere unos datos de entrada como son el número de ejes equivalentes, el rango de serviciabilidad.

La confiabilidad y el módulo Resiliente de la capa a analizar; esta ecuación se relaciona a continuación:

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

Dónde:

ai: Coeficiente estructural de la capa i
Di: Espesor en pulgadas de la capa i
mi: Coeficiente de drenaje de la capa i

5.3 MÉTODO RACIONAL PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

El método racional consiste en asumir unos espesores para cada una de las capas de la estructura del pavimento. A partir del módulo resiliente y los espesores asumidos, se caracterizan dichas capas.

El método racional, al igual que el método de la AASHTO, se apoyan en modelos computacionales, para determinar las deformaciones de la estructura del pavimento ante las cargas de diseño. Para el método racional se usará el método de la SHELL, mediante el software 3GDISPAV y se compararán los resultados obtenidos, con las leyes de fatiga.

El módulo resiliente se obtiene mediante la siguiente relación:

CAPAS GRANULARES

SUBBASE GRANULAR

$$E_{sbg} = E_{sbr}[5.35 * \log(h_{sbg}) + 0.62 * \log(E_{sbr}) - 1.56 * \log(E_{sbr}) * \log(h_{sbg}) - 1.13]$$

H_{sbg}= altura sub-base granular = cm
E_{sbr} = módulo subrasante = kg/cm2
E_{sbg} = Kg / cm2

BASE GRANULAR

$$E_{bg} = E_{sbg}[8.05 * \log(h_{bg}) + 0.84 * \log(E_{sbg}) - 2.10 * \log(E_{sbg}) * \log(h_{bg}) - 2.21]$$

H_{bg}= altura base granular = cm
E_{sbg} = módulo sub-base granular = kg/cm2
E_{bg}= Kg / cm2

6 MARCO TEORICO

6.1 Estudios geotécnicos

Al evaluar un pavimento existente, la exploración del suelo y los ensayos de laboratorio realizados a los distintos materiales utilizados en las capas del pavimento juegan un papel muy importante, debido a que éstos proporcionan información de gran valor a la hora de tomar decisiones con respecto al estado en que se encuentran los materiales de la estructura de pavimento.

Para la obtención de la información geotécnica básica de las propiedades del suelo, deben efectuarse ensayos de campo y laboratorio que determinen su distribución y propiedades físicas. Una investigación de suelos debe comprender:

- Determinación del perfil del suelo: La cual consiste en ejecutar apiques en el terreno, con el objeto de determinar la cantidad y extensión de los diferentes tipos del suelo, la forma como estos están dispuestos en capas y la determinación de aguas freáticas. *Lógicamente, la ubicación, profundidad y número de perforaciones deben ser tales* que permitan determinar toda variación importante de la calidad de los suelos.

- Toma de muestras de las diferentes capas de suelo: En cada apique deberá tomarse muestras representativas de las diferentes capas encontradas. Las muestras pueden ser de dos tipos: Alteradas e inalteradas.

En vías se recomienda hacer sondeos con espaciamientos entre 250 y 600 m, teniendo en cuenta las semejanzas del material a partir de uno de los cortes presentes, en este corredor se realizan cada 140 m en promedio según lo contratado.

En general, las muestras obtenidas sirven para determinar las propiedades y clasificación del material extraído valiéndose de los siguientes ensayos:

- Humedad natural.
- *Granulometría.*
- Límites de consistencia.

6.2 Caracterización geotécnica

6.2.1 Tamaño de las partículas del suelo

Los tamaños de las partículas que conforman un suelo, varían en un amplio rango. Los suelos, en general, son llamados grava, arena, limo o arcillas, dependiendo del tamaño predominante de las partículas. La tabla 2 muestra los límites de tamaño de suelo separado desarrollados por el Instituto tecnológico de Massachusetts y la Asociación de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO).

Tabla 2. Límites de tamaño de suelos separados

Nombre de la organización	Tamaño del grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0,06	0,06 a 0,002	<0,002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	>2	2 a 0,05	0,05 a 0,002	<0,002
Asociación Americana de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76,2 a 2	2 a 0,075	0,075 a 0,002	<0,002
Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S Army Corps of Engineers; U.S Bureau of Reclamation; American Society for Testing and Materials)	76,2 a 4,75	4,75 a 0,075	Finos (limos y arcillas) <0,075	

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

6.2.2 *Clasificación del suelo*

Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada. Actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos. Estos son el sistema de clasificación AASHTO y el sistema unificado de clasificación de suelos. Los ingenieros geotécnicos usualmente prefieren el sistema unificado.

Los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM, y GP-GC. Similarmente, los símbolos de grupos para suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML y Pt.

7 TRABAJO DE CAMPO

- **Ubicación:**

Los trabajos de campo se realizaron en Calle 5 con Carrera 40 donde se construirá la intersección a nivel tipo Glorieta y Avenida Victor Roqueme Quiñonez. A continuación, se muestra imagen.

Imagen 3. ubicación del tramo - trabajo de campo



Fuente: Soluciones Geociviles S.A.S

- **Georreferencia:**

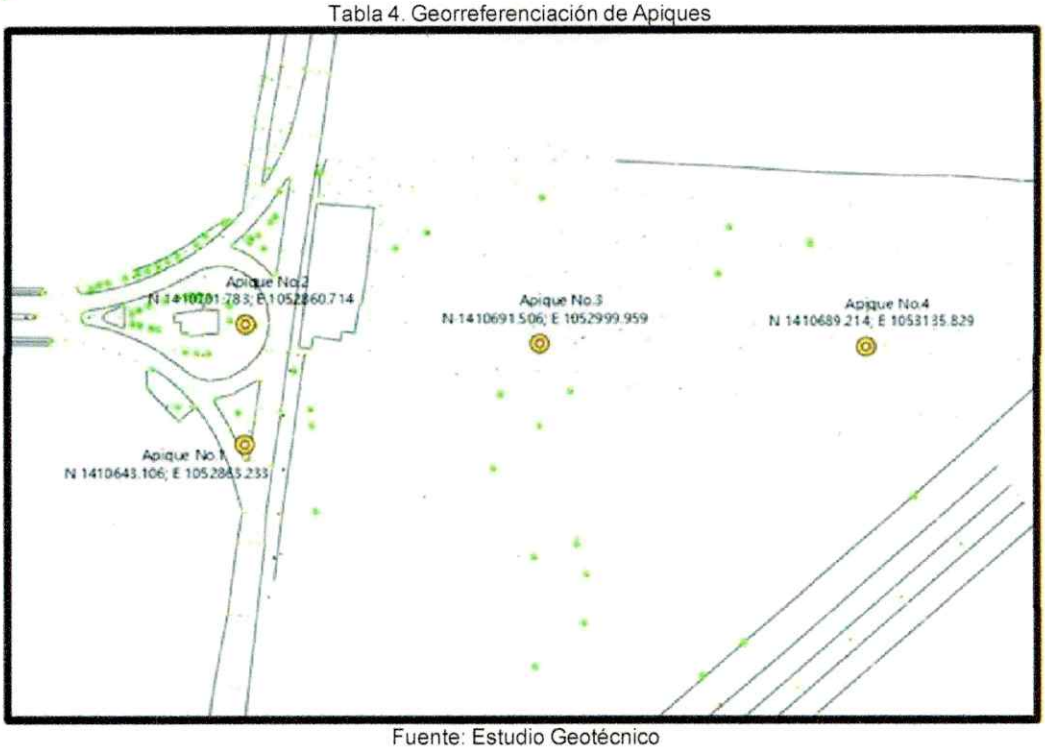
Tabla 3. Georreferenciación del tramo Glorieta y Avenida Victor Roqueme Quiñonez

GEORREFERENCIACIÓN		
APIQUE	**NORTE**	**ESTE**
1	1410643.106	1052863.233
2	1410201.783	1052860.714
3	1410691.506	1052999.959
4	1410689.214	1053135.829

Fuente: Estudio Geotécnico

A lo largo de todo el tramo, se distribuyeron de la manera más adecuada los apiques realizados como se muestra a continuación:

Tabla 4. Georreferenciación de Apiques



Fuente: Estudio Geotécnico

- **Apiques:**

Exploración realizada en el suelo mediante apiques, con su respectiva descripción y localización correspondiente; realizados en Calle 5 con Carrera 40 intersección a nivel tipo Glorieta y Avenida Victor Roqueme Quiñonez. Se realizaron 4 apiques, con dimensiones aproximadas de 0,60m x 0,50m con una profundidad mínima de 1,5m a partir de la cota rasante de la vía existente. Una vez realizada la excavación y recuperadas las muestras de cada estrato, se realiza el relleno y compactación con el fin de dejar el terreno en las condiciones iniciales.

8 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

8.1 Resultados de ensayos de laboratorio

Los resultados de todos los ensayos y clasificación para identificar las condiciones del suelo a lo largo del corredor del proyecto fueron realizados de acuerdo con las normas vigentes de ensayo de materiales del instituto nacional de vías INVIAS.

Normatividad:

Tabla 5. Normatividad vigente ensayos de suelos

ENSAYO	NORMA No
Análisis Granulométrico	ASTM D 422-63 – AASHTO T 88 INV E 106-13; INV E 123-13
Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) en suelo, roca y Mezcla de suelo agregado	ASTM 2216 y/o I.N.V.E 122-13
Relaciones de peso unitario – Humedad en los suelos	I.N.V E – 141 y/o ASTM D 698
Determinación de límites Atterberg	ASTM D 4318 – AASHTO T 89-90 INV E 125-13; INV E 126-13; INV E 127-13
Determinación del CBR	ASTM 4429 y/o I.N.V.E 169
Clasificación de suelos (SUCS)	ASTM D 2487 y/o I.N.V.E 181
Clasificación de suelos (AASHTO)	AASHTO M145-91 y/o I.N.V.E 180
Penetración Estándar (SPT)	ASTM D 1586 y/o I.N.V.E 111-13
Penetración Dinámica (DCP)	ASTM D-6951 y/o INV E–172–07
Densidad	ASTM D 698 y/o I.N.V.E 141-13.

Fuente: Estudio Geotécnico

Resumen de Apiques:

Tabla 6. Resumen de Apiques realizados

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

APIQUE No.	PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	%LL	%LP	%IP	%W	%PT4	% PT200	SUCS	ASSTHO	CLASIFICACIÓN DEL HINCHAMIENTO POTENCIAL %LL	CLASIFICACIÓN DEL HINCHAMIENTO POTENCIAL %IP	CBR (%) 7DC INVE-172-13	% PROMEDIO CBR PDC INVE-172-13	TIPO SR SEGUN %CBR PDC INVE-172-13	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE - INVE 148-13	DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	%W OPTIMA	%CBR SUMERGIDO INVE-148-13	% PROMEDIO CBR SUMERGIDO INVE-148-14	TIPO SR SEGUN %CBR SUMERGIDO INVE-148-13	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE INVE-148-13
1	0.00 - 1.50	1.50	NL	NP	NP	4.88	66.90	26.96	SM	A-2-4	Bajo	Bajo	64.0	52.75	S4	Muy bueno	1.932	10.20	26.5	23.63	S4	Muy bueno
2	0.00 - 1.50	1.50	NL	NP	NP	4.83	74.87	24.33	SM	A-1b	Bajo	Bajo	30.8		S4	Muy bueno	1.810	12,00	23.3		S4	Muy bueno
3	0.00 - 1.50	1.50	NL	NP	NP	4.53	69.64	34.68	SM	A-2-4	Bajo	Bajo	76.9		S4	Muy bueno	1.933	10.70	18.1		S4	Muy bueno
4	0.00 - 1.50	1.50	NL	NP	NP	10.15	68.30	15.62	SM	A-1b	Bajo	Bajo	39.3		S4	Muy bueno	1.848	12.90	26.6		S4	Muy bueno

Fuente: Volumen I. Estudio de suelos

Todo el procedimiento y resultados obtenidos de las muestras están como anexo al documento.

8.2 Perfiles Estratigráficos

Tabla 7. Perfiles estratigráficos apique 1

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA GLORIETA Y AVENIDA VICTOR ROQUEME QUIÑONEZ EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA		
APIQUE No.	1	**NIVEL FREATICO**	No se encontró
CLIENTE	Municipio de Aguachica	**PROF. TOTAL APIQUE**	1.5 m
EQUIPO	Herramienta menor	**FECHA**	4/09/2024
LOCALIZACIÓN	Aguachica, Cesar		

PERFIL LITOLOGICO DEL APIQUE

PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGIA	CLASIFICACIÓN SUSC	CLASIFICACIÓN ASSTHO	LL (%)	IP (%)	W (%)	CBR (%) INVE-172-13	CBR (%) INVE-148-13	NIVEL FREATICO	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES	Muestra
0.10 m		SM	A-2-4	NL	NP	4.88	64.00	26.50	N.E	Arena limosa con grava de plasticidad nula, color marrón amarillento claro (10YR-6/4), en estado húmedo	
0.20 m											
0.30 m											
0.40 m											
0.50 m											
0.60 m											
0.70 m											
0.80 m											
0.90 m											
1.00 m											
1.10 m											
1.20 m											
1.30 m											
1.40 m											
1.50 m											
FIN DEL APIQUE 1.5 m											

Fuente: Estudio Geotécnico

Tabla 8. Perfil estratigráfico apique 2

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA GLORIETA Y AVENIDA VICTOR ROQUEME QUIÑONEZ EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA		
APIQUE No.	2	**NIVEL FREÁTICO**	No se encontró
CLIENTE	Municipio de Aguachica	**PROF. TOTAL APIQUE**	1.5 m
EQUIPO	Herramienta menor	**FECHA**	4/09/2024
LOCALIZACIÓN	Aguachica, Cesar		

PERFIL LITOLOGICO DEL APIQUE

PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGIA	CLASIFICACIÓN SUSC	CLASIFICACIÓN ASSTHO	LL (%)	IP (%)	W (%)	CBR (%) INVE-172-13	CBR (%) INVE-148-13	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES	Muestra
0.10 m		SM	A-1b	NL	NP	4.83	30.80	23.10	N.E	Arena limosa de plasticidad nula, color marrón amarillento (10YR-5/4), en estado humedo.	
0.20 m											
0.30 m											
0.40 m											
0.50 m											
0.60 m											
0.70 m											
0.80 m											
0.90 m											
1.00 m											
1.10 m											
1.20 m											
1.30 m											
1.40 m											
1.50 m											
FIN DEL APIQUE 1.5 m											

Fuente: Estudio Geotécnico

Tabla 9. Perfil estratigráfico apique 3

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA GLORIETA Y AVENIDA VICTOR ROQUEME QUIÑONEZ EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA		
APIQUE No.	3	**NIVEL FREÁTICO**	No se encontró
CLIENTE	Municipio de Aguachica	**PROF. TOTAL APIQUE**	1.5 m
EQUIPO	Herramienta menor	**FECHA**	4/09/2024
LOCALIZACIÓN	Aguachica, Cesar		

PERFIL LITOLOGICO DEL APIQUE

PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGIA	CLASIFICACIÓN SUSC	CLASIFICACIÓN ASSTHO	LL (%)	IP (%)	W (%)	CBR (%) INVE-172-13	CBR (%) INVE-148-13	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES	Muestra
0.10 m		SM	A-2-4	NL	NP	4.53	76.90	18.10	N.E	Arena limosa de plasticidad nula, color marrón amarillento claro (10YR-6/4), en estado húmedo.	
0.20 m											
0.30 m											
0.40 m											
0.50 m											
0.60 m											
0.70 m											
0.80 m											
0.90 m											
1.00 m											
1.10 m											
1.20 m											
1.30 m											
1.40 m											
1.50 m											
FIN DEL APIQUE 1.5 m											

Fuente: Estudio Geotécnico

Tabla 10. Perfil estratigráfico Apique 4

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA GLORIETA Y AVENIDA VICTOR ROQUEME QUIÑONEZ EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA		
APIQUE No.	4	**NIVEL FREÁTICO**	No se encontró
CLIENTE	Municipio de Aguachica	**PROF. TOTAL APIQUE**	1.5 m
EQUIPO	Herramienta menor	**FECHA**	4/09/2024
LOCALIZACIÓN	Aguachica, Cesar		

PERFIL LITOLOGICO DEL APIQUE

PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGIA	CLASIFICACIÓN SUSC	CLASIFICACIÓN ASSTHO	LL (%)	IP (%)	W (%)	CBR (%) INVE-172-13	CBR (%) INVE-148-13	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES	Muestra
0.10 m		SM	A-1b	NL	NP	10,15	39.30	26.60	N.E	Arena limosa con grava de plasticidad nula, color marrón amarillento (10YR-5/8), en estado humedo.	
0.20 m											
0.30 m											
0.40 m											
0.50 m											
0.60 m											
0.70 m											
0.80 m											
0.90 m											
1.00 m											
1.10 m											
1.20 m											
1.30 m											
1.40 m											
1.50 m											
FIN DEL APIQUE 1.5 m											

Fuente: Estudio Geotécnico

Se puede concluir gracias a los resultados de clasificación de las muestras tomadas en el corredor vial

Apique 1: se encontró un perfil litológico, definido de la siguiente manera: de 0.00 a 1.50 m, arena limosa con grava de plasticidad nula, color marrón amarillento claro(10YR-6/4), en estado húmedo (SM). Estrato con resistencia al %CBR PDC INVE-172-13 de 64.00% y %CBR de laboratorio INV E-148-134 de 26.50%.

Apique 2: se encontró un perfil litológico, definido de la siguiente manera: de 0.00 a 1.50 m, arena limosa de plasticidad nula, color marrón amarillento (10YR-5/4), en estado húmedo (SM). Estrato con resistencia al %CBR PDC INVE-172-13 de 30.80% y %CBR de laboratorio INV E-148-134 de 23.30%.

Apique 3: se encontró un perfil litológico, definido de la siguiente manera: de 0.00 a 1.50 m, arena limosa de plasticidad nula, color marrón amarillento claro (10YR-6/4), en estado húmedo (SM). Estrato con resistencia al %CBR PDC INVE-172-13 de 76.90% y %CBR de laboratorio INV E-148-134 de 18.10%.

Apique 4: se encontró un perfil litológico, definido de la siguiente manera: de 0.00 a 1.50 m, arena limosa con grava de plasticidad nula, color marrón amarillento (10YR-5/8), en estado húmedo (SM). Estrato con resistencia al %CBR PDC INVE-172-13 de 39.30% y %CBR de laboratorio INV E-148-134 de 26.60%.

No hay presencia de nivel freático.

8.3 Categorías de sub-rasante

Basado en los resultados y mediante el módulo resiliente de diseño, se categoriza la sub-rasante. A continuación, la tabla de categorías.

Tabla 11. Módulos resilientes de la subrasante

Categoría de subrasante	Intervalo Módulo resiliente de diseño, M_{rD} (MPa)
S1	$35 \leq M_{rD} < 40$
S2	$40 \leq M_{rD} < 45$
S3	$45 \leq M_{rD} < 55$
S4	$55 \leq M_{rD} < 70$
S5	$70 \leq M_{rD} < 85$
S6	$85 \leq M_{rD} < 100$
S7	$100 \leq M_{rD} < 125$
S8	$M_{rD} \geq 125$

Fuente: manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volumen de tránsito.

Según la tabla la categoría de sub-rasante basados en los intervalos arrojados de módulo resiliente de diseño y resultados del estudio geotécnicose se obtuvo que:

Para pavimento A seria de categoría S4

9 PAVIMENTOS

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y constituyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. Un pavimento debe cumplir adecuadamente sus funciones y para ello deben reunir los siguientes parámetros:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las *llantas de los vehículos*.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable.
- Debe ser económico.
- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influyen en el entorno, deber ser adecuadamente moderado.
- Poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramiento y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

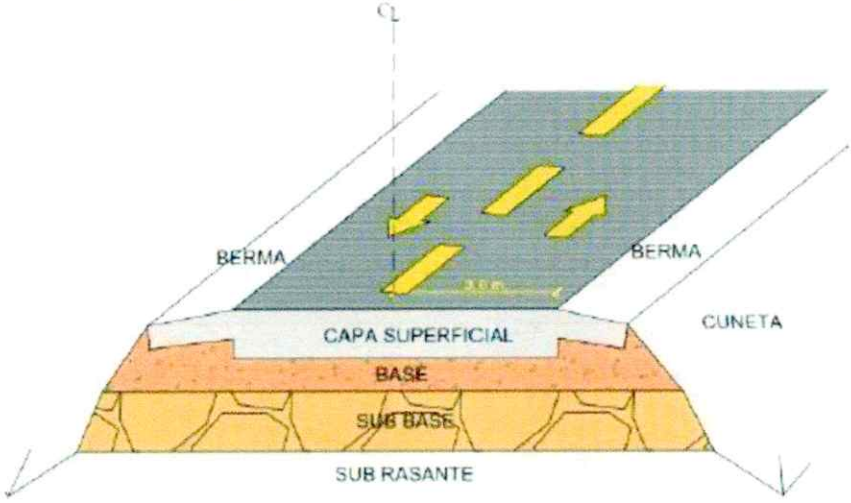
9.1 Clasificación de los pavimentos

En nuestros medios los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles, semirrígido, rígidos y articulados, los que aplican para el presente proyecto son los flexibles.

9.1.1 Pavimento flexible

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas dependencias de las necesidades particulares de cada obra.

Imagen 4. estructura típica de un pavimento flexible



Fuente: Ingesuelos de Colombia, 2019

9.2 Funciones de las capas de un pavimento flexible

En un pavimento existen esfuerzos a que están sometidos los materiales de las capas inferiores a las carpetas. Estos esfuerzos, ampliamente difundidos por los gruesos pavimentos modernos, son soportados y transmitidos al suelo, gracias, tanto al rozamiento entre los gramos como a la cohesión de origen químico o capilar y, a veces, a ambos factores.

Según la importancia y calidad de las capas superiores estos esfuerzos serán más o menos peligrosos. A este respecto, es indispensable separar netamente los caminos revestidos cuya capa de base está recubierta de un tratamiento superficial simplemente (Carreteras secundarias), y los que la capa de base se recubre de otras capas de espesor apreciable (Carreteras importantes, autopistas).

9.2.1 Sub-base granular

- Capa de transición: la sub-base bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante, por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.

- Disminución de la deformación: algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios externos de temperatura, pueden absorberse con la capa sub-base, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

- Resistencia: la sub-base debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado de

la subrasante.

9.2.2 Base granular

- Resistencia: la función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

9.2.3 Carpeta asfáltica

- Superficie de rodadura: La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.

- Resistencia: su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

- *Impermeabilidad: hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior* del pavimento.

9.3 Factores a considerar en el diseño de pavimento

- El transito: interesa para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por ejes esperados en el carril de diseño solicitado, que determinara la estructura del pavimento de la carretera durante el periodo de diseño adoptado. La repetición de las cargas del tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento son fundamentales para el cálculo. A demás, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto, las solicitaciones tangenciales en tramos especiales, las velocidades de operación de los vehículos y la canalización del tránsito etc.

- La subrasante: de la calidad de esta capa depende en gran parte el espesor que deber tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo ya que pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre este. Por esta razón, cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos, deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. Otra forma de enfrentar este tipo de suelo con algún aditivo, en nuestro medio los mejores resultados se han logrado mediante la estabilización de suelos con cal.

- El clima: los factores que en nuestro medio más afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura. Las lluvias por su acción directa en la elevación del

nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de los suelos de subrasante especialmente. Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción de capas granulares y asfálticas.

9.4 Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. El ensayo mide la Resistencia al cortante (punzonamiento) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un porcentaje de relación de soporte.

El ensayo más utilizado es el CBR, el cual representa la relación, en porcentaje, entre el esfuerzo requerido para penetrar un pistón a cierta profundidad dentro del suelo ensayado y el esfuerzo requerido para penetrar un pistón igual, a la misma profundidad, dentro de una muestra patrón de piedra triturada.

$$CBR = \frac{esfuerzo\ en\ el\ suelo\ ensayado\ (penetración\ X)}{esfuerzo\ en\ la\ muestra\ patrón\ (penetración\ X)} * 100$$

Los valores de índice de CBR oscilan entre 0 y 100.

Tabla 12. Clasificación y usos del suelo de acuerdo a los valores CBR

CBR	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2-5	Muy mala	Sub- rasante
5-8	Mala	Sub- rasante
8-20	Regular- buena	Sub- rasante
20-30	Excelente	Sub- rasante
30-60	Buena	Sub- base
60-80	Buena	Base
80-100	Excelente	Base

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2013)

9.5 Módulo resiliente

El módulo Resiliente se define, como aquel que relaciona las tensiones aplicadas y las deformaciones recuperables (AASHTO, 1993). Se introdujo el termino módulo Resiliente como la relación que existe entre la magnitud del esfuerzo desviador cíclico en comprensión triaxial y la deformación axial recuperable (Rondon & Reyes 2007).

Matemáticamente la ecuación del módulo Resiliente está dada por:

$$M_r = \frac{\sigma_d}{\varepsilon_r}$$

σ_d Esfuerzo desviador dinámico

ε_r Deformación unitaria recuperada

Donde:
Mr = Módulo resiliente

Sobre las capas del pavimento se producen deformaciones permanentes y recuperables o resilientes. Después de un cierto número de ciclos de carga, el material tiende a poseer casi en su totalidad deformaciones resilientes.

En la teoría elástica tradicional el módulo de elasticidad (E) y la relación de Poisson define las propiedades elásticas de un material. Para describir el comportamiento recuperable de un material sujeto a cargas cíclicas cargado en un aparato triaxial, se utiliza el módulo resiliente, el cual no es lineal y es dependiente del esfuerzo.

9.5.1 Factores que afectan el módulo resiliente

Como se ha observado en los estudios llevados a cabo sobre módulo resiliente, este parámetro no es una propiedad constante del pavimento, sino que depende de muchos factores.

Existen diversos factores que afectan al módulo resiliente del pavimento asfáltico, a continuación, se muestra un resumen de estos factores:

- ✓ Nivel de esfuerzo.
- ✓ Frecuencia de carga.
- ✓ Tipo de agregado.
- ✓ Contenido de vacíos.
- ✓ Tipo y contenido de modificaciones.
- ✓ Tipo de prueba.
- ✓ Temperatura

9.6 Variables de tiempo

Se consideran dos variables: Periodo de análisis y vida útil del pavimento. La vida útil se refiere al tiempo transcurrido entre la puesta en operación del camino y el momento en el que el pavimento requiera rehabilitarse, es decir, cuando este alcanza un grado de serviciabilidad mínimo.

El periodo de análisis se refiere al periodo del tiempo para el cual va ser conducido el análisis, es decir, el tiempo que puede ser cubierto por cualquier estrategia de diseño. Para el caso en el que no considere rehabilitaciones, el periodo de análisis es igual al periodo de vida útil; pero si considera una planificación por etapas, es decir, una estructura de pavimento seguida por una o más operaciones de rehabilitación, el periodo de análisis comprende varios periodos de vida útil, el de pavimento y el análisis de los distintos esfuerzos.

Para efectos de diseño se considera el periodo de vida útil, mientras que el periodo de análisis se utiliza para la comparación de alternativas de diseño, es decir para el análisis económico del proyecto, los periodos de análisis recomendados son mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 13. Periodo de análisis de diseño

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	PERÍODO DE ANÁLISIS (AÑOS)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 – 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 – 20

Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993".

Para este corredor vial se diseña una estructura de pavimento para un periodo de diseño de 10 años.

10 TRÁNSITO DE DISEÑO

Los aforos vehiculares se realizaron durante 10 horas en periodos de 60 minutos distinguiendo el sentido de circulación ("van" y "vienen") empezando el conteo desde las 8:00 AM a 06:00 PM durante toda la semana, teniendo en cuenta los días de mercado o los de más circulación de vehículos, como también los días típicos. El transito promedio diario se calculará en forma ponderada a los días normales y de mercado.

Aforos realizados:

Aforos realizados del tramo vial, tenemos un Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS) de:

- Según el aforo realizado en Calle 5 con Carrera 40 en el municipo de Aguachica es de 851 vehículos, compuesto por 29.16% de automóviles, 4.41% de buses y 66.44% camiones.

Tabla 14. Conteos vehiculares con expansión de datos a 24 horas

AFOROS	A	COLECTIVOS		Buses	CAMIONES						Mixtos
		CP	CG		C2 P	C2 G	C3	C4	C5	>C5	
TPDS (24 h)	284	0	0	43	158	137	70	70	79	133	974
COMPOSICIÓN	29.16%	0.00%	0.00%	4.41%	16.22%	14.07%	7.19%	7.19%	8.11%	13.66%	

Fuente: Estudio de tránsito

- La tasa de crecimiento anual establecida en los cálculos de factores, fueron del 6.09%.

Tabla 15. NEE tramo Intersección a nivel tipo Glorieta Calle 5 con Carrera 40

3G DIS PAV v1.5 - Reporte Numero de Ejes Equivalentes de 8.2 Toneladas

Exportar

#	AÑO	TPD	Autos	Buses	C2P	C2G	C3-C4	C3S2	C3S3	MOTO	M-CARRO	Ejes Equiv.	E.E. Corr.	T. Exist.	T. Atra.	T. Act.	CNT	T. Cons.	T. Gen.	E.E Diseño
1	2024	487	142	21	79	69	70	39	67	0	0	198.852	230.478	230.478	34.572	265.050	0	0	11.524	507.052
2	2025	1004	293	44	163	141	144	81	137	0	0	408.731	473.737	230.478	71.061	301.539	243.259	0	23.687	1.042.222
3	2026	1550	452	68	251	218	223	126	212	0	0	632.850	733.501	230.478	110.025	340.503	103.023	0	36.675	1.613.702
4	2027	2126	620	94	345	299	306	172	290	0	0	866.895	1.004.770	230.478	150.716	381.194	774.292	0	50.238	2.210.494
5	2028	2732	797	120	443	384	393	222	373	0	0	1.114.714	1.292.003	230.478	193.800	424.278	1.061.525	0	64.600	2.842.406
6	2029	3367	982	148	546	474	484	273	460	0	0	1.373.725	1.592.208	230.478	238.831	469.309	1.361.730	0	79.610	3.502.857
7	2030	4032	1176	178	654	567	579	327	551	0	0	1.644.717	1.906.300	230.478	285.945	516.423	1.675.622	0	95.315	4.193.860
8	2031	4726	1378	208	767	665	679	383	646	0	0	1.928.107	2.234.761	230.478	335.214	565.692	2.004.283	0	111.738	4.916.474
9	2032	5451	1590	240	884	767	783	442	745	0	0	2.223.790	2.577.471	230.478	386.621	617.099	2.346.993	0	128.874	5.670.437
10	2033	6205	1809	274	1006	873	892	503	848	0	0	2.531.739	2.934.397	230.478	440.160	670.638	2.703.919	0	146.720	6.455.674
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				

M-CARRO = Motocarro
Ejes Equiv. = Ejes Equivalentes de 8.2 Ton
E.E. Corr. = Ejes Equivalentes de 8.2 Ton Corregidos
T. Exist. = Tránsito Existente
T. Atra. = Tránsito Atraido
T. Act. = Tránsito Actual
CNT = Crecimiento Normal del Tránsito
T. Cons. = Tránsito de Construcción
T. Gen. = Tránsito Generado
E.E Diseño = Ejes Equevalentes de 8.2 Ton de diseño

Ejes Equivalentes de 8.2 Ton de Diseño = 6,455,674

SALIR

Fuente: Estudio de tránsito

10.1 Determinación del tránsito de diseño

Tabla 16. Niveles de tránsito de diseño para percentil

Clase de Tránsito	Nivel de Tránsito	Valor de diseño
Liviano	$< 10^4$	60%
Mediano	$10^4 - 10^6$	75%
Pesado	$> 10^6$	87.5%

Fuente: Criterios de determinación del "Percentil de diseño para el CBR"

El tránsito de diseño es de 6.455.674, por lo tanto, la clase de tránsito es pesado y el valor de diseño es de: 87.5 %

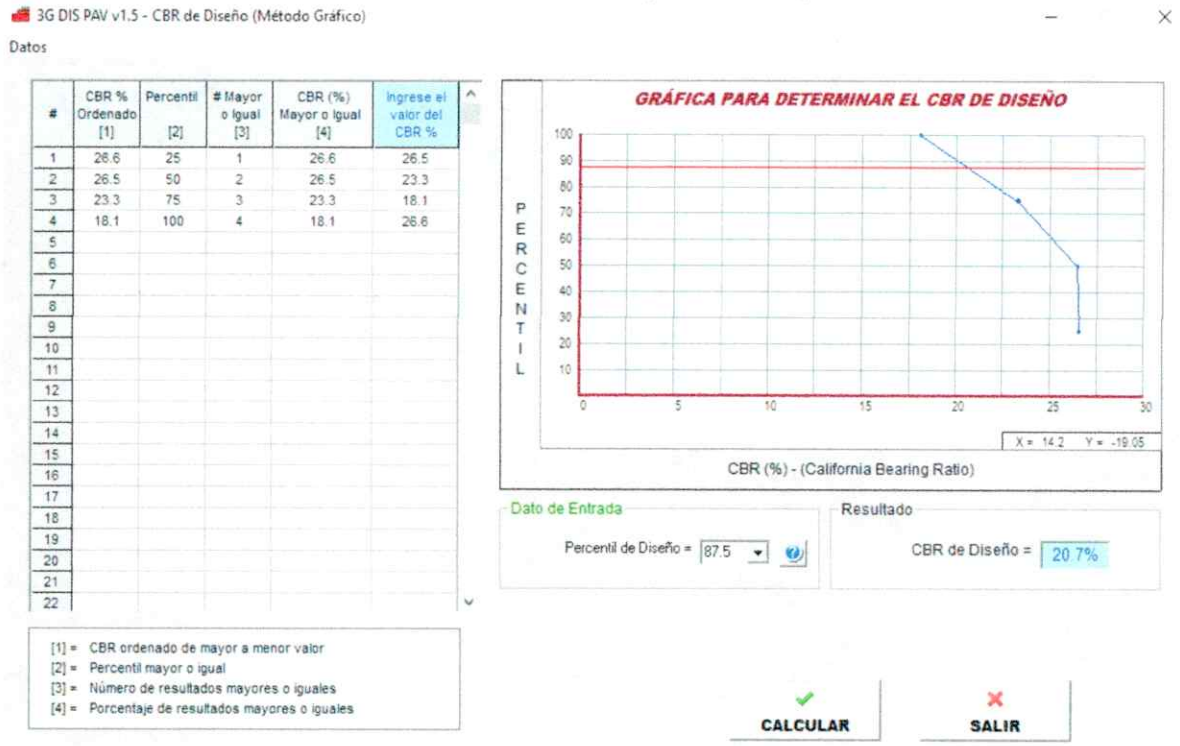
11 CBR DE DISEÑO

11.1 Determinación de CBR de diseño

Se ordenaron de menor a mayor los valores de CBR del tramo y para cada valor se determinó el número total mayores e iguales expresado en porcentaje, realizando la gráfica de CBR vs porcentaje de valores.

Por contar solo con 4 ensayos de CBR y con resultados muy homogéneos a lo largo del corredor, se escoge una (1) unidad de diseño para este corredor (intersección a nivel tipo Glorieta – Avenida Victor Roqueme Quiñonez), la unidad de diseño se construirá en la intersección a nivel tipo Glorieta y en la Avenida Victor Roqueme Quiñonez con un CBR de diseño de 31,4% y la segunda unidad de diseño inicia en el PK0+320 al PK0+620 con un CBR de diseño de 20.7%. como se observa a continuación:

Tabla 17. CBR de diseño (Método Gráfico)



#	CBR % Ordenado [1]	Percentil [2]	# Mayor o Igual [3]	CBR (%) Mayor o Igual [4]	Ingrese el valor del CBR %
1	26.6	25	1	26.6	26.5
2	26.5	50	2	26.5	23.3
3	23.3	75	3	23.3	18.1
4	18.1	100	4	18.1	26.6

Fuente: Software 3GDISPAV

12 DISEÑO DE CAPAS GRANULARES

12.1 Características de la capa de rodadura

Las características geotécnicas de la capa de rodadura del corredor intersección a nivel tipo Glorieta – Avenida Victor Roqueme Quiñonez estará en el anexo 1 de este volumen.

12.2 Cuadros de resumen

12.2.1 Resumen de estratigrafía unidad de diseño 1

Tabla 18. Resumen de apiques Intersección tipo Glorieta – Avenida Victor Roqueme Quiñonez Unidad de diseño 1

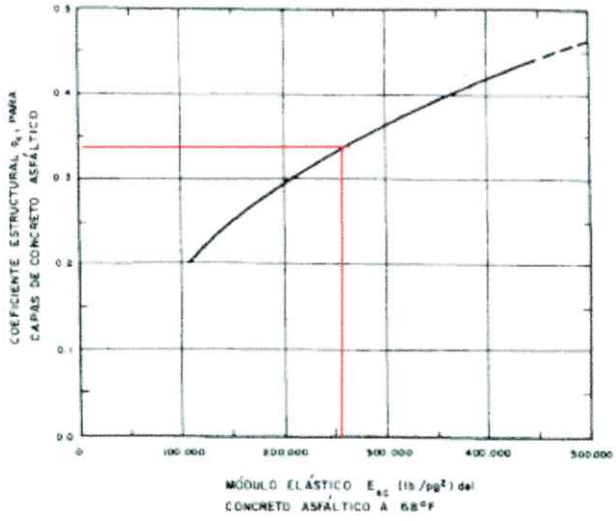
CARACTERIZACION GEOTÉCNICA																					
APIQUE No.	PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	%LL	%LP	%IP	%W	% PT4	% PT200	SUCS	AASTHO	CLASIFICACION DEL HINCHAMIENTO POTENCIAL %LL	CLASIFICACION DEL HINCHAMIENTO POTENCIAL %IP	CBR (%) PDC INVE-172-13	% PROMEDIO CBR PDC INVE-172-13	TIPO SR SEGUN %CBR PDC INVE-172-13	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE INVE-148-13	DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	%W OPTIMA	%CBR SUMERGIDO INVE-148-13	% PROMEDIO CBR SUMERGIDO INVE-148-14	TIPO SR SEGUN %CBR SUMERGIDO INVE-148-13	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE INVE-148-13
1	0.00 - 1.50	1.50	NL	NP	NP	4.68	66.90	20.90	SM	A-2-4	Bajo	Bajo	64.0	52.75	S4	Muy bueno	1.932	10.20	26.5	23.63	S4	Muy bueno
2	0.00 - 1.50	1.50	NL	NP	NP	4.83	74.87	24.33	SM	A-1b	Bajo	Bajo	30.8		S4	Muy bueno	1.810	12.00	23.3		S4	Muy bueno
3	0.00 - 1.50	1.50	NL	NP	NP	4.53	69.64	34.68	SM	A-2-4	Bajo	Bajo	76.9		S4	Muy bueno	1.933	10.70	18.1		S4	Muy bueno
4	0.00 - 1.50	1.50	NL	NP	NP	10.15	68.30	15.82	SM	A-1b	Bajo	Bajo	39.3		S4	Muy bueno	1.848	12.90	26.5		S4	Muy bueno

Fuente: Estudio Geotécnico

12.3 Características de los materiales

12.3.1 Módulo de rigidez de la mezcla

Imagen 5. Carta para estimar el coeficiente estructural de la capa asfáltica



Fuente: Guía AASHTO, 1993

12.3.2 Coeficiente estructural de la mezcla asfáltica

Teniendo en cuenta el módulo de la mezcla asfáltica en MPa, se tiene un coeficiente

estructural de acuerdo a la tabla N° 15.

Tabla 19. Correlaciones para determinar los coeficientes estructurales Método AASHTO

MATERIAL	ECUACION	DESCRIPCION
Mezcla asfáltica	$a_1 = 0.0052E^{0.555}$	E = Módulo dinámico de la mezcla asfáltica en MPa.
	$a_1 = 0.0078EM^{0.441}$	EM = Estabilidad Marshall en Newton – N.

Fuente: Guía AASHTO, 1993

Coeficiente estructural de la mezcla asfáltica:

- $a_1 = 0,33$

12.4 coeficiente de drenaje

Para tomar en cuenta el efecto del grado de saturación que podrían tener las capas granulares no tratadas por efecto de las condiciones climáticas, se han adoptado, en función de la categoría de clima por humedad, los coeficientes de drenaje mi.

El sistema de categorización del clima por humedad en el índice de Thornthwite se basa en los resultados del balance hídrico del suelo y utiliza la evapotranspiración potencial anual, la precipitación media anual, el exceso de agua anual y el déficit de agua anual.

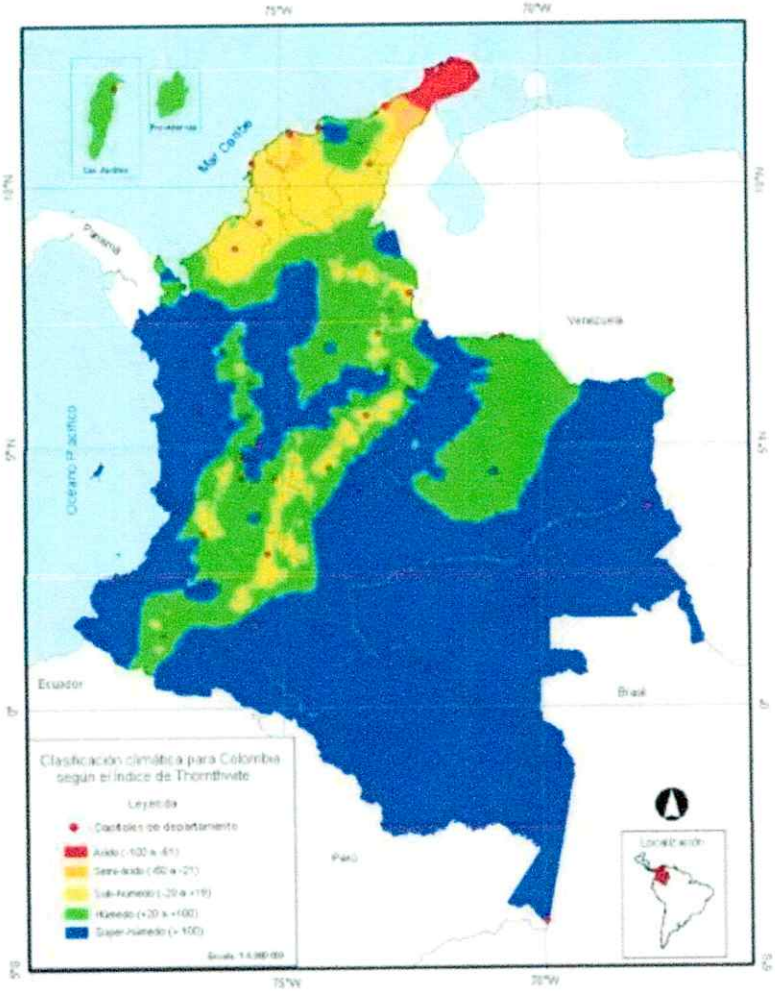
Según el *MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO*, presenta las categorías de clima por humedad con base en el Índice de Thornthwite, el mapa de climas de Colombia acorde con esta clasificación climática y los coeficientes de drenaje. A partir de ello, se determina la categoría de clima por humedad del corredor en intersección a nivel tipo Glorieta y Avenida Victor Roqueme Quiñonez y luego el coeficiente de drenaje mi correspondiente.

Tabla 20. clasificación climática de thornthwite

Categoria	Descripción	Indice de Thornthwite I_m
Árido	Muy pocas lluvias, alta evaporación	-100 a -61
Semi-árido	Pocas lluvias	-60 a -21
Sub-húmedo	Lluvia moderada ó lluvia fuertemente estacional	-20 a +19
Húmedo	Lluvia estacional calurosa moderada	+20 a +100
Superhúmedo	Lluvias con alta frecuencia o muchos días con superficie humeda	I_m > 100

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito, 2007

Imagen 6. clasificación climática de Colombia por humedad con base en el índice de thornthwite



Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito, 2007

La categoría de clima por humedad del corredor, se define como ***Sub-húmedo***.

Tabla 21. Coeficiente de drenaje de las capas granulares no tratadas m_i

Clasificación climática por humedad	m_i
Árido	1.15
Semi-Árido	1.05
Sub-húmedo	1.00
Húmedo	0.95
Muy húmedo	0.85

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito, 2007

Sin embargo, se selecciona un m_i de acuerdo al número de días que llueve en Aguachica durante el año lo cual se arroja un valor del 1.20.

12.5 Capas granulares

Para el diseño se propone que los materiales a utilizar cumplan las características mínimas del INVIAS en cuanto a características mecánicas por lo tanto la Sub-base debe aportar en CBR min = 40% y la base granular CBR min = 95% teniendo en cuenta la anterior consideración calculamos el aporte estructural de cada capa.

Imagen 7. Carta para estimar el coeficiente estructural de la capa de subbase granular

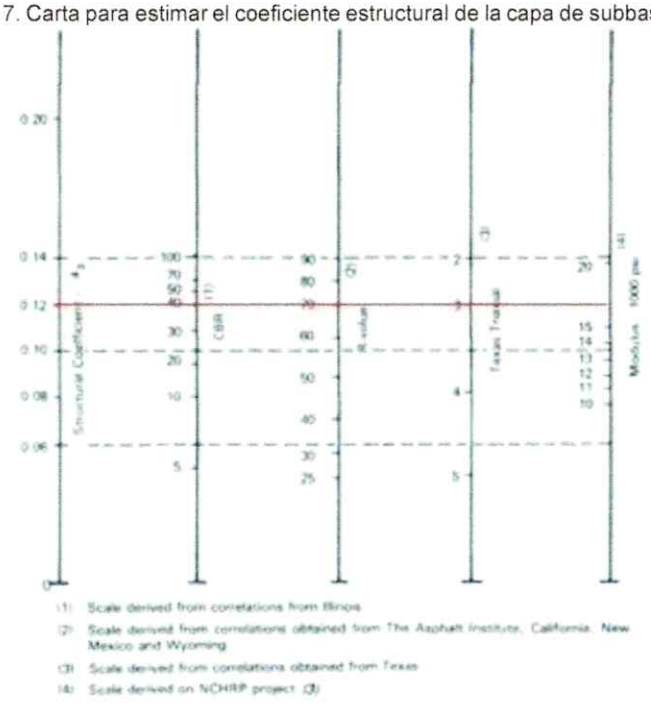


Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

Fuente: Guía AASHTO, 1993

Sub-base CBRmin = 40% **a_3 = 0,12**

Imagen 8. Carta para estimar el coeficiente estructural de la capa de base granular

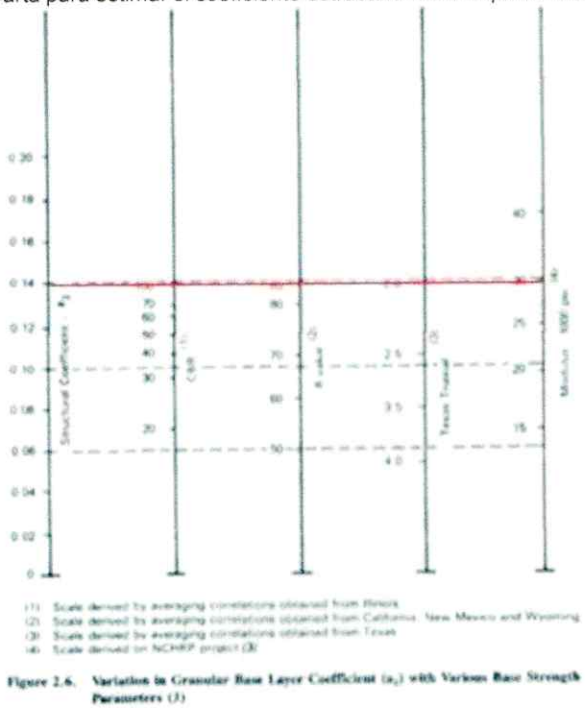


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

Base CBRmin = 95% **a_2 = 0,20**

12.6 Pavimento A

12.6.1 Parámetros de diseño del pavimento

De acuerdo a lo obtenido en los estudios geotécnicos y de Tránsito se obtienen los siguientes datos:

- CBR DISEÑO = 20.7 %
- N Ejes equivalentes a 8,2 ton = 6455674

12.6.2 Capa de subrasante del pavimento

El módulo de resiliencia de la subrasante es una medida de la rigidez del suelo de la subrasante, el cual para su cálculo se empleará la ecuación que correlaciona el módulo con el valor de CBR, recomendada por la AASHTO: De acuerdo al análisis del estudio geotécnico se obtuvo un CBR = 20.7% que corresponde a la unidad de diseño, por correlación calculamos el módulo resistente de la subrasante.

MR = 115.247 $CBR^{0.595}$ Kg/cm2

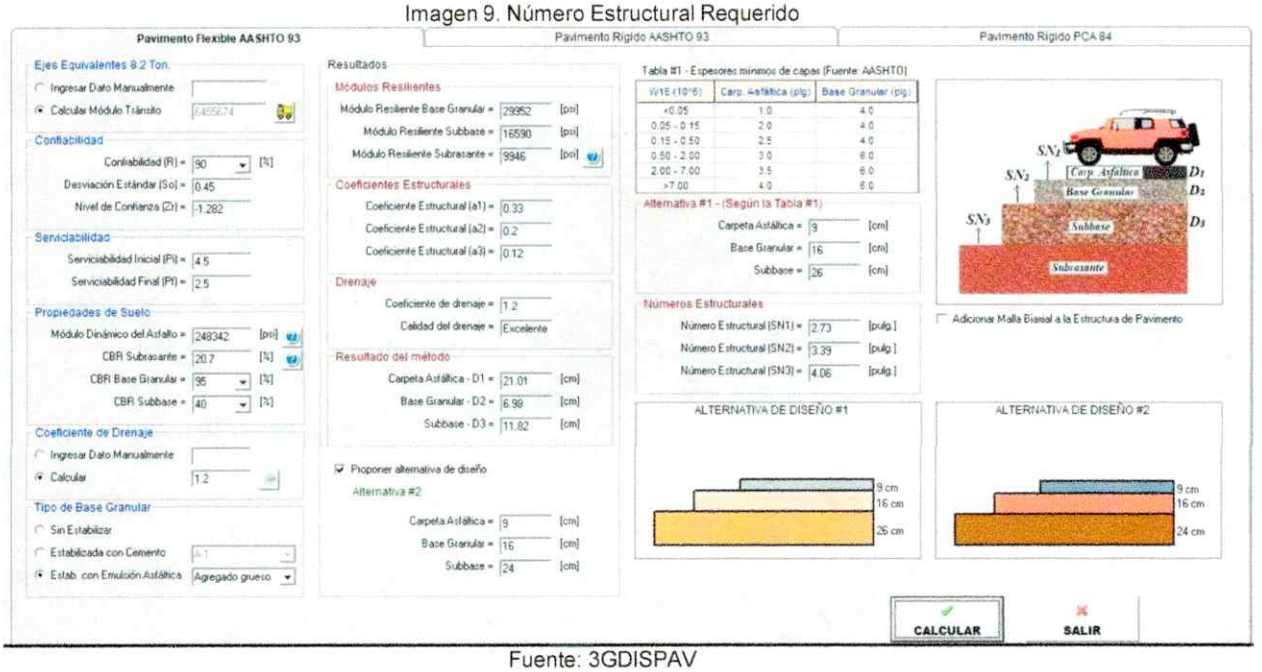
MR = 9946 PSI Unidad de diseño A

Otros parámetros necesarios para el diseño nuevo:

- Índice de serviciabilidad inicial Iso = 4,5
- Índice de serviciabilidad final Isf = 2,5
- Coeficiente de desviación S0 = 0,45
- Nivel de confianza = 90%
- Coeficiente de drenaje Sub-base = 1,20
- Coeficiente de drenaje Base = 1,20
- N. ejes equivalentes = 6455674

12.6.3 *Numero estructural requerido*

Imagen 9. Número Estructural Requerido



Fuente: 3GDISPAV

Sin embargo, a continuación, se detallan los espesores definidos que cumplen con los esfuerzos a fatiga y deformaciones (ahuellamiento).

12.6.4 *Dimensionamiento de la estructura propuesta para el pavimento*

Tabla 22. Estructura propuesta

Material	Espesor (cm)	Esquema Estructura	Especificación
Carpeta asfáltica MDC-19	9		INV 450-22
BG CLASE A CBR ≥ 95%	16		INV 330-22
SBG CLASE A CBR ≥ 40%	20		INV 320-22

Fuente: Propia

12.6.5 Numero estructural calculado

Para el cálculo de los números estructurales de las capas se emplea la siguiente ecuación:

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

Dónde

SN = Numero Estructural
D1,2,3 = Espesores de capas asfálticas, Base y Sub-base respectivamente (Pulg)
ai = Coeficiente estructural de capa i, dependiente de su módulo
mi = Coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiente del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en niveles cercanos a la saturación

El número estructural calculado con el dimensionamiento de la estructura propuesta arrojó el siguiente valor:

Tabla 23. Número Estructural Calculado

capa	Espesor (cm)	Espesor (in)	Coeficiente de capa ai	Coeficiente de drenaje mi	SN calculado
Carpeta Asfáltica	9	3,54	0,34	-	2,73
Base Granular	16	6,30	0,20	1,20	3,39
Subbase Granular	20	7,87	0,12	1,20	4,06
TOTAL					**10,18**

Fuente: Propia

El cual es ligeramente mayor al requerido, por lo tanto, se espera que el pavimento tenga un buen desempeño durante la vida de servicio.

13 VALIDACIÓN POR EL MÉTODO RACIONAL

13.1 Pavimento A

13.1.1 Módulos de la estructura de Pavimento

Sub rasante

CBR diseño= 20,7%

MR = 115.247 $CBR^{0.595}$ Kg/cm2

MR = 699,219 Kg/cm2

MR = 9946 PSI Unidad de diseño A

Base Granular

$$MR_2 = 0.206 \times MR_3 \times (H_2)^{0.45}$$

MR = *Módulo Resiliente de la Capa (Kg/cm²)*

H = *Espesor Subbase o Base Granular (mm)*

Hbg= Altura sub-base granular = 160 mm

Esbg = módulo sub-base granular = 1984,94 kg/cm^2

Ebg = 2597,83 Kg/cm2

Subbase Granular

$$MR_2 = 0.206 \times MR_3 \times (H_2)^{0.45}$$

MR = *Módulo Resiliente de la Capa (Kg/cm²)*

H = *Espesor Subbase o Base Granular (mm)*

Hsbg= Altura sub-base granular = 200 mm

Esbr = módulo subrasante = 699,273 kg/cm2

Esbg = 1728,01 Kg/cm2

13.1.2 Modelación de la estructura de pavimento

Tabla 24. Modelación de la estructura de pavimento

Espesor (cm)	Esquema Estructura	Módulos de elasticidad (kg/cm2)	Relación de poisson (μ)
9		17448,36	0,35
16		2597.83	0,35
20		1728.01	0,35
		699,219	0,40

Fuente: Propia

13.1.3 Parámetros admisibles del pavimento

- Deformación por tracción en la fibra inferior de la capa asfáltica (Crítico Shell)

$$E_t = (0.856V_b + 1.08)S_{mix}{}^{-0.36}\left[\frac{N}{K}\right]^{-0.2}$$

Dónde:
Et = Deformación por tracción en la fibra inferior de la capa asfáltica
Vb = Volumen del bitumen en la mezcla en (%)
Smix = Módulo de rigidez de la mezcla
N = Tránsito equivalente de 8.2 Ton
K = Factor de Kalage = 8.25

- Esfuerzo Máximo de Compresión en la Subrasante Kerthoven y Dormon

$$\sigma_z = \left[\frac{0.007E_{sbr}}{1 + 0.7\log N}\right]$$

Dónde:
σz = Esfuerzo Máximo de Compresión
Esbr = Modulo resiliente de la subrasante (kg/cm2)
N = Tránsito equivalente de 8.2 Ton

- Deformación por compresión en la Subrasante – Confiabilidad 85% - Shell

$$E_t = 2.13x10^{-2}N^{-0.25}$$

Dónde:
E_t = Deformación por compresión en la Subrasante
N = Tránsito equivalente de 8.2 Ton

- Deflexión en la Superficie del Pavimento Ivanov

$$\Delta_0 = 5.248N^{-0.12}$$

Dónde:
Δ_0 = Deflexión en la Superficie del Pavimento
N = Tránsito equivalente de 8.2 Ton

Imagen 10. Parámetros admisible

3G DIS PAV v1.5 - Consumo de Fatiga y Ahuellamiento

Cálculo Consumo de Fatiga y Ahuellamiento

	DATOS				Metodología Shell [1987]	Metodología Shell [Confiabilidad = 85%]	PORCENTAJE DE CONSUMO	
EJE	CARGA (Ton.)	REPETICIONES ESPERADAS	Épsilon t (με)	Épsilon z (μEz)	# Repeticiones Admisibles Fatiga - Carpeta Asfáltica	# Repeticiones Admisibles Ahuellamiento - Subrasante	Fatiga (%)	Ahuellamiento (%)
SRD	2.5	340	193	197	17,120,960	128,806,217	0.00	0.00
	6	9779	254	423	4,336,567	6,059,548	0.23	0.16
	7	156449	262	479	3,713,712	3,685,188	4.21	4.25
	8	54089	267	532	3,378,768	2,421,894	1.60	2.23
	11	26089	274	673	2,968,670	945,674	0.88	2.76
TANDEM	22	36766	400	751	447,726	609,877	8.21	6.03
TRIDEM	24	43666	375	577	618,242	1,750,244	7.06	2.49

Evaluación de Esfuerzos y Deformaciones

Tipo de Eje = SRD (2.5 Ton) (+)Compresión (-) Tensión

Prof. (cm)	Delta X (mm)	Delta Y (mm)	Delta Z (mm)	Sigma XX (kPa)	Sigma YY (kPa)	Sigma ZZ (kPa)	Tau XY (kPa)	Tau XZ (kPa)
9	0.000000	-0.000106	0.205231	332.234102	114.638793	-106.619878	0.000000	0.000000
45	0.000000	-0.000410	0.126951	0.757277	0.440737	-13.036427	0.000000	0.000000

RESULTADO

Consumo de Fatiga = 22.19 [%]

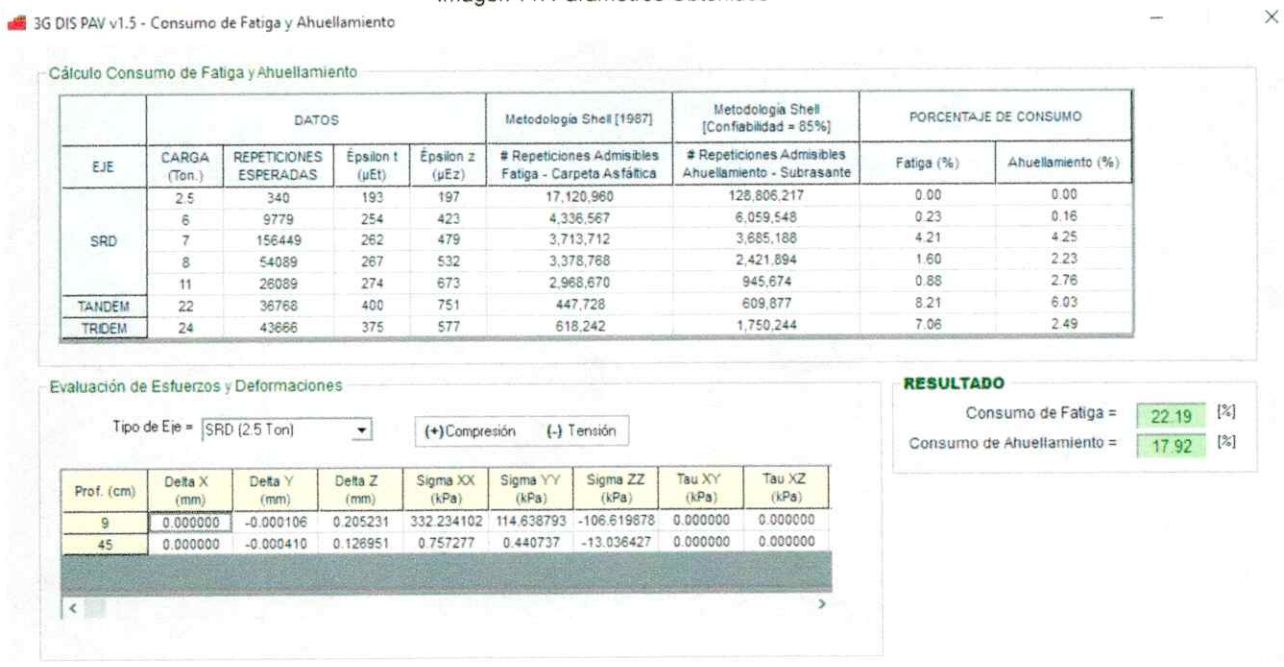
Consumo de Ahuellamiento = 17.92 [%]

Fuente: Software 3GDISPAV

13.1.4 Parámetros obtenidos del pavimento

La estructura se modeló mediante el software 3GDISPAV, obteniendo los siguientes resultados:

Imagen 11. Parámetros Obtenidos



Fuente: 3GDISPAV

Imagen 12. Parámetros Obtenidos

	DATOS				Metodología Shell [1987]	Metodología Shell [Confiabilidad = 85%]	PORCENTAJE DE CONSUMO	
EJE	Carga (Ton)	Repeticiones Esperadas	Epsilon t (µEt)	Épsilon z (µEz)	# Repeticiones admisibles Fatiga – Carpeta Asfáltica	# Repeticiones admisibles Ahuellamiento – Subrasante	Fatiga(%)	Ahuell.(%)
SRS	2.5	340	193	197	17120960	128806217	0	0
	6	9779	254	423	4336567	6059548	0.23	0.16
	7	156449	262	479	3713712	3685188	4.21	4.25
	8	54089	267	532	3378768	2421894	1.6	2.23
	11	26089	274	673	2968670	945674	0.88	2.76
TANDEM	22	36768	400	751	447728	609877	8.21	6.03
TRIDEM	24	43666	375	577	618242	1750244	7.06	2.49

Tipo de Eje: SRD (2.5 Ton)

Profundidad		9 cm	45 cm
Delta X (mm)	=	0	0
Delta Y (mm)	=	-0.000106	-0.00041
Delta Z (mm)	=	0.205231	0.126951
Sigma XX (kPa)	=	332.234102	0.757277
Sigma YY (kPa)	=	114.638793	0.440737
Sigma ZZ (kPa)	=	-106.619878	-13.036427
Tau XY (kPa)	=	0	0
Tau XZ (kPa)	=	0	0
Tau YZ (kPa)	=	-1.238919	0.105097

Profundidad		9 cm	45 cm
Epsilon XX (µEt)	=	192.523804	84.520233
Epsilon YY (µEt)	=	20.848469	78.057422
Epsilon ZZ (µEt)	=	-153.717136	-197.107079
Gamma XY (µEt)	=	0	0
Gamma XZ (µEt)	=	0	0
Gamma YZ (µEt)	=	-1.95493	4.291535
Sigma 1 (kPa)	=	-106.626815	-13.037246
Sigma 2 (kPa)	=	114.64573	0.441557
Sigma 3 (kPa)	=	332.234102	0.757277

Profundidad		9 cm	45 cm
Tau 1 (kPa)	=	108.794186	0.15786
Tau 2 (kPa)	=	110.636273	6.739402
Tau 3 (kPa)	=	219.430458	6.897261
Epsilon 1 (µEz)	=	-153.722609	-197.12381
Epsilon 2 (µEz)	=	20.853942	78.074154
Epsilon 3 (µEz)	=	192.523804	84.520233
Gamma XY (µEt)	=	171.669862	6.446079
Gamma XZ (µEt)	=	174.576551	275.197964
Gamma YZ (µEt)	=	346.246413	281.644043

Consumo de Fatiga = 22.19 %
Consumo de Ahuellamiento = 17.92 %

Valor (+): Compresión
Valor (-): Tensión

Fuente: 3GDISPAV

Se puede observar, que la alternativa de diseño cumple con los esfuerzos (fatiga) y deformaciones (ahuellamiento).

14 FUENTE DE MATERIALES

Debido a que en la zona cerca al Proyecto existen canteras y plantas de asfalto, se opta por hacer uso de estas con la finalidad de optimizar los recursos disponibles del Proyecto.

Dentro de esta área se cuenta con sitios de explotación de materiales granulares que se pueden suministrar al constructor según su requerimiento. La verificación del cumplimiento del material estará a cargo del ejecutor, así mismo con las exigencias solicitadas por las especificaciones de INVIAS.

A continuación, se relaciona los sitios y materiales encontrados.

Cantera:

Distancia a sitio de obra:

Materiales: Base-Granular, Sub-base Granular.

Material Certificado:

Cantera:

Distancia a sitio de obra:

Materiales: Base-Granular, Sub-base Granular.

Material Certificado:

15 AMENAZA SISMICA

La amenaza sísmica es un fenómeno físico asociado con un sismo, tal como el movimiento fuerte del terreno o la falla del mismo, que tiene el potencial de producir una pérdida. De acuerdo con la información consultada en el mapa de amenaza sísmica para Colombia elaborado por el INGEOMINAS, la zona en la que se va a realizar el proyecto, ha sido clasificada como de amenaza sísmica INTERMEDIA. Eso significa que puede llegar a alcanzar valores de aceleración pico efectiva 0.15 Aa.

La aceleración pico efectiva (Aa) corresponde a las aceleraciones horizontales del sismo de diseño contempladas en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), como porcentaje de la aceleración de la gravedad terrestre (g = 980 cm/s). Estas aceleraciones tienen una probabilidad de ser excedidas del 10% en un lapso de 50 años, correspondiente a la vida útil de una edificación. El valor del parámetro Aa se utiliza para definir las cargas sísmicas de diseño que exige el reglamento de Construcciones Sismo Resistentes.

Imagen 13. Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av



Fuente: NSR-10

Tabla 25. Valores de Aa, Av, Ae y Ad y definición de la zona de amenaza sísmica El Carmen

Departamento del Cesar

Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Valledupar	20001	0.10	0.10	Baja	0.05	0.03
Aguachica	20011	0.15	0.15	Intermedia	0.08	0.04
Agustín Codazzi	20013	0.10	0.10	Baja	0.07	0.04
Astréa	20032	0.10	0.10	Baja	0.08	0.04
Becerril	20045	0.10	0.10	Baja	0.08	0.04
Bosconia	20060	0.10	0.10	Baja	0.08	0.04
Chimichagua	20175	0.10	0.10	Baja	0.08	0.04
Chiriguaná	20178	0.10	0.10	Baja	0.06	0.04
Curumaní	20228	0.15	0.10	Intermedia	0.08	0.04
El Copey	20238	0.10	0.10	Baja	0.08	0.04
El Paso	20250	0.10	0.10	Baja	0.08	0.04
Gamarra	20295	0.15	0.15	Intermedia	0.08	0.04
González	20310	0.20	0.15	Intermedia	0.08	0.04
La Gloria	20383	0.15	0.15	Intermedia	0.08	0.04
La Jagua de Ibirico	20400	0.10	0.10	Baja	0.08	0.04
La Paz	20621	0.10	0.10	Baja	0.06	0.03
Manaure	20443	0.10	0.10	Baja	0.08	0.04
Pailitas	20517	0.15	0.10	Intermedia	0.08	0.04
Pelaya	20550	0.15	0.15	Intermedia	0.08	0.04
Pueblo Bello	20570	0.10	0.10	Baja	0.05	0.03
Río de Oro	20614	0.20	0.15	Intermedia	0.08	0.04
San Alberto	20710	0.20	0.15	Intermedia	0.08	0.04
San Diego	20750	0.10	0.10	Baja	0.05	0.03
San Martín	20770	0.20	0.15	Intermedia	0.08	0.04
Tamalameque	20787	0.15	0.10	Intermedia	0.08	0.04

Fuente: Apéndice A-4 - NSR-10

16 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se obtuvieron diseños de estructuras económicos, además teniendo como resultado, estructuras capaces de absorber eficientemente los esfuerzos y deformaciones generadas por el tránsito durante el periodo de diseño.

- El número de ejes equivalentes de 8.2 ton es de 6.455.674.

- El periodo de diseño es de 10 años, lo que supone que el pavimento tendrá un buen comportamiento durante este periodo, sin embargo, eso es netamente teórico lo que induce a pensar que efectivamente el pavimento tendría un buen comportamiento con un buen proceso constructivo que garantice alcanzar las variables de diseño, también un apropiado mantenimiento rutinario y periódico como también un buen mantenimiento de las estructuras de drenaje.

- La tasa de crecimiento anual establecida en los cálculos de factores, se tomó de acuerdo al estipulado en el estudio de transito r = 6.09%.

- Se proponen una (1) unidad de diseño de acuerdo a las características geotécnicas y la resistencia evaluada en laboratorio, a lo largo del tramo vial, teniendo en cuenta la homogeneidad en su estratigrafía y resistencia.

- Se recomienda adoptar en el pavimento "A" la siguiente estructura.
- Pavimento A

Material	Espesor (cm)	Esquema Estructura	Especificación
Carpeta asfáltica MDC-19	9		INV 450-22
BG CLASE A CBR ≥ 95%	16		INV 330-22
SBG CLASE A CBR ≥ 40%	20		INV 320-22
Subrasante	-		-

- El CBR de diseño es de 20,7%

- Apoyados en la información geotécnica existente de la zona donde fue proyectado el diseño, se concluye que el material de subrasante presenta homogeneidad y por lo tanto se diseñó 1 unidad como alternativa.

- Es necesario que se garantice durante el proceso constructivo el cumplimiento de los parámetros de diseño como son:

  Módulo dinámico de la mezcla asfáltica. El contratista antes de iniciar la construcción de pavimento debe realizar el diseño Marshall con materiales que se emplearán en obra con el fin de verificar el módulo dinámico para confrontar el resultado asumido con el diseño, de no ser inferior se deben tomar medidas para garantizar que como mínimo debe ser

asumido. Lo anterior, debido a que no se contaba con un diseño Marshall para el diseño, este fue asumido por el método racional para pavimento flexible.

Los materiales de base y sub-base deben cumplir con las Especificaciones INV320-22 y INV330-22.

Se debe garantizar un buen sistema de drenaje, para evitar la infiltración de agua a la estructura que puedan alterar las condiciones de resistencia.

- El método de compactación se realizará por balanceo con vibro compactadores realizando las pasadas necesarias hasta llegar a las densidades requeridas según especificaciones en cada capa granular.

Geotecnia

- El material que se encuentra en el corredor en estudio es areno limoso (SM) con valores de CBR entre 18,1% y 26,60% (información tomada del estudio de suelos).

- Las investigaciones geotécnicas realizadas para el área indicada del proyecto en el corredor donde se construirá la intersección a nivel tipo Glorieta y la Avenida Victor Roqueme Quiñonez del municipio de Cesar consistió en la ejecución de 4 apiques a una profundidad de 1,5 m obteniendo CBR de laboratorio entre 18,1% y 26,60% las cuales permitieron identificar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, los problemas inherentes al suelo y establecer las condiciones geotécnicas actuales, para el diseño del corredor.

- Basados en los resultados y mediante el módulo resiliente de diseño, se categoriza la sub-rasante. A continuación, la tabla de categorías.

Según la tabla la categoría se sub-rasante basados en los intervalos arrojados de módulo resiliente de diseño se obtuvo que:

Para pavimento A seria de: MR = 115.247 $CBR^{0.595}$ Kg/cm2 Categoría: S4

Categoría de subrasante	Intervalo Módulo resiliente de diseño, M_{rd} (MPa)
S1	$35 \leq M_{rd} < 40$
S2	$40 \leq M_{rd} < 45$
S3	$45 \leq M_{rd} < 55$
S4	$55 \leq M_{rd} < 70$
S5	$70 \leq M_{rd} < 85$
S6	$85 \leq M_{rd} < 100$
S7	$100 \leq M_{rd} < 125$
S8	$M_{rd} \geq 125$

- Los CBR identificados que corresponden a la unidad de diseño A se encuentran en la siguiente tabla:

% CBR SUMERGIDO PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELOS - INVE-148-13							
APIQUE No.	UBICACIÓN	TIPO DE SUELO SUCS	TIPO DE SUELO ASSTHO	DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	%W OPTIMA	% CBR INVE-148-13	% PROMEDIO CBR INVE-148-13
1	Redoma Calle 5, Carrera 40 - Ruta Nacional 45/Ruta del Sol-Municipio de Aguachica, Cesar	SM	A-2-4	1,932	10,20	26,50	23,63
2		SM	A-1b	1,810	12,00	23,30	
3		SM	A-2-4	1,933	10,70	18,10	
4		SM	A-1b	1,848	12,90	26,60	

- Para el municipio de Aguachica Cesar se tiene una amenaza sísmica Intermedia

Municipio	Código Municipio	Aa	Av	Zona de amenaza sísmica	Ae	Ad
Aguachica	20011	0.15	0.15	Intermedia	0.08	0.04

- Según informe geotécnico no se encontró nivel freático.

- La construcción de la estructura de pavimento diseñada se debe enmarcar dentro de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto Nacional de Vías y las normas de ensayo para carreteras INVIAS-22.

- Se debe mantener un permanente control en el proceso constructivo de las estructuras de pavimento, deberá verificarse que los equipos empleados cumplan con las Especificaciones Generales de Construcción del INVÍAS 2022. Se debe tener un control estricto en la verificación de los espesores de las diferentes capas que conforman las estructuras de pavimento, ya que las conformaciones de capas con menores espesores a los obtenidos en el diseño por esta consultoría redundarán en la reducción de la vida útil proyectada de los pavimentos.

- No se deberá extender materiales granulares sobre la capa de apoyo hasta verificar que la superficie sobre la cual se van a colocar cumplan con el espesor, la densidad, el CBR, las cotas y pendientes indicadas en los planos del proyecto. Los materiales granulares deberán cumplir con los parámetros mínimos establecidos en las Especificaciones Generales de Construcción del INVÍAS 2022.

- De manera previa a la construcción de las estructuras de pavimento, se deberán construir sistemas que faciliten el drenaje y subdrenaje de la vía y su área circundante, para lo cual se deberán localizar conjuntamente con la Interventoría los puntos en los que se plantea la construcción de dichas obras de drenaje y subdrenaje, de acuerdo con lo indicado en el diseño hidráulico; con estas obras se busca lograr una adecuada captación y encauzamiento de las aguas superficiales y subsuperficiales, disminuyendo los tiempos de saturación y por ende de debilitamiento de las estructuras, de manera tal que se garantice como mínimo el tiempo de vida útil proyectado para estas estructuras.

- Se debe llevar a cabo la nivelación de las diferentes capas conformadas de acuerdo a las cotas del diseño establecidas, de manera que se garantice el bombeo hacia los sitios de drenaje planteados en el diseño hidráulico; este bombeo debe garantizarse desde el fondo de la excavación, de manera tal que los espesores diseñados correspondan en la totalidad de la sección transversal a lo requerido en el diseño.

- Se debe dejar un bombeo transversal mínimo del 2% y con la pendiente longitudinal se deberá garantizar que la escorrentía superficial pueda ser encausada efectivamente hacia los puntos de drenaje definidos en el diseño hidráulico.

- Las estructuras de pavimento final deberán tener una calidad tal que se garantice una superficie homogénea tanto en forma como en composición de materiales, y no deberán presentar fallos de ningún tipo; en caso de presentarse estos deberán corregirse previamente a la puesta en funcionamiento de la vía.

- Se debe evitar al máximo en la medida de lo posible que el material de subrasante quede expuesto a la acción de la lluvia, para lo cual se deberán realizar las excavaciones y conformaciones de material granular en el menor tiempo posible, más aún cuando este material es tan susceptible a cambios volumétricos en razón de los altos valores de límite líquido e índice de plasticidad.

- Se recomienda llevar un adecuado control de calidad de obra, mediante la realización de ensayos periódicos a los distintos materiales utilizados y las diferentes capas conformadas, de acuerdo con los ensayos mínimos exigidos en las Especificaciones Generales de Construcción del INVÍAS 2022.

- Se deberá efectuar un mantenimiento rutinario permanente durante la operación de la vía, entre las principales actividades se encuentran: rocería, limpieza de alcantarillas y cunetas, reparaciones o reemplazo de mangueras rotas, sellado de fisuras, reconstrucción de bordillos y andenes, entre otras.

- Se recomienda adelantar una revisión minuciosa de los elementos de drenaje y subdrenaje existentes, de manera que en caso de requerirse puedan ser involucrados durante la construcción y de esta manera garantizar el correcto funcionamiento y la estabilidad de la estructura de pavimento construida.

- Se debe mantener permanente control en lo que refiere a las condiciones ambientales de colocación de la mezcla asfáltica, preferiblemente se debe realizar en días secos donde no esté infundado el temor de lluvia, en caso de lluvia se deberá suspender la actividad inmediatamente y podrá ser retomada cuando se garantice una superficie de colocación libre de excesos de humedad; adicionalmente deberá verificarse la temperatura de instalación de la mezcla asfáltica.

- Para el suministro y aplicación del concreto asfáltico, se debe tener en cuenta el uso de riego de imprimación para la correcta adherencia entre la capa de base granular y la rodadura asfáltica.

- De acuerdo a los materiales a ser utilizados en obra (granulares y asfalto), con base en los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a los mismos el diseño del pavimento puede estar sujeto a realizar los ajustes pertinentes.

17 LIMITACIONES

Los términos presentados en este informe se fundamentan en la información obtenida durante la ejecución de los trabajos de investigación del subsuelo, ensayos de laboratorio, etc. Las hipótesis de diseño asumidas para el presente proyecto, contemplan la realización rutinaria y periódica de labores de mantenimiento de los sistemas de drenaje y superficie de pavimento permitiendo así el adecuado funcionamiento de las obras.

Si al momento de ejecutar las obras se aprecian condiciones diferentes a las expuestas en el presente informe como típicas o si el proyecto sufre variaciones, en cuanto características de los materiales recomendados o a los procesos constructivos, se debe dar oportuno aviso al consultor para introducir las modificaciones o adiciones a que haya lugar, con el fin de evaluar la incidencia de dichos cambios en el proyecto.

ANEXO 1: PROCTOR Y CBR

	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - METODO AASTHO 93	ING. JOSE LUIS PÉREZ ARÉVALO 54202216077NTS
	CONSTRUCCIÓN DE LA GLORIETA Y AVENIDA VICTOR ROQUEME QUIÑONEZ EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA	Fecha: NOVIEMBRE DE 2025

	DATOS				Metodología Shell [1987]	Metodología Shell [Confiabilidad = 85%]	PORCENTAJE DE CONSUMO	
EJE	Carga (Ton)	Repeticiones Esperadas	Épsilon t (μEt)	Épsilon z (μEz)	# Repeticiones admisibles Fatiga – Carpeta Asfáltica	# Repeticiones admisibles Ahuellamiento – Subrasante	Fatiga(%)	Ahuell.(%)
SRS	2.5	340	193	197	17120960	128806217	0	0
	6	9779	254	423	4336567	6059548	0.23	0.16
	7	156449	262	479	3713712	3685188	4.21	4.25
	8	54089	267	532	3378768	2421894	1.6	2.23
	11	26089	274	673	2968670	945674	0.88	2.76
TANDEM	22	36768	400	751	447728	609877	8.21	6.03
TRIDEM	24	43666	375	577	618242	1750244	7.06	2.49

Tipo de Eje: SRD (2.5 Ton)

Profundidad		9 cm	45 cm
Delta X (mm)	=	0	0
Delta Y (mm)	=	-0.000106	-0.00041
Delta Z (mm)	=	0.205231	0.126951
Sigma XX (kPa)	=	332.234102	0.757277
Sigma YY (kPa)	=	114.638793	0.440737
Sigma ZZ (kPa)	=	-106.619878	-13.036427
Tau XY (kPa)	=	0	0
Tau XZ (kPa)	=	0	0
Tau YZ (kPa)	=	-1.238919	0.105097

Profundidad		9 cm	45 cm
Epsilon XX (μEt)	=	192.523804	84.520233
Epsilon YY (μEt)	=	20.848469	78.057422
Epsilon ZZ (μEt)	=	-153.717136	-197.107079
Gamma XY (μEt)	=	0	0
Gamma XZ (μEt)	=	0	0
Gamma YZ (μEt)	=	-1.95493	4.291535
Sigma 1 (kPa)	=	-106.626815	-13.037246
Sigma 2 (kPa)	=	114.64573	0.441557
Sigma 3 (kPa)	=	332.234102	0.757277

Profundidad		9 cm	45 cm
Tau 1 (kPa)	=	108.794186	0.15786
Tau 2 (kPa)	=	110.636273	6.739402
Tau 3 (kPa)	=	219.430458	6.897261
Epsilon 1 (μEz)	=	-153.722609	-197.12381
Epsilon 2 (μEz)	=	20.853942	78.074154
Epsilon 3 (μEz)	=	192.523804	84.520233
Gamma XY (μEt)	=	171.669862	6.446079
Gamma XZ (μEt)	=	174.576551	275.197964
Gamma YZ (μEt)	=	346.246413	281.644043

Consumo de Fatiga = 22.19 %
Consumo de Ahuellamiento = 17.92 %

Valor (+): Compresión
Valor (-): Tensión

1. TRÁNSITO DE DISEÑO

Número de Eje Equivalentes de 8.2 Ton. = 6455674

2. CONFIABILIDAD

Se entiende por confiabilidad de un proceso diseño-comportamiento de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño.

Confiabilidad (R) = 90%
Desviación estándar (So) = 0.45
Nivel de Confianza (Zr) = -1.282

3. SERVICIABILIDAD

Se define como la capacidad del pavimento de desempeñarse adecuadamente ante todo tipo de tráfico que circula en la vía, se mide en una escala del 0 al 5, en donde 0 (cero) significa pavimento intransitable y 5.0 (cinco) significa pavimento en excelentes condiciones.

Serviciabilidad Inicial (Pi) = 4.5
Serviciabilidad Final (Pf) = 2.5

4. PROPIEDADES DEL SUELO

CBR Base Granular = 95%
CBR Sub-base = 40%
CBR Sub-rasante = 20.7%

Módulo Resiliente del Asfalto = 248342 psi
Módulo Resiliente Base Granular = 29952 psi
Módulo Resiliente Sub-base = 16590 psi
Módulo Resiliente Sub-rasante = 9946 psi

5. CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES ESTRUCTURALES (a1, a2 y a3)

Este método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_i), los cuales son requisitos para el diseño estructural normal de los pavimentos flexibles. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento.

Coeficiente de Capa a1 = 0.33
Coeficiente de Capa a2 = 0.2
Coeficiente de Capa a3 = 0.12

$$a_1 = 0.184 \times Ln(MR_{Base\ Gran.}) - 1.9547$$
$$a_2 = 0.249 \times Log(MR_{Subbase}) - 0.977$$
$$a_3 = 0.227 \times Log(MR_{Subrasante}) - 0.839$$

6. COEFICIENTE DE DRENAJE

Este parámetro de diseño hace referencia a la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura de pavimento y los 365 días del año.

Coeficiente de drenaje = 1.2

Remoción Agua	Calidad Drenaje	% Tiempo exposición de la estructura			
		< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
2 Horas	Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
1 Día	Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
1 Semana	Aceptable	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
1 Mes	Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
No drena	Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

7. CÁLCULO DE LOS NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN_1 - SN_2 y SN_3)

Los números estructurales de capa se determinaron a través de la ecuación de la AASHTO 93. Para obtener los SN_1, SN_2 y SN_3 se introducen todos los parámetros de diseño, descritos anteriormente, en la referida ecuación.

$$Log_{W18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times Log(SN_i + 1) - 0.20 + \left[\frac{Log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4\left(\frac{1094}{(SN_i)^{5.19}}\right)} \right] + 2.32 \times Log(M_r) - 8.07$$

Z_r = *Nivel de Confianza*
S_o = *Desviación Estándar*
M_r = *Módulo Resiliente*
SN_i = *Número Estructural*
ΔPSI = *Pérdida de serviciabilidad (Pi - Pf)*

Número Estructural SN_1 = 2.73 plg
Número Estructural SN_2 = 3.39 plg
Número Estructural SN_3 = 4.06 plg

8. RESULTADO DEL MÉTODO

Espesor Carpeta Asfáltica = 21.01 cm
Espesor Base Granular = 6.98 cm
Espesor Sub-Base = 11.82 cm
Espesor Total Estructura = 39.81 cm

Observando los resultados anteriores, se establece que el espesor de la carpeta asfáltica es un valor cercano o mucho mayor que las capas subyacentes, por lo anterior se toma como referencia los espesores mínimos mostrados en tabla #1 en función del tránsito proyectado.

Tabla 1. Espesores mínimos de capas

W_{18} (10^6)	Espesores mínimos en pulgadas	
	Carpeta Asfáltica	Base Granular
< 0.05	1.0	4.0
0.05 - 0.15	2.0	4.0
0.15 - 0.50	2.5	4.0
0.50 - 2.00	3.0	6.0
2.00 - 7.00	3.5	6.0
> 7.00	4.0	6.0

Fuente: AASHTO 93

8.1. ALTERNATIVA DE DISEÑO #1

A. Disminuyendo el espesor de la carpeta asfáltica, según lo estipula la tabla #1, se retro calcula SN_1

Espesor Carpeta Asfáltica = 3.5 plg
Espesor Carpeta Asfáltica = 9 cm
Número Estructural SN'_1 = 1.16 plg

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} \quad SN'_1 = D_1 \times a_1$$

B. Disminuyendo el espesor de la base granular, según lo estipula la tabla #1, se retro calcula SN_2

Espesor Base Granular = 6 plg
Espesor Base Granular = 16 cm
Número Estructural SN'_2 = 2.6 plg

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN'_1}{a_2 \times m_2} \quad SN'_2 = (D_2 \times a_2 \times m_2) + SN'_1$$

C. Basado en los resultados anteriores, el valor de la capa Sub-base es:

Espesor Sub-base = 10.14 plg
Espesor Sub-base = 26 cm

$$D_3 = \frac{SN_3 - SN'_2}{a_3 \times m_3}$$

8.1.1 Espesores Alternativa de Diseño #1

Carpeta Asfáltica	=	9 cm
Base Granular	=	16 cm
Subbase	=	26 cm

No obstante, la estructura definitiva es la siguiente:

Carpeta Asfáltica	=	9 cm
Base Granular	=	16 cm
Subbase	=	20 cm

8.2. ALTERNATIVA DE DISEÑO #2

D. Disminuyendo el espesor de la carpeta asfáltica, según lo estipula la tabla #1, se retro calcula SN_1

Espesor Carpeta Asfáltica = 3.54 plg
Espesor Carpeta Asfáltica = 9 cm
Número Estructural SN'_1 = 1.17 plg

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} \quad SN'_1 = D_1 \times a_1$$

E. Disminuyendo el espesor de la base granular, según lo estipula la tabla #1, se retro calcula SN_2

Espesor Base Granular = 6.3 plg
Espesor Base Granular = 16 cm
Número Estructural SN'_2 = 2.68 plg

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN'_1}{a_2 \times m_2} \quad SN'_2 = (D_2 \times a_2 \times m_2) + SN'_1$$

F. Basado en los resultados anteriores, el valor de la capa Sub-base es:

Espesor Sub-base = 9.58 plg
Espesor Sub-base = 24 cm

$$D_3 = \frac{SN_3 - SN_2'}{a_3 \times m_3}$$

8.1.2 Espesores Alternativa de Diseño #2

Carpeta Asfáltica	=	9 cm
Base Granular	=	16 cm
Subbase	=	24 cm

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-4094473

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JOSE LUIS PEREZ AREVALO, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1091657999, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-216077 desde el 03 de Noviembre de 2011, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1730.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular *ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo* dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los uno (01) días del mes de Diciembre del año dos mil veinticinco (2025).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.



MATRICULA PROFESIONAL No.

54202216077NTS

INGENIERO CIVIL

DE FECHA 03/11/2011

JOSE LUIS
PEREZ AREVALO
C.C. 1091657999
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER-OCAÑA

PRESIDENTE DEL CONSEJO

Scanned with CamScanner

Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza a su titular para ejercer como Ingeniero en todo el Territorio Nacional.

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA

Calle 78 No. 9 - 57 Oficina 1301 Tel. 3220102 Bogotá D.C.

Scanned with CamScanner

Ocaña, 3 de noviembre de 2025

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **JOSE LUIS PÉREZ ARÉVALO** , profesión Ingeniero Civil – Esp. En Vías Terrestres, Matrícula Profesional 54202216077NTS, identificado con cedula de ciudadanía No. 1.091.657.999 expedida en Ocaña Norte de Santander, por medio del presente documento hago constar que he realizado bajo mi responsabilidad el diseño de la estructura de pavimento flexible para el contrato **"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA GLORIETA Y AVENIDA VICTOR ROQUEME QUIÑONEZ EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA".**

Que en la elaboración del citado proyecto he utilizado los criterios y normas de ingeniería vigentes y generalmente aceptados para este tipo de proyectos y en particular, se ha tenido en cuenta lo pertinente a las normas de diseño y construcción a que se hace referencia en el Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, el cual hace referencia al diseño de pavimentos flexibles y a la metodología AASTHO 93, las cuales declaro conocer.

Es de anotar que los elementos diseñados y las proyecciones previstas en los documentos de diseño, funcionarán adecuadamente siempre y cuando en su proceso constructivo se empleen los materiales sugeridos y su implementación se rija estrictamente a las recomendaciones consignadas en los documentos de diseño.

Cualquier cambio que se requiera al diseño, a lo consignado, y durante su proceso constructivo que se encuentre por fuera de los parámetros descritos, será responsabilidad de la persona o entidad a cargo.

Para constancia se firma en Ocaña, a los 3 días del mes de noviembre de 2025.

Atentamente;

JOSE LUIS PÉREZ ARÉVALO
Ingeniero Civil
Esp. En Vías Terrestres
M.P. 54202216077NTS