2858

DISEÑO DE PAVIMENTOS

JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
INGENIERO CIVIL-UFPS
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS- UNIMINUTO
ESP. MSC. VIAS TERRESTRES, INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE- UPB

2859

ESTUDIO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

- *CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE SUBRASANTE DE DISEÑO*
- *ESTIMACIÓN DE LA CARGA DEL TRÁNSITO*
- *ESTIMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE*

PROYECTO

CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA VÍA SECUNDARIA AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER del proyecto de inversión SERVICIO TECNICO ESPECIALIZADO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO TERRITORIAL EN EL MUNICIPIO DE LABATECA, NORTE DE SANTANDER con código BPIN 2024543770006. CONFORME AL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No 204 del 29 de octubre de 2024 CELEBRADO ENTRE EL MUNICIPIO DE LABATECA Y LA EMPRESA INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL ESTADO FARO DEL CATATUMBO S.A.S"

DICIEMBRE DE 2024

JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
INGENIERO CIVIL-UFPS
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS- UNIMINUTO
ESP. MSC. VIAS TERRESTRES, INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE- UPB

TABLA DE CONTENIDO

1. ALCANCE Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO 7
2.1. ALCANCE 7
2.2. OBJETIVO GENERAL 7
2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7
3. METODOLOGÍA 8
4. INFORMACIÓN GENERAL 9
4.1. Localización del proyecto 9
4.2 Información de la zona 11
4.3 Descripción del proyecto 13
4.4 Fuentes de información 13
5. TRABAJO DE CAMPO 14
5.1 Zona de toma de muestras 14
5.2 Caracterización de la subrasante 17
5.2.1. Ensayos de caracterización 18
5.2.2. Ensayos de cono dinámico de penetración 20
5.2.3. Ensayos de CBR (Californian Bearing Ratio) (INVE 148-13) 22
5.3. Determinación del CBR de diseño 22
6. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE TRÁNSITO Y DIAGNOSTICO 25
6.1. METODOLOGÍA 25
6.2. Recopilación y detalle de la información existente en la zona – informaciónsecundaria 25
6.2.2. Toma de información primaria 26
6.3. Periodos de aforo 27
6.3.2. ..... Tipos de vehículos registrados 27
6.3.3. ..... Cálc ulo del Transito Total para diseño 28
6.4 Estimación del número de ejes equivalentes para diseño 28
6.4.1. Factores para estimar el tránsito de diseño 28
6.4.2. Cálculo del número de ejes equivalentes para el carril de diseño en el año base 30
6.4.3. Cálculo del número de ejes equivalentes en el carril de diseño durante el período de diseño con el nivel de confianza dado 31
6.4. VEHÍCULO DE DISEÑO PARA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 32
7. DISEÑO DE ESTRUCTURA 33
7.2. Diseño de pavimento asfáltico 33
7.2.1 VARIABLES DE DISEÑO QUE INTERVIENEN EN EL MODELO AASHTO-93 33

7861

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 48
9. LIMITACIONES 50
10. BIBLIOGRAFÍA 51

2862

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. *Ubicación vía que comunica al Puente La Cabuya con el casco urbano del municipio de Labateca.* 10
Figura 2. *Inclinación promedio del corredor vial en estudio* 11
Figura 3. *Zona de la Vía que comunica al casco urbano de Labateca desde el puente La cabuya* 12
Figura 4. *Sección transversal de la vía de diseño* 13
Figura 5. Ubicación de la toma de muestras y apique 15
Figura 6. *Ubicación de la toma de muestras y apique* 15
Figura 7. *Comisión realizando toma de muestras al terreno* 16
Figura 8. *Comisión de realización de ensayo de PDC sobre el apique* 16
Figura 9. *Curva granulometría del suelo presente en las vías de estudio* 19
Figura 10. *Gráfica del comportamiento de límite líquido del material del suelo* 19
Figura 11. *Esquema equipo PDC* 20
Figura 12. *Selección del CBR de diseño* 23
Figura 13. *Ubicación de la estación de aforo* 26
Figura 14. *Ilustración camión C-3* 32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Características de la Vía secundaria al casco urbano de Labateca* 11
Tabla 2. *Perfil del suelo predominante de la via de estudio* 17
Tabla 3. *Resumen de la caracterización del suelo natural* 18
Tabla 4. *Relaciones para valores obtenidos con el DCP normado por ASTM* 21
Tabla 5. *Variación del CBR de las pruebas realizadas* 22
Tabla 6. *Determinación del CBR% de Diseño* 23
Tabla 7. *Tablas de aforo* 27
Tabla 8. *Clasificación de vehículos de conteo* 27
Tabla 9. *Factor de distribución por carril* 29
Tabla 10. *Factor daño por tipo de vehículo* 30
Tabla 11. *TPD Diseño* 30
Tabla 12. *Resumen datos estudios de tránsito y suelos tramo de estudio* 33
Tabla 13. Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera 35
Tabla 14. Valores Del Nivel De Confianza R 37
Tabla 15. Factores de Desviación Normal. 37
Tabla 16. Capacidad del Drenaje 38

2863

Tabla 17. Valores mi para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Sub-bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles 39
Tabla 18. Uso típico de las diferentes clases de subbase granular 39
Tabla 19. Requisitos de los agregados para subbases granulares. 40
Tabla 20. Ábaco para estimar el número estructural de la sub-base granular "a3". 40
Tabla 21. Uso típico de las diferentes clases de base granular 41
Tabla 22. Requisitos de los agregados para bases granulares. 41
Tabla 23. Ábaco para estimar el número estructural de la capa base granular "a2". 42
Tabla 24. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa. 43
Tabla 25. Tipo de asfalto por emplear en mezclas asfálticas en caliente de gradación continua. 43
Tabla 26. Criterios para el diseño preliminar de la mezcla asfáltica en caliente de gradación continua por el método Marshall. 43
Tabla 27. Espesores Mínimos, en pulgadas, en Función de los Ejes Equivalentes. 44
Tabla 28. Coordenadas (Puntos topográficos), DATUM MAGNA SIRGAS. 49
Tabla 29. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno 50
Tabla 30. Porcentajes de pendiente vertical de peralte. 51
Tabla 31. Relación entre pendiente máxima (%) y Velocidad Homogenea. 54
Tabla 32. Relación entre pendiente máxima (%) y Velocidad Especifica. 55
Tabla 33. Pendiente de diseño 55
Tabla 34. Ancho de calzada (metros). 56
Tabla 35. Bombeo de la calzada. 57

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo Número estimado de ejes equivalentes de 8.2 ton 34
Ecuación 2. Cálculo número estructural 34

JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
INGENIERO CIVIL-UFPS
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS- UNIMINUTO
ESP. MSC. VIAS TERRESTRES, INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE- UPB

INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene el análisis de la condición de la subrasante teniendo en cuenta los resultados del estudio de suelos, el tránsito del corredor y el diseño en pavimento el corredor de la **VÍA SECUNDARIA AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER**, como parte de la ejecución de los estudios y diseños para el servicio técnico especializado para el desarrollo de proyectos de infraestructura y desarrollo territorial en el municipio de Labateca. En la elaboración del estudio de la estructura y el análisis de los resultados del suelo, se realizaron ensayos de laboratorio y toma de muestras, con el objetivo de caracterizar los materiales existentes. Igualmente, se realizaron pruebas en campo para determinar el CBR y evaluar la calidad de la subrasante del pavimento Y se realizó la determinación del tránsito de diseño.

En la determinación del diseño de la estructura de pavimento flexible, se tuvo en cuenta la metodología AASHTO 93 y el manual de diseño de pavimentos asfalticos en vías de medianos y altos volúmenes de tránsito de INVIAS (2015), y las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS (2022), la información del tránsito obtenido en la vía, al igual que los resultados de la toma de muestras al suelo sobre el tramo vial desde el CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

2865

1. ALCANCE Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

2.1. ALCANCE

El presente documento permitirá definir el estudio de análisis del suelo, volumen del tránsito, diseño de pavimento flexible "CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS VÍA SECUNDARIA AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER".

Este estudio abarca la intervención inicialmente proyectada en la fase III del corredor vial, desde el CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER, para mejorar los accesos terrestres en parte del territorio rural y urbano del municipio, con el propósito de definir los parámetros que son incidencia en el diseño de pavimento y geométrico de tal manera que se cumpla con las especificaciones mínimas del tipo de vía secundaria con las limitaciones que en algunos aspectos se tuvo que adoptar parámetros de una vía rural.

2.2. OBJETIVO GENERAL

Enmarcados dentro de un proyecto en el cual su objetivo general es la CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS VÍA SECUNDARIA AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

A esta instancia le corresponde el objetivo de realizar los estudios correspondientes al diseño de pavimentos necesario para garantizar la fase de inversión actual al mejoramiento del corredor en mención, definiendo los parámetros de las metodologías de diseño que tienen incidencia en el en el dimensionamiento de la estructura y la geometría de la vía, de tal manera que se cumpla con las especificaciones mínimas.

2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar características geotécnicas de la zona de estudio mediante exploración y muestreo en campo, y ensayos de laboratorio de mecánica de.

-Realizar análisis a los resultados de la capacidad por tante del suelo subrasante

- Realizar análisis al tránsito de diseño.

- Determinar diseño de estructura para pavimento y mejoramiento de la subrasante si es necesario.

-Determinar el diseño de estructura de pavimento flexible para los tramos indicados.

3. METODOLOGÍA

El desarrollo del estudio comprende:

- Reconocimiento y análisis del área de estudio y análisis de información preexistente.

- Inspección en campo.

- Exploración mediante apiques, ensayos para determinar CBR de la subrasante, muestreo y ensayos en laboratorio.

- Análisis de tránsito

- Diseño de estructura del pavimento y mejoramiento de la subrasante

- Elaboración de Informe final.

JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
INGENIERO CIVIL-UFPS
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS- UNIMINUTO
ESP. MSC. VIAS TERRESTRES, INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE- UPB

4. INFORMACIÓN GENERAL

4.1. Localización del proyecto

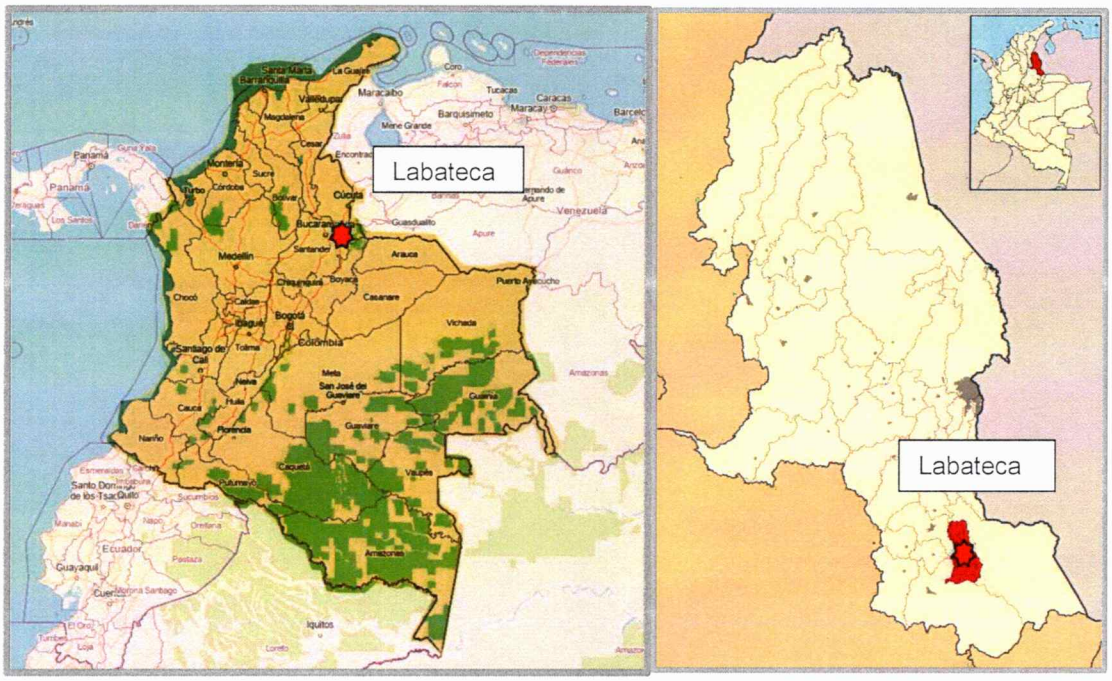
Labateca es un municipio de Norte de Santander, Colombia localizado sobre la Cordillera suroriental. Fundado en 1620, con una superficie de 253 km², Presenta una altitud de 1465 m.s.n.m. Su población en 2015 fue de 5867 habitantes. A distancia de 113 km de Cúcuta capital del departamento. La agricultura: café, maíz, plátano, arracacha, Caña panelera, cítricos, arveja y frijol. · La ganadería: Bovino, porcino, ovino y aves de corral.

La población adquirió la categoría de municipio en 1930. Al norte limita con los municipios de Toledo y Pamplonita, al sur con Chitaga, al este con Toledo y al oeste con Chitaga y Pamplona. Un gran parte del municipio (más de 2 mil hectáreas) forma parte del Páramo de Santurbán, fuente hídrica para Norte de Santander.

Bañado por las aguas de los ríos Culagá, Chitagá y Valegrá, es conocida por poseer hermosas cascadas como lo las de Siscatá, Lirgua, la Chorrera y Burgueña.

2868

Figura 1. *Ubicación vía que comunica al Puente La Cabuya con el casco urbano del municipio de Labateca.*





Fuente: Adaptado de Google Earth.

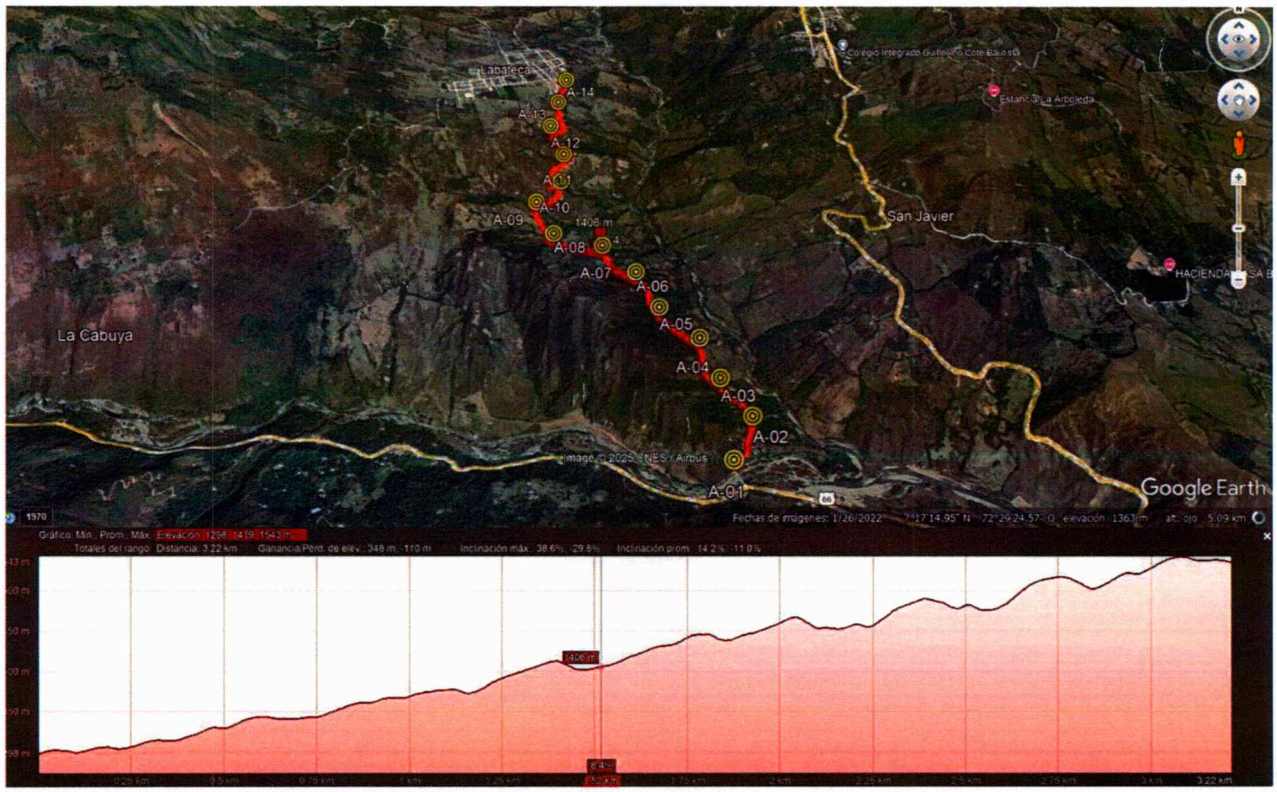
JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
INGENIERO CIVIL-UFPS
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS- UNIMINUTO
ESP. MSC. VIAS TERRESTRES, INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE- UPB

4.2 Información de la zona

Tabla 1. *Características de la Vía secundaria al casco urbano de Labateca*

CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA	
Clasificación:	Vía Secundaria
Longitud de la vía:	3075 ml
Tramo de estudio	VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA - Abscisa K0+000 al Abscisa K3+075.05

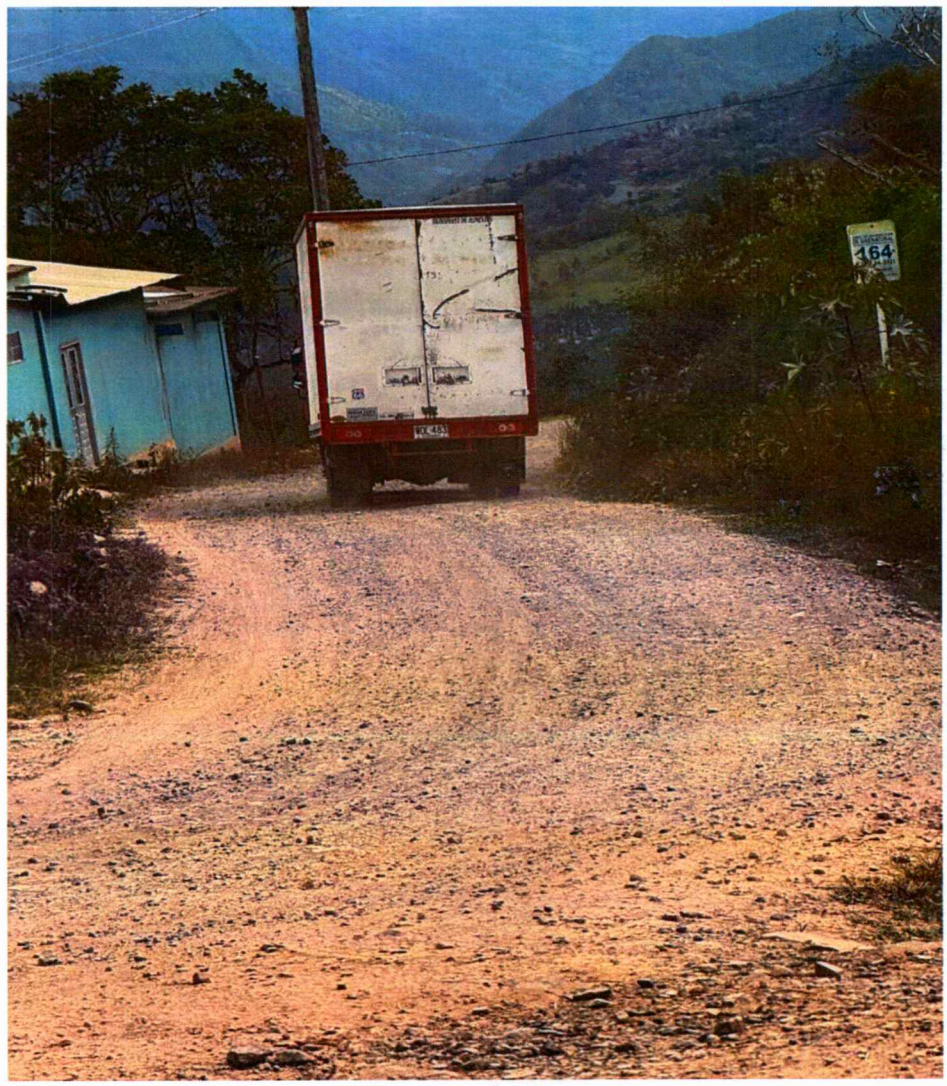
Figura 2. *Inclinación promedio del corredor vial en estudio*



Fuente: Adaptado de Google Earth.

Actualmente la rasante de la vía se encuentra terreno natural y algunos sectores con agregado o recebo, con muchos tramos en malas condiciones, sin ningún tipo de intervención duradera que permita el fácil y cómodo tránsito. Además, se observa la presencia de materia vegetal en la vía. Lo cual ha venido contribuyendo a su deterioro y reducción de ancho de calzada. El corredor vial en estudio tiene rango de altura de nivel entre 1298m.s.n.m hasta 1419 m.s.n.m con una pendiente promedio de 11% a 14.20%

Figura 3. *Zona de la Vía que comunica al casco urbano de Labateca desde el puente La cabuya*



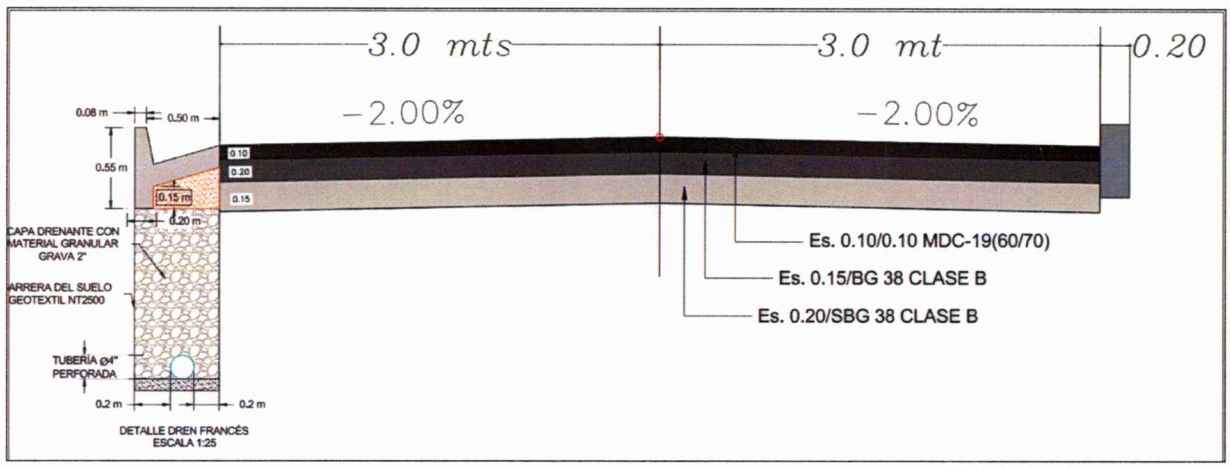
Fuente: Propia

2871

4.3 Descripción del proyecto

El alcance del contrato de consultoría contempla el diseño del mejoramiento del pavimento de la vía secundaria que comunica el casco urbano del municipio de Labateca desde el puente la cabuya, para una sumatoria total de mejoramiento de la vía de 3075 metros. El corredor actual se encuentra en material de suelo y algunas zonas con material transportado o afirmado desgastado por agentes ambientales y la carga al que ha sido sometido se ha visto afectado especialmente en épocas invernales, por tal razón en el tramo con mayor afectación se proyecta la construcción de placa huella, degradando el afirmado por erosión, con iguales efectos sobre la movilidad.

Figura 4. *Sección transversal de la vía de diseño*



Fuente: propia

4.4 Fuentes de información

El consultor recopiló información del suelo, por medio de muestras extraídas de apiques en campo para su clasificación, caracterización y determinación de la capacidad de soporte a cargas verticales, adicionalmente se inspeccionó el terreno donde se van a construir las estructuras del corredor rural. Al igual, se realizó una aproximación del comportamiento del tránsito en una semana, teniendo en cuenta las condiciones de la zona de estudio, el alcance del proyecto y demás transito adicional que se pueda generar por el impacto del proyecto a construir. Todo esto se realizó siguiendo el manual de diseño de pavimentos asfalticos en vías de medianos y altos volúmenes de tránsito de INVIAS (2015), el manual de diseño geométrico de carreteras de INVIAS (2008) y especificaciones técnicas de construcción de carreteras de INVIAS.

5. TRABAJO DE CAMPO

El presente capítulo contiene el análisis de geotecnia de pavimentos como parte de la consultoría para los estudios y diseños vía secundaria al casco urbano del municipio de Labateca desde el Puente la Cabuya, departamento Norte de Santander, en el cual, se describe la geotecnia representativa con base en los apiques y ensayos realizados a lo largo de los tramos.

Sobre las muestras extraídas se realizaron ensayos de laboratorio con el objetivo de caracterizar los materiales existentes, de igual manera, se realizaron ensayos de CBR para evaluar la calidad del suelo natural en donde se apoya la estructura del pavimento y la determinación de existencia de capas granulares. Se realizaron ensayos de campo de cono dinámico y apiques a cielo abierto a una profundidad de un metro, de los cuales se tomaron muestras para la realización de ensayos de laboratorio.

5.1 Zona de toma de muestras

Se llevó a cabo la toma de muestras y la identificación de la capacidad portante existente del suelo en la zona donde se realizara el mejoramiento del corredor vial que en la actualidad se encuentra en afirmado erosionado y suelo natural, como se muestra en las figuras 6, 7 Y 8, todo esto con el propósito de clasificar las muestras para determinar qué características contiene el suelo, al igual para la determinación del CBR, la cual es una variable fundamental para el diseño de la estructura del pavimento necesario para el tránsito entre la zona rural a urbana del municipio de Labateca.

La comisión encargada de recolectar las muestras y determinar el perfil actual del suelo a la profundidad determinada en donde estaría la estructura a construir, estuvo en campo realizando cuatro apiques para recolectar la muestra del suelo y realizar el ensayo del cono dinámico de penetración (PDC) para determinar el CBR del suelo natural.

Adicionalmente en la figura 5 se muestra la ubicación de la zona de estudio y los lugares donde se realizaron los apiques al suelo para la toma de muestras.

JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
INGENIERO CIVIL-UFPS
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS- UNIMINUTO
ESP. MSC. VIAS TERRESTRES, INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE- UPB

Figura 5. *Ubicación de la toma de muestras y apique*

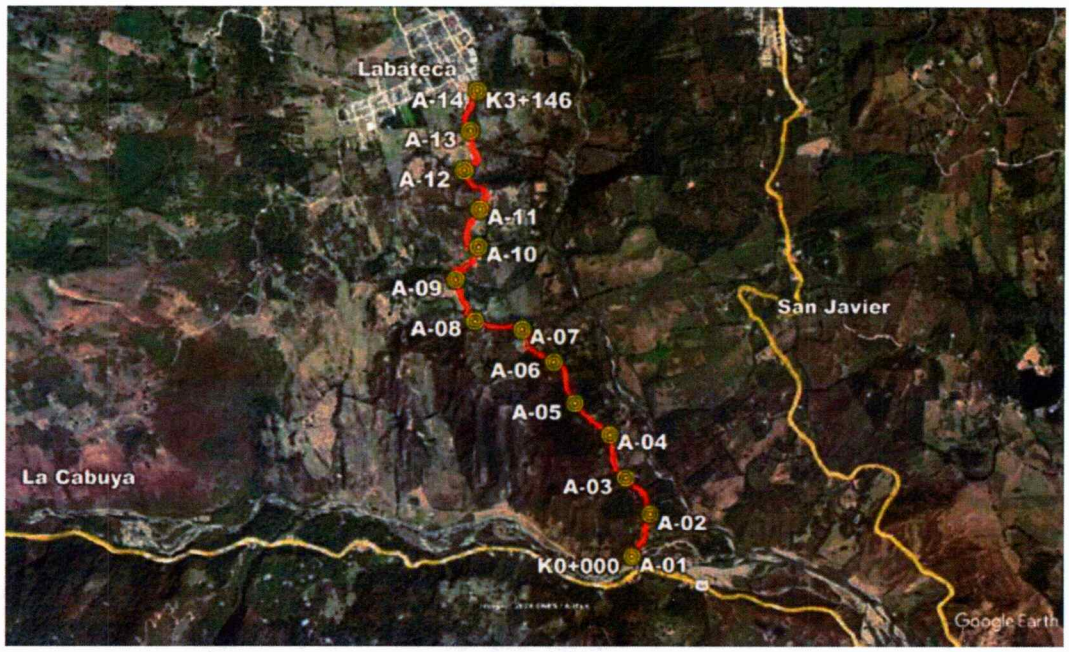
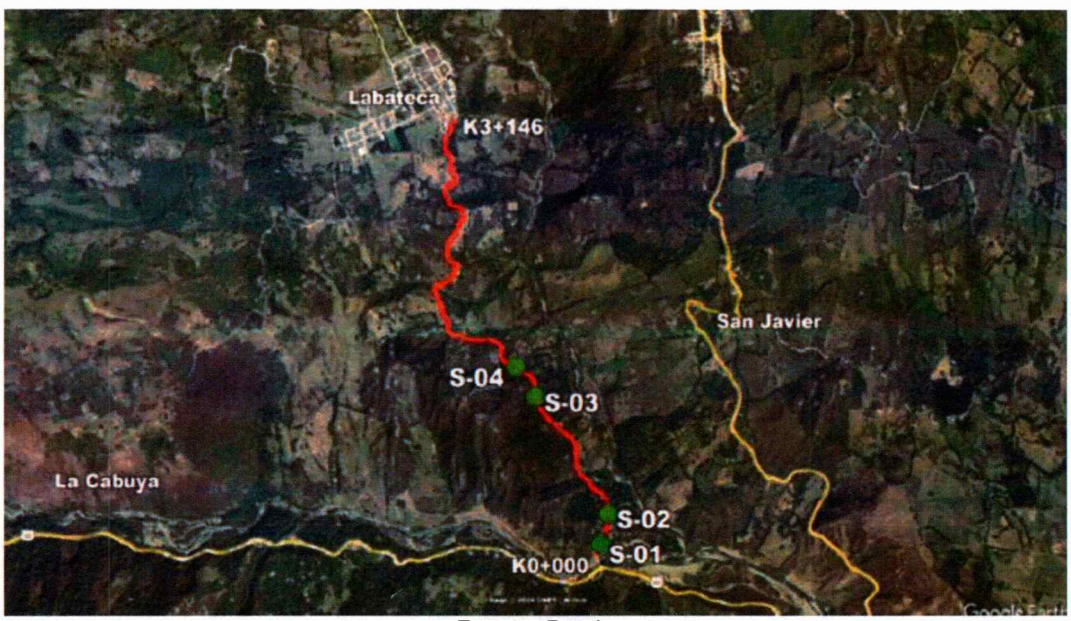


Figura 6. *Ubicación de la toma de muestras y apique*



Fuente: Propia

2874

Figura 7. *Comisión realizando toma de muestras al terreno*



Fuente: Estudio de suelos y geotecnia

Figura 8. *Comisión de realización de ensayo de PDC sobre el apique*



Fuente: Propia

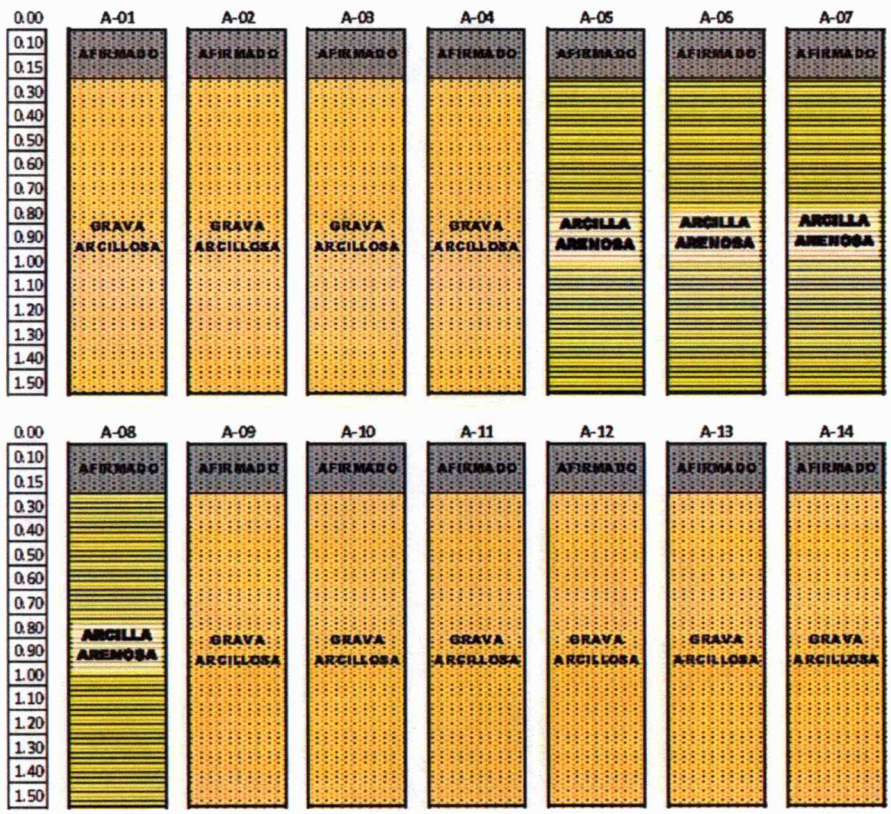
2075

5.2 Caracterización de la subrasante

Para caracterizar la subrasante se realizó con apiques hasta 1.50 cm de profundidad en el cual se tomaron muestras del terreno natural, donde se realizaron ensayos de laboratorio para su clasificacion y se identificó el perfil estatigrafico del suelo en donde estara situada la estructura de pavimento, como se muestra en las tablas 2 y 3, asi como el CBR por medio del ensayo de cono dinamico de penetracion.

Adicionalemnte, se mantuvo una misma matriz de suelo en el área de estudio, lo que varia es el estrato superficial con presencia en algunos tramos con pequeños espesores de material de mejoramiento en la superficie.

Tabla 2. Perfil del suelo predominante de la via de estudio



Fuente: Propia

En los apiques realizados se encontro en la parte superficial un material de grava arcillosa y grava arcillosa en algunos tramos hasta 1.5 ml de profundudad. Los suelos de subrasante de la zona están compuestos por depósitos de gravas en una matriz arcillo arenosa con bloques de hasta 4 pulgadas y arcillas arenosas de mediana plasticidad. Como rodadura existe una capa de afirmado granular de 15 cm de espesor medio. En todos los apiques a la diferencialidad del suelo hallado se tomaron muestras y se le realizaron ensayos para la determinacion de sus caracteristicas.

5.2.1. Ensayos de caracterización

Se realizaron ensayos de humedad, granulometría, límite líquido y plástico a las muestras tomadas en el terreno donde se construirá los tramos de pavimento asfáltico en la vía que comunica al casco urbano de Labateca desde el puente la Cabuya, departamento de Norte de Santander, para determinar su clasificación y caracterización física, así como se muestra en la tabla 3, donde se resumen los resultados.

Tabla 3. *Resumen de la caracterización del suelo natural*

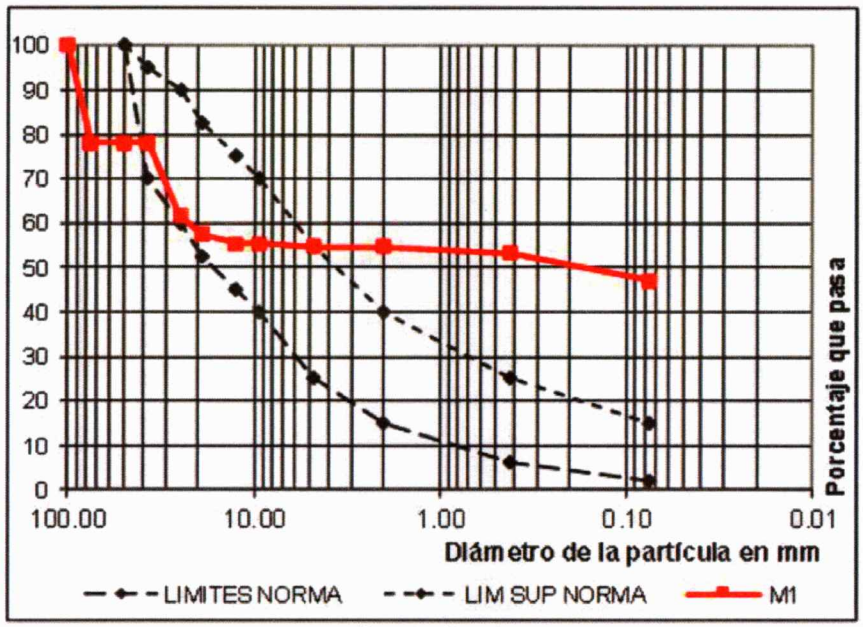
Abscisa	Apique No.	Mtra. No.	Litolo-gía	Hum. a la Prof.				LL. %	I.P. %	Granulometría % pasa				Indice de grupo	Clasificacion		Nivel Freático	CBR		
				%	Mts					No.4	No.10	No.40	No.200		AASHTO	USC	Mts	CBR %	Exp. %	PDC mm/golpe
SUBRASANTE GRAVO ARCILLOSA		Mínimo		6.38	-	-	-	29.80	10.13	47.03	47.03	45.46	39.32	1	A-6	GC	-	5.05	0.15	16.40
		Promedio		7.27	-	-	-	31.29	10.72	50.69	50.54	49.25	43.16	1	A-6	GC	-	5.48	0.19	18.35
		Máximo		7.66	-	-	-	32.70	11.38	56.54	55.83	54.56	48.55	2	A-6	GC	-	6.03	0.25	21.00
SUBRASANTE ARCILLOSA		Mínimo		11.79	-	-	-	30.08	10.41	100.00	100.00	97.05	84.83	8	A-6	CL	-	2.43	0.39	30.00
		Promedio		12.88	-	-	-	31.72	12.30	100.00	100.00	97.64	86.22	10	A-6	CL	-	2.67	0.45	32.23
		Máximo		13.46	-	-	-	32.60	14.22	100.00	100.00	98.09	87.19	11	A-6	CL	-	2.87	0.49	35.00

Fuente: Propia

El tipo de suelo encontrado en las muestras tomadas en los apiques en el área de intervención del corredor vial secundario en proyección. Se clasifica como A-6, lo que indica que es una de gravas en una matriz arcillo arenosa. El comportamiento de la granulometría se aprecia en la figura 9 y el de los limites en la figura 10.

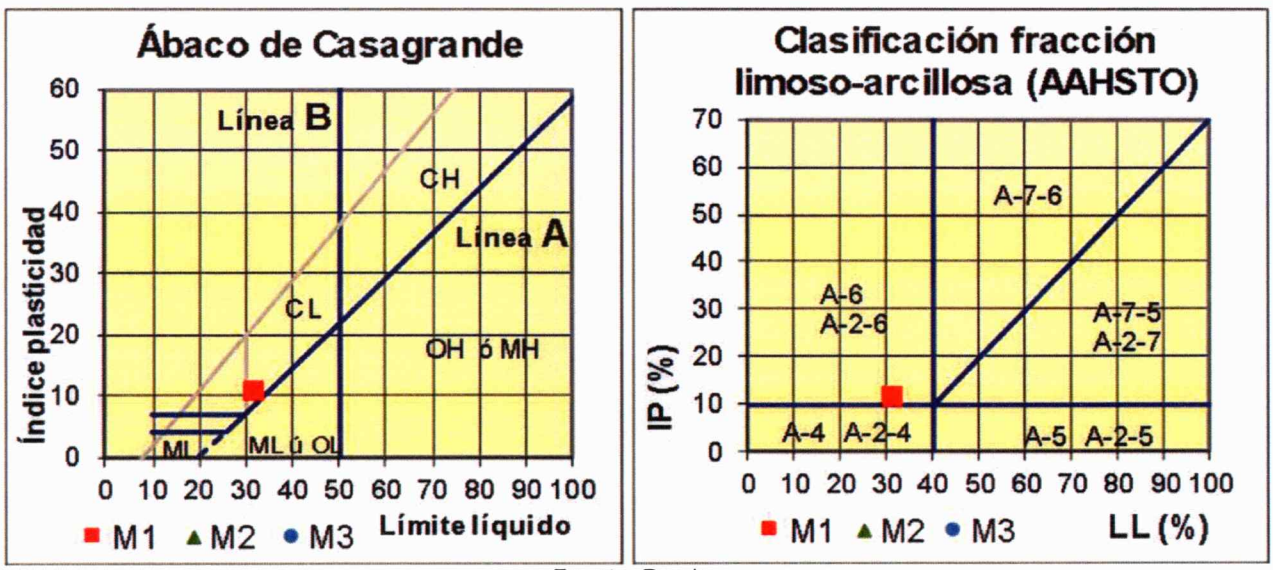
2877

Figura 9. Curva granulometría del suelo presente en las vías de estudio



Fuente: Propia

Figura 10. Gráfica del comportamiento de límite líquido del material del suelo



Fuente: Propia

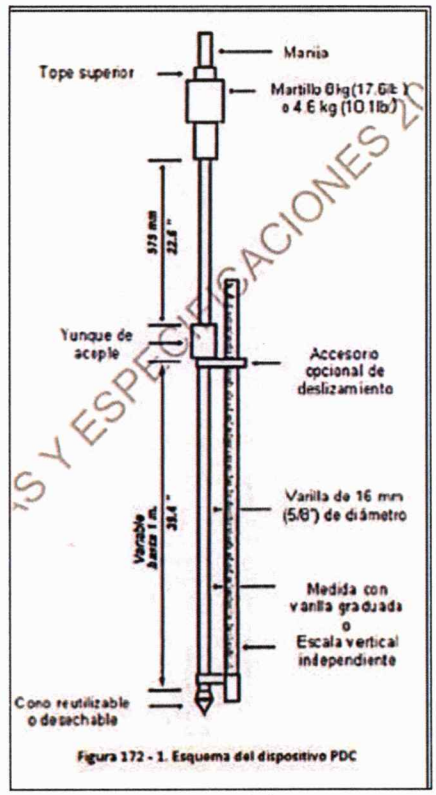
2878

5.2.2. Ensayos de cono dinámico de penetración

Se realizaron ensayos de PDC, con el objeto de identificar el CBR de la estructura de pavimento del tramo de estudio. A continuación, se describe brevemente el método del ensayo.

El operador dirige la punta del PDC dentro del suelo, levantando el martillo deslizante hasta la manija y soltándolo para que caiga libremente hasta golpear el yunque. La penetración total para un determinado número de golpes es medida y registrada en términos de milímetros por golpe, valor que se usa para estimar la rigidez, para estimar un valor de CBR in-situ a través de una correlación apropiada.

***Figura 11**. Esquema equipo PDC*



Fuente: Norma de ensayos de materiales para carreteras de INVIAS

Este ensayo, se usa para evaluar la resistencia in-situ de suelos inalterados y/o materiales compactados. La rata de penetración el PDC, se puede utilizar para estimar el CBR in-situ; para

identificar los espesores de las capas; así como para estimar la resistencia al corte de las capas y otras características de los materiales que las constituyen.

Los ensayos realizados de DCP, a lo largo del corredor de estudio, nos permiten calificar la calidad de las diversas capas que constituyen el actual pavimento. Se obtuvieron de DCP superiores a 23.70 mm/golpe lo que las califica como capas de condiciones medianamente densa según la siguiente tabla de correlación de la ASTM.

Tabla 4. *Relaciones para valores obtenidos con el DCP normado por ASTM*

Materiales Arenosos			
Descripción	*Densidad Relativa de Burmister (%)*	*SPT saturado N (golpes/300mm)*	*DCP (mm/golpe)*
Muy suelta	-	< 4	> 76
Suelta	0 - 40	4 - 10	31 - 76
Medianamente densa	40 - 70	10 - 30	13 - 31
Densa	70 - 90	30 - 50	5 - 13
Muy densa	90 - 100	> 50	2 - 5
Materiales Arcillosos			
Descripción	*Cohesión (kPa)*	*SPT saturado N (golpes/300mm)*	*DCP (mm/golpe)*
Muy suave	< 18	< 2	> 112
Suave	18 - 36	2 - 4	56 - 112
Firme	36 - 72	4 - 8	31 - 56
Consistente	72 - 144	8 - 15	15 - 31
Muy consistente	> 144	15 - 30	7 - 15

Fuente: Adoptado de ASTM

2860

5.2.3. Ensayos de CBR (Californian Bearing Ratio) (INVE 148-13)

Adicionalmente, se realizó CBR de laboratorio de las muestras alteradas extraídas de en los apiques al suelo, las cuales se sumergieron 4 días en una condición de saturación, se determinó que el CBR varía entre 2.59% a 5.41% dependiendo de la profundidad del suelo, como se muestra en la tabla 5, donde se encuentran los resultados de las pruebas realizadas al suelo para el mejoramiento de la vía que comunica al casco urbano del municio de Labateca, en el departamento de Norte de Santander.

Tabla 5. *Variación del CBR de las pruebas realizadas*

Tramo	Apique	Clasificación del suelo		CBR (%)				Expansión
		USC	AASHTO	0.1"	0.2"	CBR	Promedio	(%)
K0+000 A K0+750	A-01	GC	A-6	5.22	5.29	5.29	5.22	0.19
	A-02	GC	A-6	5.14	5.49	5.49		0.21
	A-03	GC	A-6	4.78	5.05	5.05		0.16
	A-04	GC	A-6	5.36	5.24	5.36		0.18
K1+000 A K1+750	A-05	SC	A-6	2.65	2.79	2.79	2.59	0.44
	A-06	SC	A-6	2.57	2.55	2.57		0.49
	A-07	SC	A-6	2.43	2.35	2.43		0.46
	A-08	SC	A-6	2.87	2.84	2.87		0.39
K1+2000 A K3+146	A-09	GC	A-6	6.03	5.98	6.03	5.41	0.21
	A-10	GC	A-6	5.73	5.68	5.73		0.17
	A-11	GC	A-6	5.51	5.68	5.68		0.15
	A-12	GC	A-6	4.92	5.19	5.19		0.20
	A-13	GC	A-6	5.88	5.78	5.88		0.25
	A-14	GC	A-6	5.14	5.10	5.14		0.21

Fuente: Propia

5.3. Determinación del CBR de diseño

Teniendo en cuenta los resultados de la exploración en campo y lo obtenido con los ensayos de PDC, se calcula el CBR de diseño que es un parámetro fundamental para el diseño de la estructura en placa huella y mejoramiento del terreno actual. Se realiza teniendo en cuenta el percentil de

JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
INGENIERO CIVIL-UFPS
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS- UNIMINUTO
ESP. MSC. VIAS TERRESTRES, INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE- UPB

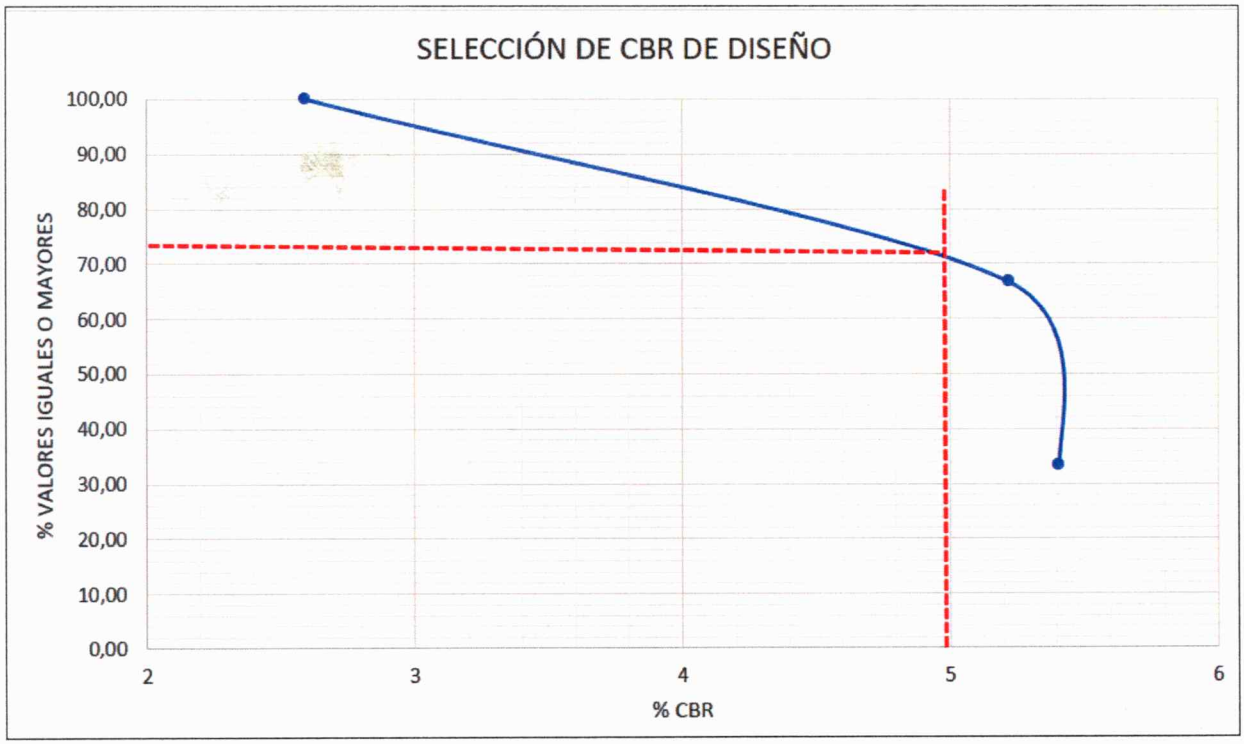
diseño en relación con los ejes equivalentes de 8,2 toneladas que transitaran sobre la vía. Para este caso, somo se tiene una vía de tráfico bajo se obtuvo en el estudio de tránsito 653.821 ejes equivalentes lo que significa que se encuentran en el rango de 10^4-10^6 ejes.

Tabla 6. *Determinación del CBR% de Diseño*

NUMERO DE EJES DE 8,2 TON EN EL CARRIL DE DISEÑO	PERCENTIL PARA SELECCIONAR PARA DETERMINAR EL CARRIL DE DISEÑO
$\leq 10^4$	60,0
10^4-10^6	75,0
$\geq 10^6$	87,5

Fuente: Instituto del Asfalto. Thicknees design-Asphall pavements for higways and streets. Manual series No. 1 Novena Edición. Lexinton. 2006. P.2

Figura 12. *Selección del CBR de diseño*



Fuente: Propia

2887

Se adopta como CBR de diseño el percentil 75% que corresponde a un CBR de 5.00%, para el tramo de la vía en estudio, lo que significa que es una subrasante tipo S3, según lo establecido en el manual de diseño de pavimentos asfalticos en vías de medianos y altos volúmenes de tránsito de INVIAS (2015), teniendo en cuenta que es una capacidad portante cerca a la mínima según lo indicado en la cartilla, no se establece espesor de mejoramiento para el corredor en estudio.

6. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE TRÁNSITO Y DIAGNOSTICO

6.1. METODOLOGÍA

A partir de la recopilación de la información tanto primaria como secundaria, se procede a detallar y a realizar el análisis de los resultados obtenidos, encontrando el Tránsito Promedio Diario (TPD) queindicarán los niveles de tránsito vehicular existente y partir de éste lograr proyectar el tránsito futuro. A continuación, se determina el espectro de carga para ser usado en el diseño de la estructura de pavimento convencional de la vía (Rígido y Flexible), así mismo, se determina el vehículo de diseño, la carga máxima del tránsito mediante el cálculo de ejes equivalentes, si dentro del desarrollo de los diseños se considera pertinente y finalmente se realizan las conclusiones más relevantes y a ser tenidas en cuenta para desarrollar el proyecto.

6.2. Recopilación y detalle de la información existente en la zona – información secundaria

Como parte del desarrollo del proyecto se ha efectuado un levantamiento de información secundariade varias fuentes, incluida la información de la misma secretaría de Infraestructura del Departamento de Norte de Santander (otros estudios, términos de referencia y de estudios previos), donde se ha podido obtener identificación de los corredores, así como la información obtenida a través de portales de información libre de entidades estales de orden nacional (DANE, IDEAM, INVIAS), igualmente la información disponible de páginas enciclopédicas en la web. Esta información es usada para lograr identificar la necesidad de toma de información primaria dando un primer acercamiento del proyecto.

2884

6.2.1. Investigación de campo

Con base en lo analizado en esta fase y una visita previa al corredor en estudio para logar una aproximación a las condiciones existentes en el sector y ser llevadas a cabo averiguaciones con los moradores y usuarios, relacionadas con los días de mayor circulación vehicular, se determinó la realización de siete conteos manuales, abarcando una semana consecutiva, en un tramo de la vía en el que el conteo no fuera afectado por desvíos o flujos anormales.

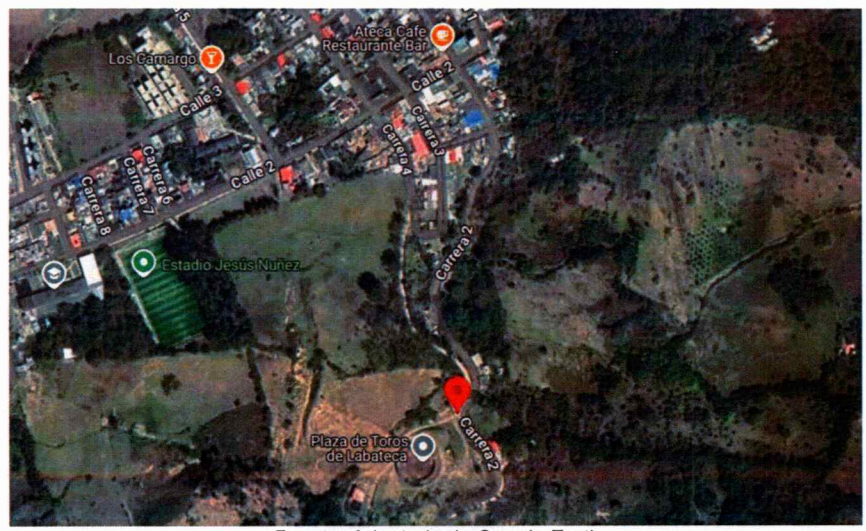
El trabajo de campo fue realizado los días 9, 10, 11, 12 y 13 de diciembre del 2024. Los trabajos de campo fueron coordinados para realizar los aforos vehiculares, determinando que los conteos se realizaronentre jueves y domingo.

6.2.2. Toma de información primaria

La información primaria para poder estimar el tránsito que circula sobre el tramo vial vía que comunica las estimar el tránsito que circula sobre el tramo vial para mejoramiento desde el puente La Cabuya hasta el acceso urbano del municipio de Labateca, en el departamento de Norte de Santander, se obtuvo a través de la realización de conteos manuales en la vía.

La estación de aforo se instaló en un sitio estratégico donde se logrará establecer el transito principal que circula por el corredor, sin significativas perdidas por desvíos o intersecciones.

Figura 13. *Ubicación de la estación de aforo*



Fuente: Adaptado de Google Earth

6.3. Periodos de aforo

Teniendo en cuenta la cantidad de flujo vehicular, se realizó conteos durante cinco 5 días típicos (lunes a viernes) registrando el flujo vehicular en ambos sentidos por tipo de vehículos durante 9 horas continuas durante una semana. Se descarta los días atípicos sábado y domingo, toda vez que el transito promedio del corredor es muy bajo en estos días. Así mismo, todos los conteos se realizaron a de 7:00 a.m. a 4:00 p.m. A continuación, se registran las jornadas en las que se realizaron estos aforos:

Tabla 7. *Tablas de aforo*

No. REGISTRO	CORREDOR VIAL	FECHA	DURACIÓN	UBICACIÓN
1	Vía secundaria Puente La Cabuya – Casco urbano (Labateca, Norte de Santander)	Lunes 09 de diciembre de 2024	9 horas (7:00 am a 4:00 pm)	Puesto Único: 7°17'44.0"N 72°29'37.9"W
2	Vía secundaria Puente La Cabuya – Casco urbano (Labateca, Norte de Santander)	Martes 10 de diciembre de 2024	9 horas (7:00 am a 4:00 pm)	Puesto Único: 7°17'44.0"N 72°29'37.9"W
3	Vía secundaria Puente La Cabuya – Casco urbano (Labateca, Norte de Santander)	Miércoles 11 de diciembre de 2024	9 horas (7:00 am a 4:00 pm)	Puesto Único: 7°17'44.0"N 72°29'37.9"W
4	Vía secundaria Puente La Cabuya – Casco urbano (Labateca, Norte de Santander)	Jueves 12 de diciembre de 2024	9 horas (7:00 am a 4:00 pm)	Puesto Único: 7°17'44.0"N 72°29'37.9"W
5	Vía secundaria Puente La Cabuya – Casco urbano (Labateca, Norte de Santander)	Viernes 13 de diciembre de 2024	9 horas (7:00 am a 4:00 pm)	Puesto Único: 7°17'44.0"N 72°29'37.9"W

Fuente: Elaboración estudio de tránsito.

6.3.1 Tipos de vehículos registrados

Los vehículos analizados para el presente estudio fueron los reconocidos por el INVIAS, los cuales se encuentran clasificados a continuación:

Tabla 8. *Clasificación de vehículos de conteo*

Tipo A: Autos	Tipo B: Buses	Tipo C: Camiones
Automóviles, camperos, camionetas, y microbuses	Busetas y buses	*Camiones de dos ejes sencillos:* Pequeños (C2P) o grandes (C2G)
		Camiones de Tres ejes, C3: C2S1
		Camiones de Cuatro ejes, C4: C2S2, C3S1
		Tracto-camión de Cinco ejes, C5: C3S2
		Tracto-camión de más de Cinco ejes, >C5:

2836

		C3S2

Fuente: Elaboración estudio de tránsito.

6.3.2 Cálculo del Transito Total para diseño

Con los criterios desarrollados con anterioridad, se evalúa el tránsito proyectado que se presentará en la vía Puente La Cabuya – Labateca.

$$T_{TOTAL} = 214\ veh/dia\ + (214 * 0.10) + (212 * 0.03)$$
$$T_{TOTAL} = 210 + 21.4 + 6.36$$
$$T_{TOTAL} = 241.56 \sim 242\ veh/dia$$

Se tiene entonces que el $TPD_{DISEÑO}$ en el año base (2022) es igual a 242 veh-mix/día.

6.4 Estimación del número de ejes equivalentes para diseño

Para la estimación del número de ejes equivalentes para el diseño de la estructura del pavimento se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

6.4.1. Factores para estimar el tránsito de diseño

Para el cálculo de ejes acumulados con el eje patrón de 8,2 toneladas se tuvo en cuenta lo siguiente:

6.4.1.1. *Periodo de diseño, n:*

Como se ha mencionado en incisos anteriores, el periodo de diseño adoptado para el presente estudio es de 20 años.

6.4.1.2. *Tasa de crecimiento anual, r:*

Tal como se justificó durante la estimación de la tasa anual de crecimiento, el porcentaje adoptado para el presente estudio fue del 3.60%.

6.4.1.3. *Ancho de calzada:*

El ancho de calzada de la vía es de cinco (6) metros.

6.4.1.4. *Factor de Distribución direccional, Fd:*

Para la vía que comunica desde el Puente La Cabuya hasta el casco urbano del municipio de Labateca, en el departamento Norte de Santander, se considera que la circulación va en las dos direcciones con un ancho de la calzada promedio mayor o igual a 5 metros. Para el cálculo

del tránsito equivalente por carril de diseño, se debe determinar la distribución porcentual de vehículos pesados de acuerdo con las características particulares de las condiciones de tránsito en la vía en estudio. Mediante observación, se adopta la distribución direccional (Fd) de los vehículos del 50% en cada dirección.

Posteriormente, se corrige el número de vehículos comerciales en cada dirección por un factor de distribución por carril (Fca) en función del número de carriles en cada sentido, para lo cual se toma como referencia la siguiente tabla sugerida por la AASHTO.

Tabla 9. *Factor de distribución por carril*

Número total de carrilesen cada dirección	Factor de distribución para elcarril de diseño (Fca)
1	1.0
2	0.90
3	0.75

Fuente: Tomado de recomendaciones de diseño del método AASHTO.

Así pues, el factor direccional sería igual a:

$$Fd = 0.5 * 1 = 0.5 = 50\%$$

6.4.1.5. *Confiabilidad:*

Recordando que se está manejando un nivel de confiabilidad para la información captada en campo para este estudio con respecto a la información real del tránsito del corredor vial igual al 80%.Corresponde para este caso un parámetro Zr con valor igual a 0.842, de acuerdo a las condiciones planteadas en la Tabla 11.

6.4.1.6. *Factor de Daño, FD:*

Los factores de daño se indican en la tabla expuesta a continuación, y serán los que se deberán aplicar para calcular los ejes equivalentes de 80 kN.

Los Factores de Daño (FD) indicados son el resultado del análisis de las cargas por eje de aproximadamente trescientos mil vehículos evaluados en los operativos de pesaje realizados por elInvias en las vías a su cargo durante el período 2000-2006.

2884

Tabla 10. *Factor daño por tipo de vehículo*

Tipo de vehículo	Factor de daño (FD)	
	Vacío	Cargado
Autos		0.0
Bus grande		1.0
C2p	0.01	1.01
C2g	0.08	2.72
C3-C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

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

Así pues, el factor de daño especificado en la tabla anterior será tenido en cuenta para la mayoración de cada composición porcentual de tipo de vehículos a la hora de calcular el número de ejes equivalente.

6.4.1.7. *Composición de los vehículos comerciales:*

Para el año base (año 0 = 2022) del Transito promedio diario de diseño, se compone tal que así:

Tabla 11. *TPD Diseño*

AÑO		$TPD_{DISEÑO}$							
		Tipo A	Tipo B	Tipo C					$TPD_{DISEÑO}$
ID	AÑO	Autos	Buses	C2P	C2G	C3	C2S1	C4	
0	2024	58.13%	9.36%	48,22%	4.29%	0,00%	0,00%	0,00%	100%

6.4.2. Cálculo del número de ejes equivalentes para el carril de diseño en el año base

Partiendo del método propuesto en el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito del Invias para la determinación del número de ejes equivalente para el carril de diseño para el caso 2, es decir, cuando no existe serie histórica de tránsito; se conoce que:

$$N_{80\text{kN carril de diseño,año base}} = 365_{\text{dias/año}} * [\Sigma(Vehiculos\ comerciales_{\text{dia/ambas direcciones}} * \%V_{\text{ki}} * FD_{\text{k}})] * Fd$$

$$\text{i=1}$$

De esta forma se puede calcular que:

$$N_{80kN\ carril\ de\ diseño,año\ base} = 365_{dias/año} * [(242 * 0{,}009 * 1{,}00) + (242 * 0{,}757 * 1{,}01) + (242 * 0{,}154 * 2{,}72)] * 0{,}5$$

$$N_{80kN\ carril\ de\ diseño,año\ base} = 33473$$

2889

6.4.3. Cálculo del número de ejes equivalentes en el carril de diseño durante el período dediseño con el nivel de confianza dado

Partiendo del método adoptado, se conoce que:

$$N_{80kN\ carril\ de\ diseño,} = N_{80kN\ carril\ de\ diseño,acumulado} * (10^{0.05Zr})$$

De esta forma se puede calcular que:

$$N_{80kN\ carril\ de\ diseño,} = 1436840 * (10^{0.05*0.842}) = 653821$$

Se puede concluir que de acuerdo con el Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con medianos y altos volúmenes de tránsito del Invias, este corredor vial se clasifica con un nivel de tráfico T2 de bajos volúmenes por lo que se recomienda tener en cuenta sus criterios de diseño establecidos en el caso en que se opte por proyectar un mejoramiento con pavimentos asfalticos.

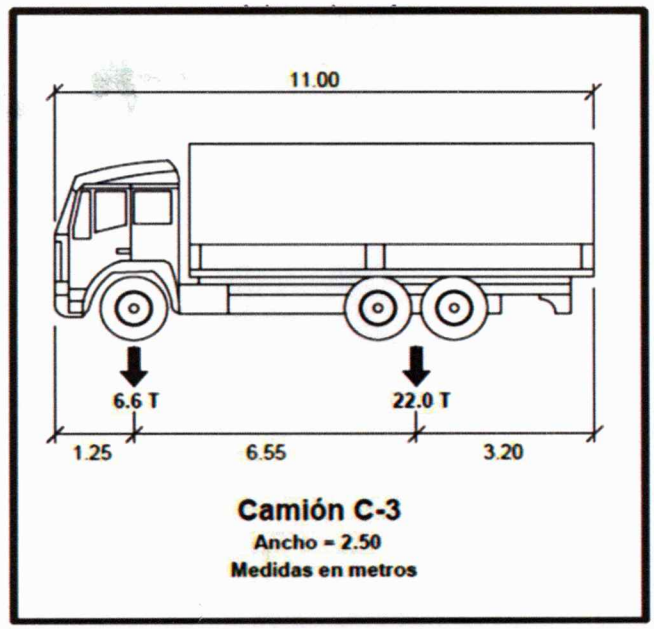
2890

6.4. VEHÍCULO DE DISEÑO PARA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

De acuerdo con el resultado del aforo realizado, permite determinar durante la totalidad de la vía existe un amplio predominio la utilización de la motocicleta para su desplazamiento, lo que la convierte en el vehículo de mayor uso, alcanzando un 90% de la participación.

Por otra parte, encontramos que durante los días de aforo no se presentó la circulación de Camión C3. Sin embargo, se evidencio un alto tránsito de vehículos C2 con el estado actual de la vía, pero cuando se realice el mejoramiento el transito atraído podría generar una evolución de la carga en el corredor, por tanto teniendo en cuenta un factor de seguridad en el diseño de la carga, se estima que a futuro podrá circular un mínimo tránsito de vehículos tipo C3, esto nos determina la selección del VEHÍCULO DE DISEÑO para el diseño del pavimento, ya que su peso y dimensiones es determinante en el diseño de estructuras de puentes, pontones yplaca-huella, en el caso de tener este tipo de estructuras, así mismo el diseño de la geometría si sereplantea o aplica alguna rectificación.

Figura 14. *Ilustración camión C-3*



Fuente: Guía de Diseño de Pavimento con Placa Huella (INVIAS)

2891

7. DISEÑO DE ESTRUCTURA

En todo diseño de pavimentos existen variables de primer orden para el proceso de cálculo y análisis del espesor de toda estructura; entre las principales variables a tener en cuenta se tienen el tránsito, condiciones de tipo de Subrasante y topografía. A continuación, se expresan los valores descritos en líneas anteriores a partir de los cuales se procede al cálculo de la estructura de pavimento para el área de estudio. Se tiene que el terreno natural es apto para la instalación de la estructura tipo propuesta por INVIAS.

Tabla 12. *Resumen datos estudios de tránsito y suelos tramo de estudio*

Nivel de transito	CBR (DISEÑO)	CLASIFICACIÓN SUBRASANTE
NT2< (653821 EE 8.2 Ton)	5.00%	S3

Fuente: Propia

7.2. Diseño de pavimento asfáltico

Para efectos del diseño de la estructura de pavimento flexible se realizó un pre-dimensionamiento de la estructura por el método utilizó por medio del método de AASTHO 93, así mismo se hizo una comprobación final del diseño del pavimento por medio del método racional de pavimentos, en el cual se buscó la estructura admisible para los esfuerzos de tensión y compresión que sería sometido el pavimento en el tiempo de diseño estipulado.

7.2.1 VARIABLES DE DISEÑO QUE INTERVIENEN EN EL MODELO AASHTO-93

La metodología AASHTO-93 para diseño de pavimentos asfalticos emplea un modelo o ecuación a través de la cual se obtiene el parámetro denominado número estructural (SN) el cual es fundamental para la determinación de los espesores de las capas que conforman el pavimento las cuales son la capa asfáltica, la capa de base y la capa de subbase. Como se dijo anteriormente, esta ecuación está en función de unas variables de diseño tales como el tránsito, la desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad entre otros.

2892

A continuación, se presenta la ecuación indicando el significado de cada variable o parámetro involucrado:

Ecuación 1. Cálculo Número estimado de ejes equivalentes de 8.2 ton

$$Log(W) = ZR\,.So + 9{,}36.Log(SN+1) - 0.20 + \frac{Log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40+\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2{,}32.Log(MR) - 8.07$$

Fuente: Ecuación 13.14 Pavimentos: Materiales, construcción y diseño (2015)

Dónde:

W: Número estimado de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el período de diseño.

ZR: Desviación estándar normal

So: Error estándar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento estructural

ΔPSI: Diferencia entre índice de servicio inicial y final

MR: Módulo resiliente (en libras/pulgada2)

SN: Número estructural

De la ecuación 3 se obtiene el valor del número estructural (SN) para luego determinar un conjunto de capas cuyos espesores (Di) igualen o superen el número estructural calculado (SN) a partir del módulo resiliente de la subrasante. La ecuación 4 es función del coeficiente estructural (ai), el cual se define como la relación empírica entre el número estructural (SN) y el espesor de la capa (Di). También se define como la capacidad del material para funcionar como un componente estructural del pavimento.

Ecuación 2. Cálculo número estructural

$$SN = a1.D1 + a2.m2.D2 + a3.m3.D3$$

Fuente: Pavimentos: Materiales, construcción y diseño (2015)

Dónde:

a_i: Coeficiente estructural de la capa i.

2893

D_i: Espesor de la capa i en pulgadas.

m_i: Coeficiente de drenaje de la capa i.

Para la obtención del coeficiente estructural de la mezcla asfáltica (a1), se emplea la Figura 17 la cual es función del módulo de la mezcla asfáltica en libras/pulgada^2. Entrando a la Figura 18 con el valor del módulo se obtiene el coeficiente de aporte estructural a1 correspondiente a la capa de material asfáltico.

- **Periodo de diseño:**

Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo razonable. **Periodo de diseño: 20 años.**

Tabla 13. Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera.

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado.	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado.	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito.	**15 – 25**
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava.	10 – 20

Fuente. AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

- **Índice de serviciabilidad:**

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1:

2894

Índice de Serviciabilidad (PSI).	Calificación.
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

Fuente. ASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de $p_o = 4,2$.

El índice de servicio final pt representa al índice más bajo capaz de ser tolerado por el pavimento, antes de que sea imprescindible su rehabilitación mediante un refuerzo o una reconstrucción. El valor asumido depende de la importancia de la carretera y del criterio del proyectista, se sugiere para carreteras de mayor tránsito un valor de $p_t \geq 2,5$ y para carreteras de menor tránsito $p_t = 2,0$.

Índice de servicio inicial $p_o = 4.2$

Índice de servicio final $p_t = 2.0$

- **Nivel de confianza y desviación estándar:**

El nivel de confianza es uno de los parámetros importantes introducidos por la AASHTO al diseño de pavimentos, porque establece un criterio que está relacionado con el desempeño del pavimento frente a las solicitaciones exteriores. La confiabilidad se define

2895

como la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida de proyecto, bajo las solicitaciones de carga e intemperismo, o la probabilidad de que los problemas de deformación y fallas estén por debajo de los niveles permisibles. Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de cada una de las capas y el tránsito de diseño pronosticado.

Tabla 14. Valores Del Nivel De Confianza R

De Acuerdo Al Tipo De Camino.

Tipo de camino.	Zonas urbanas.	Zonas rurales.
Autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Carreteras de primer orden	80 – 99	75 – 95
Carreteras secundarias	**80 – 95**	**75 – 95**
Caminos vecinales	50 – 80	50 – 80

Fuente. AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Tabla 15. Factores de Desviación Normal.

Confiabilidad	Z_R	Confiabilidad	Z_R
50	0	92	-1,405
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	**-1,282**	99	-2,327

Fuente: Guía para el Diseño y la Construcción de Pavimentos Rígidos

Ing. Aurelio Salazar Rodríguez, 1998.

El rango de desviación estándar sugerido por AASHTO se encuentra entre los siguientes Valores:

$$0{,}40 \leq So \geq 0{,}50$$

2896

Nivel de confianza (ZR) = -1.282

Desviación estándar (So) = 0.45

- **Coeficiente de drenaje Cd:**

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros: la capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, en el transcurso del año. Dicho porcentaje depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje, la AASHTO define cinco capacidades de drenaje, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 16. Capacidad del Drenaje.

Calidad del Drenaje.	Tiempo que tarda el agua en ser Evacuada.
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2397

Tabla 17. Valores mi para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Sub-bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menos del 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1.20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1.00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0.80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0.60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0.40

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

- **Relación C.B.R. – Módulo de Resiliencia:**

Con los valores del CBR se pueden obtener los módulos resilientes utilizando las relaciones siguientes:

Modulo Resiliente Subrasante:

CBR < 15% (Shell).

MR (MPa) = 10 * CBR = 10 * 5 = **50 Mpa.**

MR (psi) = 1500 * CBR = 1500 * 5 = **7500 psi.**

Modulo Resiliente Subbase:

Especificaciones del material:

Tabla 18. Uso típico de las diferentes clases de subbase granular.

Clase de subbase granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

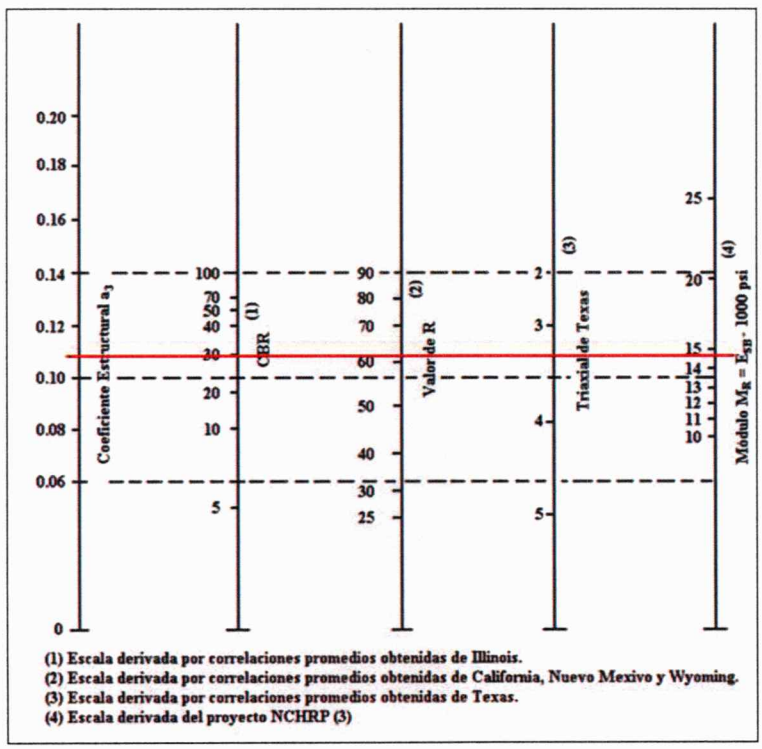
2898

Tabla 19. Requisitos de los agregados para subbases granulares.

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos sulfatos indicados.

Tabla 20. Ábaco para estimar el número estructural de la sub-base granular "a3".



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2899

Numero estructural Subbase – clase B (a_3) = 0.11

$a_3 = 0.058 * CBR^{0.19} = 0.058 * 30^{0.19} = 0.11$

modulo resiliente subbase – Clase B = 14670 psi

Modulo Resiliente Base:

Especificaciones del material:

Tabla 21. Uso típico de las diferentes clases de base granular.

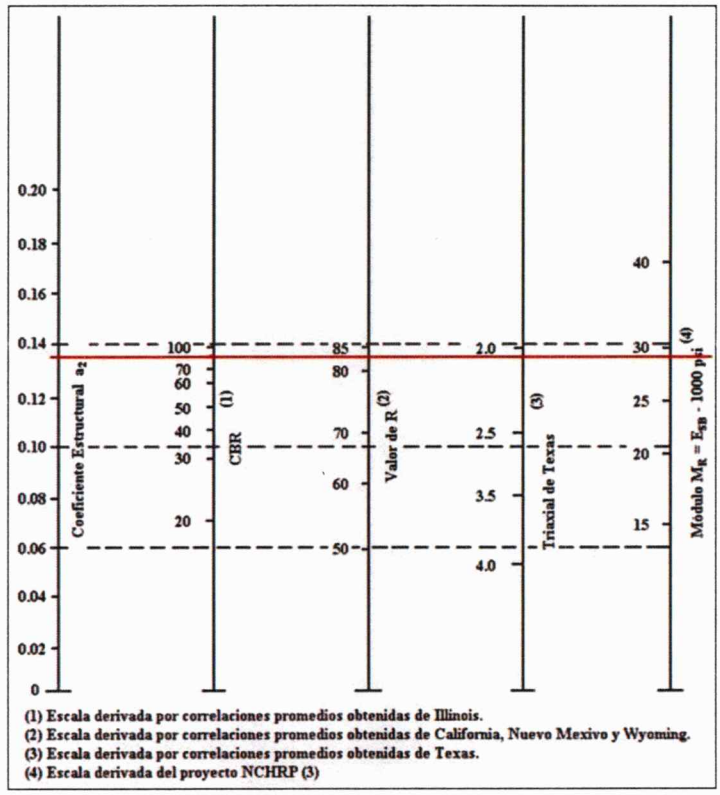
Clase de base granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

Tabla 22. Requisitos de los agregados para bases granulares.

Característica	Norma de ensayo INV	Base granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	 35 7	 40 8	 40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	25	30	-
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	 90 75	 70 75	 - -
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	-	-	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	0	0	3
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2).	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas (F)				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%).	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%). (Nota 3): - Una cara - Dos caras	E-227	 90 85	 70 50	 50 -
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%).	E-239	35	35	-
Resistencia de material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 95	≥ 80	≥ 80

2900

Tabla 23. Ábaco para estimar el número estructural de la capa base granular "a2".



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Numero estructural Base – clase B (a_2) = 0.13

$a_3 = 0.032 * CBR^{0.32} = 0.032 * 80^{0.32} = 0.13$

modulo resiliente Base – Clase B = 28890 psi

Modulo Dinámico de la Capa de Rodadura:

Especificaciones del material:

Rodadura

MDC 19 (60 – 70)

Estabilidad minina (N) = 7500

Tabla 24. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa.

Tipo de capa	Espesor de capas de compactación (mm)	Tipo de mezcla
Rodadura	30 – 40	MDC-10
	40 – 60	MDC-19, MSC-19
	> 60	MDC-25, MDC-19, MSC-19, MAM-19
Intermedia	> 50	MDC-25, MSC-25
Base	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
	60 – 130	MAM-25
Bacheos	50 – 75	MSC-25, MGC-25
	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25

Temperatura media de 18 °C.

Tabla 25. Tipo de asfalto por emplear en mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

Tipo de capa	NT1			NT2			NT3		
	Temperatura media anual de la región (°C)								
	> 24	15 – 24	< 15	> 24	15 – 24	< 15	> 24	15 – 24	< 15
Rodadura e Intermedia	60 – 70	60 – 70 u 80 – 100	80 – 100	60 – 70	60 – 70 u 80 – 100	80 – 100	40 – 50 60 – 70 o 40/70 – 58 o 55/70 – 58 o 55/70 – 65	40 – 50 60 – 70 o 40/70 – 58 o 55/70 – 58	60 – 70 80 – 100 o 55/70 – 58
Base	NA			60 – 70 u 80 – 100	60 – 70 u 80 – 100	80 – 100	60 – 70	60 – 70 u 80 – 100	80 – 100
Alto Módulo	NA			NA			15/40 – 65		

Nota: para una temperatura menor de quince grados Celsius (15 °C) y tránsito NT3, los documentos del proyecto pueden recomendar un cemento asfáltico de grado de penetración 60 – 70, si se considera que el tránsito es extremadamente agresivo. Bajo una consideración similar, se puede emplear el cemento asfáltico modificado con polímeros de tipo CAM-5 para el mismo nivel de tránsito y temperaturas de veinticuatro grados Celsius (24 °C) o menores.

Tabla 26. Criterios para el diseño preliminar de la mezcla asfáltica en caliente de gradación continua por el método Marshall.

Característica		Norma Ensayo INV	Mezclas densas, semidensas y gruesas			Mezcla de alto módulo
			Categoría de tránsito			
			NT1	NT2	NT3	
Compactación (golpes/cara)		E-748 (E-800) (Nota 1)	50	75 (112)	75 (112)	75
Estabilidad mínima (N)			5 000	7 500 (16 875)	9 000 (20 250)	15 000
Flujo (mm). (Nota 2)			2,0 – 4,0	2,0 – 4,0 (3,0 – 6,0)	2,0 – 3,5 (3,0 – 5,3)	2,0 – 3,0
Relación Estabilidad/Flujo (kN/mm)			2,0 – 4,0	3,0 – 5,0 (4,5 – 7,5)	3,0 – 6,0 (4,5 – 9,0)	-
Vacíos con aire (Va) (%). (Nota 3)	Rodadura	E-736 E-799	3,0 – 5,0	3,0 – 5,0	4,0 – 6,0	NA
	Intermedia		4,0 – 8,0	4,0 – 7,0	4,0 – 7,0	4,0 – 6,0
	Base		NA	5,0 – 8,0	5,0 – 8,0	4,0 – 6,0

2902

En la siguiente tabla se muestran los espesores mínimos para carpetas asfálticas y bases granulares, sugeridos en función del tránsito.

Tabla 27. Espesores Mínimos, en pulgadas, en Función de los Ejes Equivalentes.

Tránsito (ESAL's) En Ejes Equivalentes	Carpetas De Concreto Asfáltico	Bases Granulares
Menos de 50,000	1,0 o T.S.	4,0
50,001 – 150,000	2,0	4,0
150,001 – 500,000	2,5	4,0
500,001 – 2000,000	**3,0**	**6,0**
2000,001 – 7000,000	3,5	6,0
Mayor de 7000,000	4,0	6,0

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Cálculo temperatura de desempeño mezcla asfáltica:

DATO	**Ma: Temperatura Media Ponderada del Aire (°Centigrados) WMATT**	20
	Ma: Temperatura Media Ponderada del Aire (°Farenheit) WMATT	68
DATO	**H: Espesor Capa Asfáltica (cm)**	7.6
	Mitad Espesor Capa Asfáltica (pulg)	1.50
	Tercio Superior Capa Asfáltica (pulg)	1.00
	Mp: Temperatura Media de la Mezcla a H/2 (°Farenheit)	80.19
	Mp: Temperatura Media de la Mezcla a H/3 (°Farenheit)	80.80
CÁLCULOS	**Mp: Temperatura Media de la Mezcla a H/2 (°Centigrados)**	26.77
	Mp: Temperatura Media de la Mezcla a H/3 (°Centigrados)	**27.1**

CÁLCULO DE FRECUENCIA

2983

DATOS	Velocidad (Km/h)	40
	Espesor de la Capa Asfáltica (cm)	2.53
CÁLCULOS	Tiempo de Carga (seg)	0.02
	Frecuencia (Hz)	**7.9**

Determinación del módulo dinámico del concreto asfaltico:

Determinación Aproximada Módulo Concreto Asfáltico (Modelo Witzack-Hwang/1979)			
% Vacíos (Va)	5	B1	0.70
% Asfalto Efectivo ($Vb_{efectivo}$=%VAM-%Va)	10.0	B2	4,728.07
Penetración (1/10 mm)	65	B3	1.60
% Finos (Pasa Tamiz No. 200)	6	B4	4.83
T servicio pavimento [°Farenheit] (WMATT+°Espesor)	80.8	B5	1.75
f (Frecuencia = hz)	7.9	L	3.11
CONCRETO ASFÁLTICO MDC-19 (CAN 60-70) SERVICIO		E (PSI)~	505,843.87
		E (Kg/cm^2) ~	35,409.07
		E (MPa)~	3,540.91

Fuente. Propia.

Numero estructural Mezcla Asfáltica – MDC-19 (a_1) = 0.13

$a_1 = 0.0052 * E^{0.555} = 0.0052 * 3540.91^{0.555} = 0.50$

modulo Dinámico de la mezcla = 505843.87 psi

- **Numero estructural requerido:**



Ilustración 1. *Ecuación de AASTHO.*

El número estructural requerido que soportara el transito proyectado para la vida útil de la estructura de pavimento es de: **SN_{Total} = 3.12**

2704

- Numero estructural calculado:

$$\log(W_{18}) = Z_r * S_o + 9{,}36*\log(SN+1) - 0{,}20 + (\log(Delta_{psi} / 2{,}7) / (0{,}40 + (1094/(SN+1)^{5{,}19}))) + 2{,}32*\log(MR) - 8{,}07$$

R =	90 %	CONFIABILIDAD
Z_r =	-1.282	ERROR ESTANDAR
S_o =	0.45	DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL
SNreq=	3.12	NÚMERO ESTRUCTURAL MÍNIMO REQUERIDO
SNefect=	3.44	NÚMERO ESTRUCTURAL PROPUESTO
Pi =	4,200	ÍNDICE DE SERVICIO INICIAL
Pt =	2,000	ÍNDICE DE SERVICIO FINAL
$Delta_{psi}$ =	2,200	PERDIDA DE SERVICIABILIDAD FINAL
CBR =	5.00 %	CBR DE LA SUBRASANTE CONSOLIDADA (95% PM)
MR =	7,533 PSI	MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE
W_{18} =	6,54E+05 EJES 8,2 Ton	No. APLICACIONES EJES EQUIVALENTES PREVISTOS EN EL CARRIL DE DISEÑO (Fd-Fca)
W_t =	6,54E+05 EJES 8,2 Ton	No. APLICACIONES EJES EQUIVALENTES PREVISTOS PARA LA CALZADA VIAL (20 años)
W^*_{18} =	1,28E+06 EJES 8,2 Ton	NÚMERO APLICACIONES EJES EQUIVALENTES QUE SOPORTARÁ LA ESTRUCTURA DISEÑADA
$(W^*_{18})/(W_{18})$ =	1.95	LA ESTRUCTURA PROPUESTA CUMPLE

Espesores mínimos (pulg.)

No. de ejes equivalente (millones)	Concreto asfáltico	Base granular
<0.05	1.0 o TSD	4
0.05 - 0.15	2.0	4
0.15 - 0.50	2.5	4
0.50 - 2.00	3.0	6
2.00 - 7.00	3.5	6
> 7.00	4.0	6

CÁLCULOS:
$\log(W_{18})$ = 6,105790752
W_{18} = 1,28E+06 EJES 8,2 Ton

CONVENCIONES

ESTRUCTURA ANALIZADA		CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA PROYECTADA					FECHA:		
No. de Capa	DESCRIPCIÓN	ESPESOR(")		MÓDULO			ai	Mi	NÚMERO ESTRUCTURAL SNi
		Centimetros (cms)	Pulgadas (")	Kg/cm²	MPa	PSI	Obtenidos de Tablas		
1	MDC-19 INVÍAS/2013 (CAN 60-70+1%PA) Rodadura	10.00	3.94	35,409	3,541	505,843	0.500	1.00	1.97
2	BASE GRANULAR INVÍAS/2013 BG-27/40 CBR>=98% CLASE B	15.00	5.91	2,031	203	29,017	0.130	0.90	0.69
3	SUBBASE GRANULAR INVÍAS/2013 SBG-38 CLASE B	20.00	7.87	1,031	103	14,729	0.110	0.90	0.78
(MR) SR (CBR<10% >=98% PM) = 100*CBR (Kg/cm²) = 1500*CBR (PSI) CBR= 5%				527	52.7	7,533	SN Total Colocado:		3.44

Fuente. Propia.

Con los datos obtenidos mediante la metodología AASHTO, se calcula el espesor del pavimento propuesto, obteniendo como resultado que el número estructural calculado (3.23) es superior al requerido (3.12).



Ilustración 2. Ecuación de AASTHO.

Por lo tanto, con un numero estructural de 3.44 el transito que soportara para su vida útil es de 1263006 de eje equivalente de 8.2 Ton.

2905

- Estructura de pavimento:

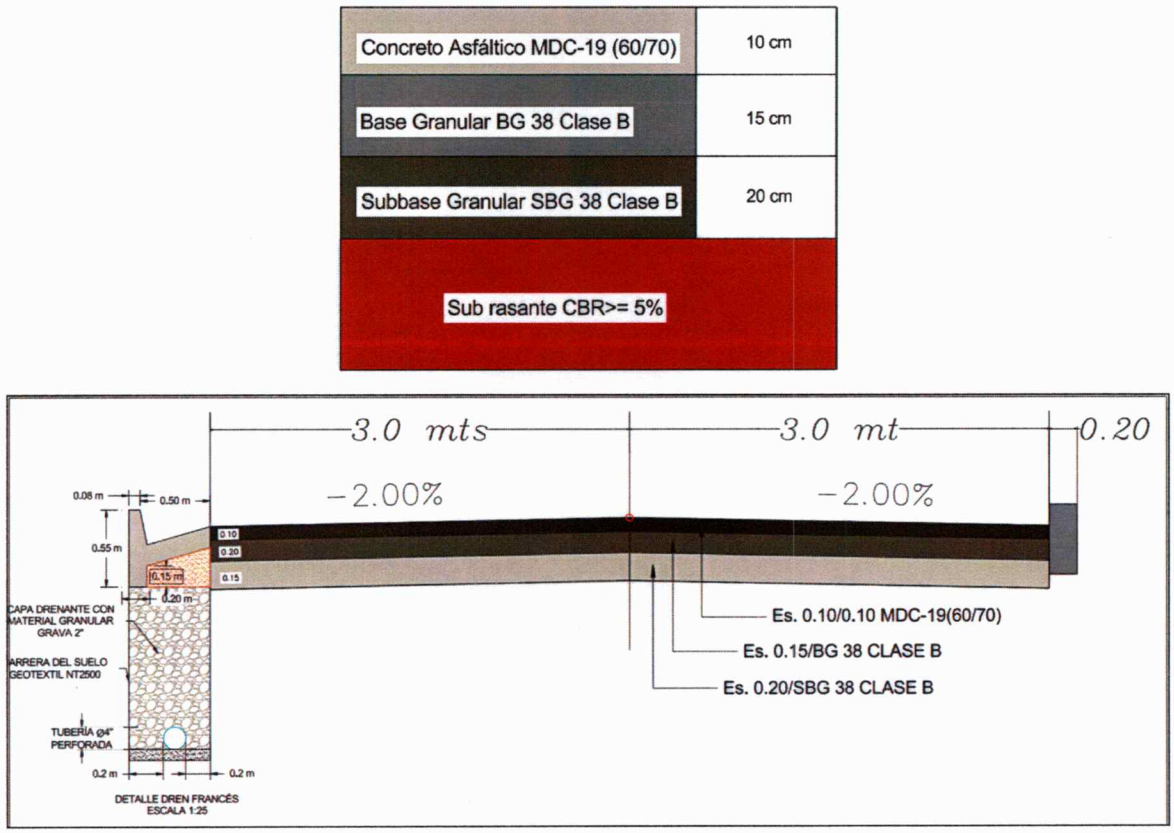


Ilustración 3. Estructura de pavimento.

Por consiguiente, la estructura del pavimento para el tramo en placa huella sobre el corredor en estudio tiene un diseño de:

- Mezcla asfáltica en caliente: h= 0.10 m
- Base granular BG-38 h= 0.15 m
- Subbase granular SGB-38 h= 0.20 m

-Cuneta sobre el talud interior de la vía

-Bordillo en concreto en el talud exterior

-Filtro francés en el talud interior debajo de la cuneta

2906

2907

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se llevó a cabo el estudio que incluyó inspección en campo, toma de datos geotécnicos, análisis, muestreo y ensayos de laboratorio y análisis de tránsito, pero en el momento de ejecución de obra, podría existir la posibilidad que, dependiendo de la condición de suelo en la excavación, sea importante confirmar la capacidad portante del suelo en ensayos de condición saturada.

- De acuerdo con el estudio de suelos se puede establecer que hay presencia de suelo arcillo de plasticidad media, valores de CBR en condición natural con una respuesta aceptable, por en es fundamental manejar obras de control hidráulico, como cunetas de manejo de agua escorrentía, al igual que podría considerarse estructuras de subdrenaje como filtros franceses o geodren, en virtud de evitar posibles aumentos en la humedad del suelo, y generar deterioro en la estructura de la placa huella.

- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de CBR sumergido, se puedo evidenciar que hay una predominación de un CBR sobre un valor superior al 5%, lo cual es un valor funcional para la construcción de una estructura de pavimento asfáltico. Si durante la construcción se evidencia cambios volumétricos del suelos por agentes externos e imprevistos podría ser necesario que se realice un mejoramiento de la subrasante de 20 cm de espesor con material de afirmado con un CBR superior a 15%.
- El material de mejoramiento a utilizar en los tramos de construcción de pavimento asfaltico, debe cumplir las especificaciones de los agregados y granulometría según lo establecido en el artículo 311-22 de las especificaciones técnicas para construcción de carreteras de INVIAS 2022.

- En los tramos donde se va a construir el pavimento si presentan fallos o cambio volumétricos en el suelo por saturación o humedad, se recomienda utilizar cal viva para la estabilización de la humedad en el suelo y realizar un mejoramiento del suelo de manera física utilizando el mismo espesor y material utilizado para el afirmado en zonas que pueden tener complicación con el suelo.

2905

- Se logró comprobar que los niveles de tránsito para el proyecto vial corresponden a menos de 653.821ejes equivalentes de 8,2 Ton, lo cual lo clasifica como un tránsito medio alto NT2 y que circulan constantemente vehículos C2, por lo tanto, sin embargo, se adopta como vehículo de diseño para las estructuras de la vía un C3

- Se propone diseño tipo de algunas obras menores de drenaje como fueron las cunetas que se evidencia en los resultados del diseño hidráulico, las cuales se tuvieron en cuenta en el presente diseño geométrico y pavimentos.

- Los materiales de base granular, subbase granular o afirmado deberán cumplir las exigencias de los artículos INV-330-22, INV-320-22 e INV-311-22 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVÍAS 2022.

- Para el sello de las juntas entre placas huellas se empleará material asfáltico o premoldeado, cuyas características se establecen en las especificaciones AASHTO M-89, M-33, M-153 Y M-30.

- El inicio como al final de los tramos del proyecto para construcción del pavimento flexible se debe generar un área de transición del suelo natural con el pavimento, la cual puede ser con un bordillo en concreto como estructura rígida.

2909

2910

9. LIMITACIONES

Los resultados obtenidos en este estudio, las conclusiones y recomendaciones dadas, están basados en las propiedades geomecánicas del suelo explorado mediante pruebas de campo y de laboratorio, lo mismo que en las características geológicas y topográficas actuales del proyecto. Cualquier modificación posterior por: condiciones climáticas, cambios del uso del suelo y sismos, implicará nuevas condiciones de estabilidad y deformación que deben ser evaluadas para identificar el grado de incidencia en el diseño propuesto.

Jorge Arias

Jorge Iván Arias Flórez
Ingeniero Civil
54202-303426NTS
Especialista en Vías Terrestres
Especialista en gerencia de proyectos
MSC. Infraestructura y transporte

2911

10. BIBLIOGRAFÍA

- Hugo Rondón Quintana, Fredy Reyes Lizcano. Pavimentos materiales, construcción y diseño (2015).

- Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Especificaciones técnicas de construcción de carreteras (2013).

- Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Especificaciones técnicas de construcción de carreteras (2022).

- American Association of state Highway Transportation Officials – AASHTO-93. Guide for design of pavement Structures. Washington D.C.

- Montejo Fonseca A. Ingeniería de Pavimentos para carreteras. Bogotá. Ágora editores. 733 p. (2002).

- Instituto Nacional de vías (INVIAS). Manual de diseño de pavimentos de altos y medios volúmenes de tránsito. Bogotá D.C. (2007).

- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN DNP. Proyectos Tipo Mejoramiento de vías terciarias Vías de tercer orden. 2020.

- INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INVIAS. Guía del Programa Colombia Rural. 2019.

- HIGUERA, Carlos. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras – Volumen I y II. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2015.

- Dybalski, J. N. (1982). A comparison of properties of laboratory prepared cold mixed emulsified and hot mixed asphalt mixtures. phase 1 and 2. abridgement. In *(paper to) Asphalt Emulsion Manufacturers Association Annual Meeting, 9th, 1982, Las Vegas, Nevada, USA (Phase 1)*.

2912

ANEXO 1. PLANILLAS DE AFORO VEHICULAR

UNIÓN TEMPORAL VÍA SECUNDARIA LABATECA 2024
NIT. 901.896.831-7

PLANILLAS DE AFORO VEHICULAR

RESUMEN DE CONTEOS VEHICULAR

OBJETO: CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA VÍA SECUNDARIA AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER del proyecto de inversión SERVICIO TECNICO ESPECIALIZADO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO TERRITORIAL EN EL MUNICIPIO DE LABATECA, NORTE DE SANTANDER con código BPIN 2024543770006. CONFORME AL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No 204 del 29 de octubre de 2024 CELEBRADO ENTRE EL MUNICIPIO DE LABATECA Y LA EMPRESA INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL ESTADO FARO DEL CATATUMBO S.A.S"

FECHA: 9/12/2024

CONDICIONES CLIMATICAS: SOLEADO

PUNTO DE CONTROL: PUENTE LA CABUYA - LABATECA

PERIODO		VEHICULOS LIVIANOS Automoviles, Camperos, Taxis y Camionetas	C2P	C2G	C3	C4	C5	BUSES BUSETAS	TOTAL
07:00	08:00	5	2					2	9
08:00	09:00	9	5	1				2	17
09:00	10:00	11	4	1				3	19
10:00	11:00	11	8					1	20
11:00	12:00	14	10						24
12:00	13:00	11	1	3					15
13:00	14:00	17	2					1	20
14:00	15:00	3	4					1	8
15:00	16:00	8	5					2	15
TOTAL		89	41	5	0	0	0	12	147
COMPOSICION VEHICULAR (%)		60,54	27,89	3,40	0,00	0,00	0,00	8,16	100,00

TRANSITO HORARIO	V.H.MAX.
PERIODO: 10:00 11:00	24
TRANSITO HORARIO	V.H.MIN.
PERIODO: 17:00 18:00	8

ELABORO: JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
Especialista en vías terrestres
Mat: 54202-303426 NTS

UNIÓN TEMPORAL VÍA SECUNDARIA LABATECA 2024
NIT. 901.896.831-7

PLANILLAS DE AFORO VEHICULAR

RESUMEN DE CONTEOS VEHICULAR

OBJETO: CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA VÍA SECUNDARIA AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER del proyecto de inversión SERVICIO TECNICO ESPECIALIZADO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO TERRITORIAL EN EL MUNICIPIO DE LABATECA, NORTE DE SANTANDER con código BPIN 2024543770006. CONFORME AL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No 204 del 29 de octubre de 2024 CELEBRADO ENTRE EL MUNICIPIO DE LABATECA Y LA EMPRESA INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL ESTADO FARO DEL CATATUMBO S.A.S"

FECHA: 10/12/2024

CONDICIONES CLIMATICAS: SOLEADO

PUNTO DE CONTROL: PUENTE LA CABUYA - LABATECA

PERIODO		VEHICULOS LIVIANOS Automoviles, Camperos, Taxis y Camionetas	C2P	C2G	C3	C4	C5	BUSES BUSETAS	TOTAL
07:00	08:00	6	3					2	11
08:00	09:00	10	5	1				2	18
09:00	10:00	10	5					3	18
10:00	11:00	12	6	1				1	20
11:00	12:00	13	9						22
12:00	13:00	10	2	2					14
13:00	14:00	15	2					1	18
14:00	15:00	5	3	1				1	10
15:00	16:00	8	4					2	14
TOTAL		89	39	5	0	0	0	12	145
COMPOSICION VEHICULAR (%)		61,38	26,90	3,45	0,00	0,00	0,00	8,28	100,00

TRANSITO HORARIO	V.H.MAX.
PERIODO: 12:00 13:00	22
TRANSITO HORARIO	V.H.MIN.
PERIODO: 07:00 08:00	10

ELABORO: JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
Especialista en vías terrestres
Mat: 54202-303426 NTS

224

UNIÓN TEMPORAL VÍA SECUNDARIA LABATECA 2024
NIT. 901.896.831-7

PLANILLAS DE AFORO VEHICULAR

RESUMEN DE CONTEOS VEHICULAR

OBJETO: CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA VÍA SECUNDARIA AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER del proyecto de inversión SERVICIO TECNICO ESPECIALIZADO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO TERRITORIAL EN EL MUNICIPIO DE LABATECA, NORTE DE SANTANDER con código BPIN 2024543770006. CONFORME AL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No 204 del 29 de octubre de 2024 CELEBRADO ENTRE EL MUNICIPIO DE LABATECA Y LA EMPRESA INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL ESTADO FARO DEL CATATUMBO S.A.S"

FECHA: 11/12/2024

CONDICIONES CLIMATICAS: NUBLADO

PUNTO DE CONTROL: PUENTE LA CABUYA - LABATECA

PERIODO		VEHICULOS LIVIANOS Automoviles, Camperos, Taxis y Camionetas	C2P	C2G	C3	C4	C5	BUSES BUSETAS	TOTAL
07:00	08:00	6	2	1				2	11
08:00	09:00	12	5	1				2	20
09:00	10:00	12	4	1				2	19
10:00	11:00	10	8	1				1	20
11:00	12:00	15	10					3	28
12:00	13:00	9	1	2				1	13
13:00	14:00	18	2					1	21
14:00	15:00	5	4	2				2	13
15:00	16:00	5	5					2	12
TOTAL		92	41	8	0	0	0	16	157
COMPOSICION VEHICULAR (%)		58,60	26,11	5,10	0,00	0,00	0,00	10,19	100,00

TRANSITO HORARIO	V.H.MAX.
PERIODO: 11:00 12:00	28
TRANSITO HORARIO	V.H.MIN.
PERIODO: 7:00 8:00	11

ELABORO: JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
Especialista en vías terrestres
Mat: 54202-303426 NTS

UNIÓN TEMPORAL VÍA SECUNDARIA LABATECA 2024
NIT. 901.896.831-7

PLANILLAS DE AFORO VEHICULAR

RESUMEN DE CONTEOS VEHICULAR

OBJETO: CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA VÍA SECUNDARIA AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER del proyecto de inversión SERVICIO TECNICO ESPECIALIZADO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO TERRITORIAL EN EL MUNICIPIO DE LABATECA, NORTE DE SANTANDER con código BPIN 2024543770006. CONFORME AL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No 204 del 29 de octubre de 2024 CELEBRADO ENTRE EL MUNICIPIO DE LABATECA Y LA EMPRESA INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL ESTADO FARO DEL CATATUMBO S.A.S"

FECHA: 12/12/2024

CONDICIONES CLIMATICAS: SOLEADO

PUNTO DE CONTROL: PUENTE LA CABUYA - LABATECA

PERIODO		VEHICULOS LIVIANOS Automoviles, Camperos, Taxis y Camionetas	C2P	C2G	C3	C4	C5	BUSES BUSETAS	TOTAL
07:00	08:00	4	4					2	10
08:00	09:00	5	4	1				2	12
09:00	10:00	9	5	1				2	17
10:00	11:00	12	9					2	23
11:00	12:00	13	11					1	25
12:00	13:00	11	3	3				1	18
13:00	14:00	11	5					2	18
14:00	15:00	7	2	1				3	13
15:00	16:00	9	6					1	16
TOTAL		81	49	6	0	0	0	16	152
COMPOSICION VEHICULAR (%)		53,29	32,24	3,95	0,00	0,00	0,00	10,53	100,00

TRANSITO HORARIO	V.H.MAX.
PERIODO: 11:00 12:00	25
TRANSITO HORARIO	V.H.MIN.
PERIODO: 07:00 08:00	10

ELABORO: JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
Especialista en vías terrestres
Mat: 54202-303426 NTS

216

UNIÓN TEMPORAL VÍA SECUNDARIA LABATECA 2024
NIT. 901.896.831-7

PLANILLAS DE AFORO VEHICULAR

RESUMEN DE CONTEOS VEHICULAR

OBJETO: CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA VÍA SECUNDARIA AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER del proyecto de inversión SERVICIO TECNICO ESPECIALIZADO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO TERRITORIAL EN EL MUNICIPIO DE LABATECA, NORTE DE SANTANDER con código BPIN 2024543770006. CONFORME AL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No 204 del 29 de octubre de 2024 CELEBRADO ENTRE EL MUNICIPIO DE LABATECA Y LA EMPRESA INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL ESTADO FARO DEL CATATUMBO S.A.S"

FECHA: 13/12/2024

CONDICIONES CLIMATICAS: SOLEADO

PUNTO DE CONTROL: MINUTO DE DIOS - RODEO

PERIODO		VEHICULOS LIVIANOS Automoviles, Camperos, Taxis y Camionetas	C2P	C2G	C3	C4	C5	BUSES BUSETAS	TOTAL
07:00	08:00	5	4	1				2	12
08:00	09:00	10	5	1				2	18
09:00	10:00	12	4	1				3	20
10:00	11:00	12	8					1	21
11:00	12:00	19	9					2	30
12:00	13:00	10	3	3				1	17
13:00	14:00	16	4					1	21
14:00	15:00	4	4	2				2	12
15:00	16:00	8	6	1				2	17
TOTAL		96	47	9	0	0	0	16	168
COMPOSICION VEHICULAR (%)		57,14	27,98	5,36	0,00	0,00	0,00	9,52	100,00

TRANSITO HORARIO	V.H.MAX.
PERIODO: 11:00 12:00	30
TRANSITO HORARIO	V.H.MIN.
PERIODO: 7:00 8:00	12

ELABORO: JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
Especialista en vías terrestres
Mat: 54202-303426 NTS

2918

ANEXO 2. MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

2919

JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
INGENIERO CIVIL-UFPS
MSC.ESP.EN VIAS TERRESTRES Y TRANSPORTE- UPB

CARTA DE RESPONSABILIDAD

Yo **JORGE IVAN ARIAS FLOREZ**, identificado con cédula de ciudadanía No. 1.090.464.698 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en mi condición de INGENIERO CIVIL portador de Matrícula Profesional No. 54202-303426 NTS, declaro que realicé el estudio y diseño geometrico y estructura del pavimento para el proyecto cuyo objeto es ***"CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA VÍA SECUNDARIA AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LABATECA DESDE EL PUENTE LA CABUYA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER del proyecto de inversión SERVICIO TECNICO ESPECIALIZADO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO TERRITORIAL EN EL MUNICIPIO DE LABATECA, NORTE DE SANTANDER con código BPIN 2024543770006. CONFORME AL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No 204 del 29 de octubre de 2024 CELEBRADO ENTRE EL MUNICIPIO DE LABATECA Y LA EMPRESA INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL ESTADO FARO DEL CATATUMBO S.A.S"*** de acuerdo con los requisitos técnicos establecidos en la normatividad colombiana, el manual de diseño geométrico de INVIAS 2008 y las especificaciones técnicas para construcción de carreteras de INVIAS 2022 y demás normas vigentes. Así mismo declaro que asumo la responsabilidad del perjuicio que por causa de él pueda deducirse. Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional, Certificado de Vigencia de la misma y copia de la Cédula de Ciudadanía.

Se expide a solicitud del interesado, a los veinte (30) días del mes de diciembre de 2024.

Atentamente,

Jorge Iván Arias Flórez
Ingeniero Civil
54202-303426NTS
Especialista en Vías Terrestres
Especialista en gerencia de proyectos
MSC. Infraestructura y transporte

Calle 22 AN #2-61 Prados del Norte, Cúcuta. -Cel:3102778858
E-mail: jorgearias_114@hotmail.com

2720

REPÚBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA

COPNIA



MATRÍCULA PROFESIONAL No.

54202-303426 NTS

INGENIERO CIVIL

DE FECHA **07/05/2015**

JORGE IVAN

ARIAS FLOREZ

C.C. 1090464698

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

PRESIDENTE DEL CONSEJO

Identificación Plástica S.A. | 4043 | 2/05 | 4

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: 636 5364 Bogotá D.C.

01 8000 116590

2921

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO **1.090.464.698**

ARIAS FLOREZ

APELLIDOS

JORGE IVAN

NOMBRES



FIRMA



INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO **11-JUN-1993**

CUCUTA
(NORTE DE SANTANDER)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.72	**O+**	**M**
ESTATURA	G.S. RH	SEXO

07-JUL-2011 CUCUTA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES

P-2500100-00326252-M-1090464698-20110824 **0027**825656A 1 37260960

REPÚBLICA DE COLOMBIA

COPNIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

2922

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2024-3091984

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JORGE IVAN ARIAS FLOREZ, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1090464698, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-303426 desde el 07 de Mayo de 2015, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 535.

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 veinte (20) días del mes de Octubre del año dos mil veinticuatro (2024).

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_Micrositе/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

2923

Universidad Pontificia Bolivariana

SECCIONAL BUCARAMANGA

APROBADA SEGÚN ACUERDO No. 083 DE JULIO 12 DE 1990 DEL ICFES

teniendo en cuenta que

Jorge Iván Arias Flórez

Cédula de ciudadanía No. 1.090.464.698 Expedida en Cúcuta

Cursó y aprobó los estudios exigidos por las normas legales reglamentarias vigentes, le confiere el título de

Especialista en Vías Terrestres

En testimonio de ello le expide el presente diploma
en Bucaramanga, Departamento de Santander, República de Colombia
el día 9 del mes de Septiembre del año 2016

El Rector

El Decano

El Secretario General

Anotado al folio 2788 del libro 11-A de registro de diplomas
refrendado en Bucaramanga el 9 de Septiembre de 2016

2924

Universidad Pontificia Bolivariana

PERSONERÍA JURÍDICA SEGÚN RESOLUCIÓN EJECUTIVA No. 48 DEL 22 DE FEBRERO 1937 MINISTERIO DE GOBIERNO

teniendo en cuenta que

Jorge Iván Arias Flórez

Cédula de ciudadanía No. 1,090,464,698 Expedida en Cúcuta

Cursó y aprobó los estudios exigidos por las normas legales reglamentarias vigentes, le confiere el título de

Magíster en Ingeniería Civil

En testimonio de ello le expide el presente diploma
en Bucaramanga, Departamento de Santander, República de Colombia
el día 13 del mes de agosto del año 2021

El Rector

El Decano

El Secretario General

Anotado al folio 5163 del libro 16-A1
refrendado en Bucaramanga el 13 de agosto de 2021

18191

Vigilada Mineducación

2925

Universidad Pontificia Bolivariana
SECCIONAL BUCARAMANGA

ACTA DE GRADO No. 5508

(Libro 16 -A1, Folio 5163)

En la ciudad de Floridablanca, Departamento de Santander, República de Colombia, la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, creada mediante Acuerdo **No. 083** de Julio 12 de 1990, expedido por el *Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior – ICFES*, en Ceremonia de Grado y previo el solemne juramento de rigor, confirió el título de:

MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL

A:

JORGE IVAN ARIAS FLOREZ

Identificado con la cédula de ciudadanía No. 1,090,464,698 expedida en Cúcuta, en cuanto cursó y aprobó la totalidad de las asignaturas correspondientes al plan de estudios de **MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL Modalidad Profundización**, cumplió los demás requisitos establecidos por la Universidad y realizó el Trabajo de Grado en la modalidad de Tesis De Maestría **"FACTIBILIDAD TÉCNICA DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON DE RESIDUO CERÁMICO"**, el cual fue aprobado.

La Ceremonia de Grado se llevó a cabo el TRECE (13) de agosto del año DOS MIL VEINTIUNO (2021).

El Rector Seccional, Pbro. GUSTAVO MÉNDEZ PAREDES

El Secretario General, MBA. CARLOS AUGUSTO MORA GONZÁLEZ

El Decano, MSc. EDWIN DUGARTE PEÑA

Para constancia se expide y firma la presente Acta, válida para todos los efectos legales.

Es fiel copia tomada del original, el día 13 de agosto de 2021.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECRETARÍA GENERAL BUCARAMANGA

El Secretario General, **MBA. CARLOS AUGUSTO MORA GONZÁLEZ**

Vigilada MinEducación

LITOGRAFÍA CORONA DIGITAL

2926

Universidad Pontificia Bolivariana

NIT : 890.902.922-6

Floridablanca, 17 de Diciembre de 2021

LA JEFA DEL DEPARTAMENTO DE ADMISIONES, REGISTRO Y CONTROL ACADÉMICO

C E R T I F I C A:

Que **ARIAS FLOREZ JORGE IVAN**, identificado con ID No 000306781 y cédula de ciudadanía 1090464698 es egresado del programa de **MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**, Modalidad de Profundización en enfasis en **INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE**, según consta en el Acta No. 5508 registrado en Folio No. 5163 de 13 de agosto de 2021.

El programa de MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL fue aprobado por el Consejo Directivo de la UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA Medellín según ACUERDO CD-23 DEL 30/11/2012 y cuenta con el Registro Calificado según código SNIES 102781. La duración del programa es de 3 semestres.

MARIA ANTONIA VELANDIA SUAREZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
DPTO. DE ADMISIONES REGISTRO Y CONTROL ACADEMICO
BUCARAMANGA

UPB_REPUSR

Vigilada Mineducación