

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA VÍA MIRAFLORES – GUADALUPE
DEPARTAMENTO DEL HUILA DEL KM 0+660 AL KM 1+110

JUAN CARLOS MEJIA DIAZ
EDINSON LEONARDO OVIEDO MONTES

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS
IBAGUÉ – TOLIMA
2019



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA VÍA MIRAFLORES – GUADALUPE
DEPARTAMENTO DEL HUILA DEL KM 0+660 AL KM 1+110

JUAN CARLOS MEJIA DIAZ
EDINSON LEONARDO OVIEDO MONTES

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Especialistas en
Diseño y Construcción de Pavimentos

Ing. FABIO ALEXANDER MUÑOZ
Director Disciplinar

Ing. ALEXANDER ALVAREZ ROSARIO
Director Metodológico

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS
IBAGUÉ – TOLIMA
2019



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

CONTENIDO

Contenido

LISTA DE TABLAS.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	6
1 RESUMEN.....	7
2 INTRODUCCIÓN.....	8
3 OBJETIVOS.....	10
3.1 OBJETIVO GENERAL	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4 MARCO TEÓRICO	11
4.1 LOCALIZACIÓN.....	13
5 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	15
6 METODOLOGÍA.....	16
6.1 ESTUDIO DE SUELOS.....	16
6.2 MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE	17
6.3 ESTUDIO DE TRÁNSITO	17
6.4 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	17
6.5 DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURA.....	18
7 RESULTADOS	19
7.1 ESTUDIO DE SUELOS.....	19
Regular a pobre	20
Regular a pobre	20



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

7.2	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE	24
7.3	ESTUDIO DE TRÁNSITO	25
7.4	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	26
8	CONCLUSIONES	31
9	RECOMENDACIONES.....	32
10	BIBLIOGRAFÍA.....	33



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Profundidad y localización de perforación	19
Tabla 2 Resultados de apique número 1	20
Tabla 3 Resultados de apique número 2	21
Tabla 4 Resultados de apique número 3	22
Tabla 5 Resultado CBR	23
Tabla 6 Calculo de CBR EQUIVALENTE	24
Tabla 7 Resultado aforo, tránsito promedio diario	25
Tabla 8 Estructura de pavimento flexible - AASHTO 93	26
Tabla 9 Calculo de reservas y consumos de la estructura	30



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Localización geográfica del tramo	13
Figura 2 Localización del corredor vial Miraflores -Guadalupe.....	14
Figura 3 Cálculo de esfuerzos y deformaciones.....	27
Figura 4 Calculo para una carpeta de 7.5 cm.....	28
Figura 5 Cálculo de esfuerzos, deformaciones y deflexión admisible	29
Figura 6 Resultado estructura de pavimento.....	30



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

1 RESUMEN

En este proyecto se realizó el planteamiento de un diseño de la estructura de pavimento para la vía que comunica el centro poblado de Miraflores hacia la zona urbana del municipio de Guadalupe, en el municipio de Guadalupe, departamento del Huila.

Dentro de la información recopilada tenemos un estudio de tránsito y un estudio de suelo para identificar características esenciales del terreno y la transitabilidad de los vehículos por el sector. Según los datos arrojados en los estudios, se identificó la necesidad de hacer un mejoramiento de la subrasante, con metodología de Shell para calcular el CBR equivalente y sugiriendo sintéticos para garantizar una estructura con dimensiones uniformes que brinde resistencia a las cargas vehiculares.

La metodología utilizada, es a partir de la información técnica recopilada y aceptada en el medio de la ingeniería de vías, se realiza el diseño de la estructura de pavimento y con estos resultados se elabora un análisis realizado por métodos de diseños vistos durante las clases de la especialización DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS. Así mismo se realiza el cálculo de esfuerzos, deformaciones actuantes y admisibles, para realizar el cálculo de reservas y consumos de la estructura.

Este proyecto se elaboró con el propósito de brindar una solución a una problemática que viene durante hace muchos años atrás, en la cual, se brinda una optimización, durabilidad y estabilidad del pavimento, con el fin de satisfacer las necesidades de la comunidad.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

2 INTRODUCCIÓN

Las vías son el resultado de la necesidad de comunicación y transporte terrestre dentro del territorio nacional, ya que conecta las zonas veredales, municipios y departamentos del país, razón por la cual reviste gran importancia el hecho de ofrecer carreteras, con excelentes y adecuadas características de operación, que permitan realizar las actividades de movilidad rápida, económica, cómoda y segura.

Dentro del plan de desarrollo vial en el departamento del Huila (*PLAN_DE_DESARROLLO_EL_CAMINO_ES_LA_EDUCACION_2016.pdf*, n.d.), se estableció el problema de las vías para garantizar la conectividad, entre los sectores de Miraflores hacia Guadalupe y la conectividad hacia el municipio de Pitalito, evidenciando con gran preocupación el mal estado de los tramos viales.

Actualmente la vía se encuentra conformada con material principal en afirmado, el cual no cumple con las especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías – INVIAS, teniendo en cuenta que el material es arrastrado fácilmente en las temporadas de invierno, no cuenta con las obras de drenaje suficientes y el ancho de la vía es imperioso en el tránsito vehicular en los dos sentidos, lo cual ha generado un impacto negativo en el sector económico y de comunicación entre las poblaciones aledañas.

Otro sector que se ve perjudicado es el de la producción y comercialización de productos agrícolas, los cuales son distribuidos en el territorio nacional, y dado que dicha vía es el único medio de comunicación entre el sector de Miraflores y el casco urbano del municipio de Guadalupe, la cual a su vez conduce a la vía principal que comunica a Neiva con Pitalito, cualquier novedad en la vía impacta la citada actividad económica.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se evidencia la importancia de la vía Miraflores – Guadalupe departamento del Huila y la necesidad de formular planes de mejora de la misma buscando garantizar el servicio de esta, así, este proyecto está



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

encaminado a diseñar dos alternativas de pavimento para en el tramo comprendido entre el Km 0+660 AL Km 1+110.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseño de pavimento flexible para la vía Miraflores – Guadalupe departamento del Huila del km 0+660 al km 1+110

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los suelos
- Calcular mediante conteo de tránsito y aforo vehicular el TPD.
- Evaluar las características y espesores de los materiales a utilizar en la estructura del pavimento.
- Garantizar la estructura del pavimento durante el periodo de diseño establecido.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

4 MARCO TEÓRICO

La construcción de los pavimentos en cualquier red vial representa un avance en el desarrollo y se integra al patrimonio público. Así mismo, presta servicio en condiciones confortables por un periodo de diseño, la conservación de los pavimentos es vital para preservar la malla vial en un buen estado y así prestar su servicio dándole cumplimiento a su objetivo final.

Para el dimensionamiento de las distintas capas que conforman un pavimento, se relacionan entre si variables necesarias como: materiales, cargas, configuración de ejes, geometría de la calzada, condiciones climáticas y ambientales, técnicas constructivas, actividades de mantenimiento, evaluación, comportamiento y trabajos de investigación.

Estas variables surgen de los distintos resultados de los ensayos de laboratorio sobre la caracterización de materiales, propiedades físico- químicas de los ligantes bituminosos y limitaciones de los distintos métodos utilizados para el dimensionamiento de las estructuras de pavimento.

El diseño de pavimentos es un área que va avanzando de manera rápida, de acuerdo al desarrollo de investigaciones y nuevas metodologías de diseño para la realización de cálculos y optimización de las estructuras con el fin de ampliar la vida útil de una vía

El manual para bajos volúmenes de tránsito contempla diseño en 2 niveles, en función del número de ejes equivalentes de 80 kN previstos durante el período de diseño en el carril de diseño. Niveles de tránsito (T1<150.000) y (T2 150.000-500.000).(Ministerio de Transporte & INVIAS, 2007)

Con el propósito de establecer los tipos de estructura de pavimento más compatibles con la capacidad de soporte de la subrasante se han definido las categorías nombradas a continuación: S1 $CBR \leq 3$ como malo; S2 $3 < CBR \leq 5$ como regular; S3 $5 < CBR \leq 10$ como bueno y S4 $CBR > 10$ muy bueno.(Ministerio de Transporte & INVIAS, 2007)

La subbase granular deberá satisfacer los requisitos mínimos de acuerdo a la dureza, durabilidad, limpieza y resistencia del material, de acuerdo a la calidad de los agregados



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

los cuales se definen en tres clases en función del nivel de tránsito clasificándolas (A – NT3; B – NT2 y C – NT1).(Instituto Nacional de Vías & Transporte, 2012)

La base granular deberá satisfacer los requisitos mínimos de acuerdo a la dureza, durabilidad, limpieza, geometría de las partículas y resistencia del material, de acuerdo a la calidad de los agregados los cuales se definen en tres clases en función del nivel de tránsito clasificándolas (A – NT3; B – NT2 y C – NT1).(Instituto Nacional de Vías & Transporte, 2012)

Para el riego de imprimación, se deben realizar los trabajos que consisten en el suministro, transporte, eventual calentamiento y aplicación uniforme de una emulsión asfáltica o un asfalto líquido sobre una superficie granular terminada, previamente a la extensión de una capa asfáltica o un tratamiento bituminoso. El riego también podrá aplicarse a bermas construidas en material granular y a sus taludes. El trabajo incluye también, eventualmente, el suministro y la aplicación de un agregado fino para la protección de la superficie imprimada.(INVIAS, 2013)

Para el riego de liga, se den realizar los trabajos que consiste en el suministro, transporte, eventual calentamiento y aplicación uniforme de un ligante asfáltico sobre losas de concreto o sobre una capa bituminosa, previamente a la extensión de otra capa bituminosa, que no sea un tratamiento superficial, un sello de arena-asfalto o una lechada asfáltica.(INVIAS, 2013)

El pavimento, es una estructura vial formada por una o varias capas de materiales seleccionados que se construyen técnicamente sobre la subrasante, y es capaz de resistir las cargas impuestas por el tránsito y la acción del medio ambiente, así como transmitir al suelo de apoyo o fundación de esfuerzos y deformaciones tolerables, además de proporcionar la circulación de los vehículos con rapidez, comodidad, seguridad y economía. (Sandoval, 2011)

Las recomendaciones para la definición de los elementos de drenaje requeridos por la vía según manual de bajos volúmenes de tránsito de INVIAS, presentan esquemas tipo de las obras básicas de drenaje superficial y subterráneo que son complementarias al



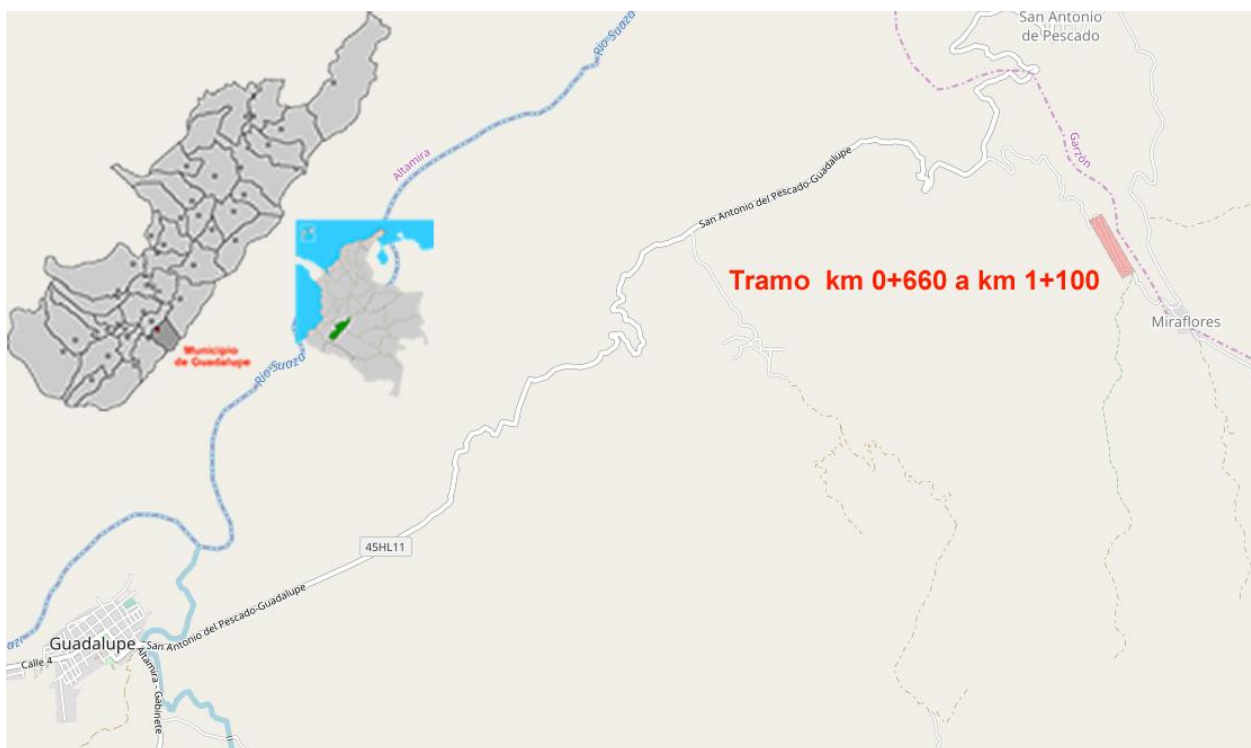
Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

diseño del pavimento. Tales obras básicas son: cunetas revestidas en concreto, cunetas sin revestir, alcantarillas, aliviaderos y subdrenes (filtros). (INVIAS, 2007)

4.1 LOCALIZACIÓN

La vía a intervenir se encuentra en el municipio de Guadalupe en el departamento del Huila, específicamente en la vereda Miraflores. El sector a intervenir de Miraflores - Guadalupe comprende 450 m de longitud, el cual comienza al costado noroccidental del sector de Miraflores hacia el municipio de Guadalupe, el corregimiento de Santa Ana y la vereda el Rosario en la vía San Antonio del Pescado.

Figura 1 Localización geográfica del tramo

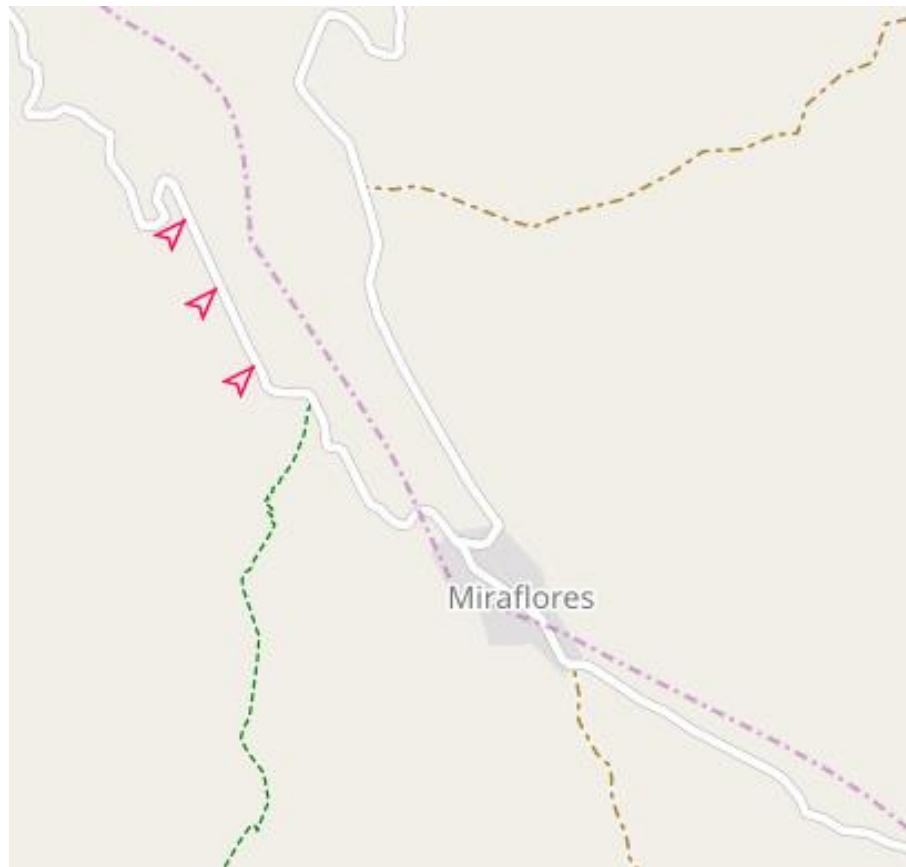


Fuente: (Openstreetmaps, 2019) y modificada por los autores



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Figura 2 Localización del corredor vial Miraflores -Guadalupe



Fuente: tomada de (Openstreetmaps, 2019) y modificada por los autores



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

5 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

El diseño para la estructura del pavimento de este proyecto se realizará de acuerdo y dentro del plan de desarrollo vial en el departamento Huila, municipio de Guadalupe, sector de Guadalupe – Miraflores.

La vía y tramo a intervenir está ubicada en un sector rural, la cual se encuentra en pésimas condiciones, debido a que es una vial que en la actualidad se encuentra en afirmado, en donde se han realizado en pocas ocasiones mantenimiento.

El sector de Guadalupe – Miraflores actualmente es un centro poblado con mucho comercio, debido a la población en sector, el cual, genera productos agrícolas que exporta en diferentes municipios, departamentos y al exterior, por lo que deja en alto al municipio de Guadalupe y por ende el Departamento del Huila.

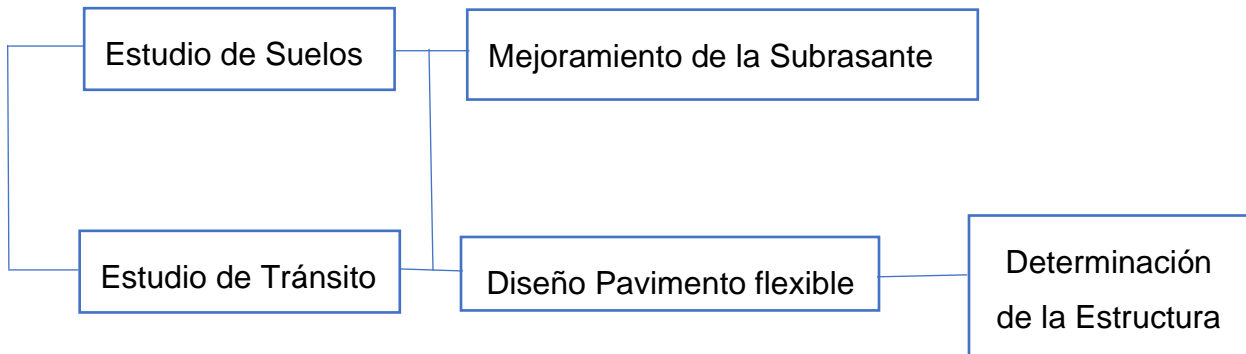
Con el fin de garantizar el transporte de habitantes, productos agrícolas y turistas, se plantea realizar el diseño de la estructura de pavimento de la vía en el sector de Guadalupe – Miraflores, acorde a las características de los materiales de la zona, geometría y diseño de la misma, con el fin de satisfacer las necesidades de la comunidad.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

6 METODOLOGÍA

La realización de este proyecto se encuentra dividida en 8 grandes etapas, las cuales son presentadas mediante el siguiente flujograma:



Fuente: los autores

A continuación, son descritas de manera sucinta cada una de las etapas presentadas anteriormente:

6.1 ESTUDIO DE SUELOS

En la obtención de información primaria geotécnica, de los diferentes tipos de suelos, se realizó una investigación en campo por medio de sondeos y apiques, los sondeos permiten identificar el tipo de suelo, perfil estratigráfico, el nivel freático, condiciones de humedad, plasticidad y granulometrías, los apiques nos permite conocer las características y los parámetros de resistencia de la subrasante, los ensayos se realizaron inicialmente separados 200 metros, pero se determinó para poder sacar un promedio y percentil, realizarlos separados 150 metros para obtener una verificación más exacta sobre la estructura de la vía actual, seguidamente se realizaron los ensayos de laboratorio que nos permita identificar sus propiedades físicas y caracterización de los suelos, que cumplan con la norma invias, podemos nombrar el tipo de ensayo y su respectiva norma como son: humedad, Granulometría, limite plástico e índice de plasticidad, limite Liquido, gravedad específica, compactación, resistencia CBR.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

6.2 MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

Una vez obtenemos los resultados definitivos de los estudios de suelo, identificamos mediante la resistencia CBR en los apiques realizados calculando por método de percentil es del 3%, por lo tanto y por normatividad estos suelos deben ser mejorados, es por eso que recomendamos dentro del diseño dos alternativas de mejoramiento de la subrasante calculando el CBR equivalente por método de Shell, recomendando geotextil NT 2400 o similar como separación de la subrasante con la estructura de pavimento para garantizar la estabilidad y durabilidad del pavimento.

6.3 ESTUDIO DE TRÁNSITO

Realizado el conteo para determinar el tránsito promedio diario (TPD), de acuerdo al número de ejes equivalentes – acumulados y la tasa de crecimiento, determinamos según los resultados obtenidos que el número de ejes de diseño no supera los 500 mil ejes, por lo tanto, nos basamos en las condiciones establecidas en el manual de diseño de pavimentos para vías con bajos volúmenes de tránsito del INVIAS.

6.4 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

El diseño de la estructura de pavimento flexible, está conformada por una o más capas de materiales que se colocan sobre el terreno natural o subrasante, para aumentar su resistencia y durabilidad de circulación de vehículos, adicional a la estructura se define los métodos de diseño a realizar, el presente diseño se realizó mediante el método de AASHTO 1993 (American Association of State Highway and Transportation Officials)(AASHTO, 1993), corroborada por el método mecanicista del INVIAS, definida la estructura, realizamos el cálculo de esfuerzos y deformaciones actuantes, cálculo de deformaciones admisibles, por ultimo calculamos consumo y reserva a través de los esfuerzos y deformaciones de la estructura del pavimento.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

6.5 DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURA

Obteniendo los resultados de la estructura de pavimento flexible, se determinara de acuerdo a la estabilidad, durabilidad y costo, la mejor opción, garantizando la confiabilidad de acuerdo al periodo de diseño, satisfaciendo las necesidades de la comunidad en general.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

7 RESULTADOS

7.1 ESTUDIO DE SUELOS

En el presente estudio de suelos se tiene como finalidad conocer las características físicas y mecánicas del subsuelo que servirá para el diseño óptimo del proyecto, en el cual, se presentan las investigaciones y parámetros geotécnicos de la vía diseñar.

El proyecto en mención se realizó rigiéndonos con la Norma Técnica de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías – INVIAS, para determinar las características físicas, plásticas y mecánicas, las cuales, son claves a la hora de realizar el diseño.

Durante los trabajos de campo y laboratorio, se realizaron tres (3) apiques tipo trinchera a una profundidad máxima de -1.50 metros, análisis, ensayos y toma de muestras InSitu dando cumplimiento a los estándares vigentes de acuerdo a este tipo de ensayos y el análisis de los suelos de cimentación, índice de liquidez y compresión, CBR de campo e inalterado sobre los suelos cohesivos y granulares.

Tabla 1 Profundidad y localización de perforación

APIQUES	ABSCISAS	MARGEN	PROFUNDIDAD (M)
1	PR 0+720	IZQUIERDA	1.50
2	PR 0+870	DERECHA	1.50
3	PR 1+020	DERECHA	1.50



Tabla 2 Resultados de apique número 1

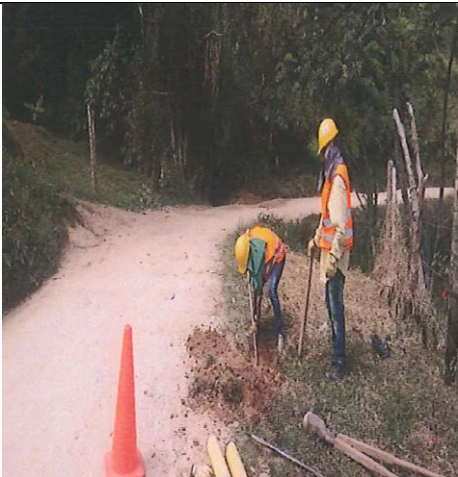

Profundidad de estrato		Descripción	Clasificación	Valor como fundación no sujetas a heladas	Compresibilidad y expansión	Características de drenaje
1	0.00 - 0.30	Arena limosa inorgánica con presencia de grava color café veta habana y amarilla.	SM	Aceptable a bueno	Ligera a media	Malo a prácticamente impermeable
2	0.30 - 0.50	Arena limosa inorgánica con presencia de grava color café veta amarilla	SM	Aceptable a bueno	Ligera a media	Malo a prácticamente impermeable
3	0.50 - 0.90	Arcilla limo-arenosa inorgánica color café veta gris.	ML-CL	Regular a pobre	Ligera a media	Aceptable a mala
4	0.90 - 1.30	Arcilla con tranzas de arena inorgánica color café veta gris.	CL	Regular a pobre	Mediana	Prácticamente impermeable
5	1.30 - 1.50	Arcilla con tranzas de arena inorgánica color gris veta café.	CL	Regular a pobre	Mediana	Prácticamente impermeable

Fuente: los autores



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Tabla 3 Resultados de apique número 2



						
Profundidad de estrato		Descripción	Clasificación	Valor como fundación no sujetas a heladas	Compresibilidad y expansión	Características de drenaje
1	0.00-0.60	Arena limosa inorgánica con presencia de gravas color café veta amarilla.	SM	Aceptable a bueno	Ligera a media	Malo a prácticamente impermeable
2	0.60-0.90	Limo arenoso inorgánica color café veta morada y amarilla.	ML	Regular a pobre	Ligera a media	Aceptable a mala
3	0.90-1.50	Arena limosa inorgánica con presencia de grava color café veta habana y amarilla	SM	Aceptable a bueno	Ligera a media	Malo a prácticamente impermeable

Fuente: los autores



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Tabla 4 Resultados de apique número 3

						
Profundidad de estrato		Descripción	Clasificación	Valor como fundación no sujetas a heladas	Compresibilidad y expansión	Características de drenaje
1	0.00-0.70	Arena limosa inorgánica color negra veta café.	SM	Aceptable a bueno	Ligera a media	Malo a prácticamente impermeable
2	0.70-1.50	Arena arcillosa inorgánica con presencia de grava color café veta amarilla.	ML	Regular a pobre	Ligera a media	Aceptable a mala

Fuente: los autores



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Para la determinación del CBR de la subrasante, se realizaron los ensayos in-situ y laboratorio, los cuales, arrojaron resultados en cuanto a la capacidad portante del suelo actual de la vía. Para este tipo de ensayo se tomaron CBR inalterados y no sumergidos, con los cuales se evalúa el comportamiento de la subrasante.

Tabla 5 Resultado CBR

CBR SUBRASANTE	IDENTIFICACION	AP1	AP2	AP3	CBR PROMEDIO	CBR PERCENTIL
	ABSCISA	PR0+720	PR0+820	PR1+020		
	CBR SIN IMERSION	2.70	2.50	5.30	3.50	3.00

Fuente: los autores

Una vez, se conocen los resultados de CBR de cada uno de los apiques, se realiza el promedio para determinar el valor adoptado para el tramo, sin embargo para ser más precisos se calcula mediante el método de percentil, con el fin de optar de manera precisa en el cálculo del valor óptimo a estimar en el trayecto y/o tramo.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

7.2 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

De acuerdo a los resultados obtenidos de CBR y calculados mediante percentil, se obtiene un valor de CBR del 3%, el cual es muy bajo para soportar la estructura del pavimento. Por lo tanto se plantea realizar el mejoramiento o donde se pueda realizar según las condiciones geométricas y diseño de la vía remanente de la subrasante empleando como fórmula de Shell, para calcular el CBR equivalente con el fin de proporcionar el espesor y material óptimo que cumpla como cimiento de la estructura de pavimento, adicional a esto se recomienda emplear geotextil NT 2400 o similar con el fin de garantizar la separación entre la subrasante y los materiales granulares garantizando la durabilidad y estabilidad del nuevo pavimento. A continuación relacionamos la fórmula de Shell empleada para calcular el CBR equivalente:

Tabla 6 Calculo de CBR EQUIVALENTE

FORMULA					
Esm	=	0.206	(h) ^{0.45}	Esr	=
DATOS					
CBR	=	3.0	%		
ESP	=	105	mm		
SOLUCION					
Esm	=	0.206	8.120	29.40	= 49.18
Esm	=	49.18	0.098	100	= 5.02 CBR EQUIVALENTE

Fuente: Los autores



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

7.3 ESTUDIO DE TRÁNSITO

El estudio de tránsito es un factor determinante a la hora de realizar el diseño de un pavimento, el cual va ligado de manera directa al estudio de suelos, por lo tanto, mediante aforos vehiculares detallados en días típicos y atípicos, se calcula el número de ejes equivalentes y acumulados con el fin de obtener un cálculo definitivo. Así mismo, obteniendo la tasa de crecimiento del parque automotor, determinamos el tránsito de acuerdo al periodo de diseño, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 7 Resultado aforo, tránsito promedio diario

Días Atípicos	Auto	Bus	Camión	C2P	C2G
Sábado	72	15	15	10	6
Domingo	72	15	15	10	6
Total	144	30	30	20	12
Días Típicos	Auto	Bus	Camión	C2P	C2G
Lunes	52	11	13	8	4
Martes	52	11	13	8	4
Total	104	22	26	16	8
	Auto	Bus	Camión	C2P	C2G
TPD típico	104	22	26	16	8
TPD atípico	144	30	30	20	12
%	69.66%	14.61%	15.73%	10.11%	5.62%
	Auto	Bus	Camión	C2P	C2G
TPDs	58	12	13	8	5
83		48%	52%	32%	20%

Fuente: Los autores



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

7.4 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Analizamos el procedimiento, proponiendo una estructura por el método AASHTO – 93.

Tabla 8 Estructura de pavimento flexible - AASHTO 93

DATOS:

ESAL DE DISEÑO	450,000.00
CONFIABILIDAD	85%
DESVIACION	-1.036
SERV INICIAL (Po)	4.20
SERV FINAL (Pt)	2.00
DELTA PSI	2.20
So	0.45

DATOS DE SUELO

CBR BASE (%)	80
CBR SUBBASE (%)	30
CBR SUBRASANTE (%)	5
ESTABILID MARSHALL (N)	7500
F'c (Mpa)	0

Módulo Resiliente (Psi) 7,157.0

CAPA DE MATERIAL	Coefficiente de Capa (a)	Coefficient e de Drenaje (m)	ESPESOR (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPESOR (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0.40	1	2.95	1.177	7.50	2.993
Base Granular	0.13	1	7.87	1.024	15.00	1.951
Sub Base Granular	0.11	1	11.81	1.307	25.00	2.767

SN (Calculado)	3.508	7.711
SN (Requerido)	2.880	7.315
	OK	OK

Fuente: (software AASTO, 93)



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Procedemos a realizar el cálculo de esfuerzos y deformaciones actuantes.

Figura 3 Cálculo de esfuerzos y deformaciones

WinDepav 2.6 (con DOSBox 0.74) por Luis Ricardo Vásquez Varela, M.Sc. X

Archivo DEPAV Acerca de

Descripción del proyecto (no use comas)

GUAD-MIR Número de capas
 2 3 4 5 6

Archivo:

Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuellamiento

Capa	E (kgf/cm ²)	ν	h (cm)	Liga	Daño por tensión			Daño por compresión			
					$C^*k_1*(1/E)^k_3$	k ₂	N esperado	k ₄	k ₅	N esperado	
1	31400	0.35	¿E? 7.5	<input type="checkbox"/>							
2	1930	0.35	¿E? 15	<input checked="" type="checkbox"/>							
3	1030	0.35	¿E? 25	<input checked="" type="checkbox"/>							
4	49	0.40	¿E?	<input checked="" type="checkbox"/>							

Carga en la superficie del pavimento

Seleccionar modelo de carga

Radio del área de contacto (cm)

Distancia entre ruedas (cm)

Presión de contacto (kgf/cm²)

IMPORTANTE: Para el correcto funcionamiento de WinDEPAV es necesario que el sistema operativo reconozca el punto (.) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.

Este programa requiere el software DOSBox para funcionar en sistemas operativos de 64 bits.

Escriba al correo electrónico: ingepav@gmail.com, si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDEPAV.

Luis Ricardo Vásquez Varela, 2017.

Fuente: (software WINDEPAV, 2.6)



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Figura 4 Calculo para una carpeta de 7.5 cm

Resultados del análisis

Archivo											
Descripción del proyecto		GUAD - MIR									
Sistema de carga		Posición del valor máximo para una carga									
Radio de las ruedas (cm)	10.80	<input type="radio"/> A Bajo una rueda simple <input checked="" type="radio"/> B Bajo una de las ruedas de la carga <input type="radio"/> C Al centro de la carga									
Distancia entre los centros de las ruedas (cm)	32.40										
Presión de contacto de las ruedas (kg/cm ²)	5.594										
		<input type="button" value="Gráficos de respuesta"/> <input type="button" value="Exportar resultados a Excel (csv)"/>									
Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuellamiento.											
Número de capas: <input type="text" value="4"/>											
No.	E (kgf/cm ²)	v	Z (cm)	Sigma T (kgf/cm ²)	Sigma Z (kgf/cm ²)	Épsilon T (microstrain)	N admisible	Factor de daño	Épsilon Z (microstrain)	N admisible	Factor de daño
1	3.140E+04	0.35	0.00	2.029E+01	5.598E+00	389.0	B		-244.0	B	
	<i>Continua</i>		7.50	-1.417E+01	2.152E+00	-345.0	B		365.0	A	
2	1.930E+03	0.35	7.50	2.162E-01	2.152E+00	-345.0	B		1010.0	B	
	<i>Continua</i>		22.50	-6.210E-01	8.382E-01	-413.0	C		608.0	C	
3	1.030E+03	0.35	22.50	-1.203E-01	8.382E-01	-413.0	C		844.0	C	
	<i>Continua</i>		47.50	-2.855E-01	3.283E-01	-306.0	C		498.0	C	
4	4.905E+02	0.40	47.50	-1.835E-02	3.283E-01	-306.0	C		684.0	C	
Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm)		76.84									
Radio de curvatura (m)		97.32									
Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100)		7478.1									
								<input type="button" value="Salir y descartar los resultados"/>		Activar Win Ve a Configura	


Fuente: (software WINDEPAV, 2.6)



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).


Además, realizaremos el cálculo de esfuerzos, deformaciones y deflexión admisibles.

Figura 5 Cálculo de esfuerzos, deformaciones y deflexión admisible

 **Esfuerzos, Deformaciones y Deflexión Admisibles**
Archivo Resultados Acerca de CEDAP

Proyecto:

Parámetros de Entrada:

Tránsito:	<input type="text" value="450000"/>	Ejes de 8.2 Ton.		Shell: <input type="radio"/> NC = 50% <input checked="" type="radio"/> NC = 85% <input type="radio"/> NC = 95%
Rigidez de Mezcla:	<input type="text" value="3140"/>	MPa		
Vol. de Asfalto:	<input type="text" value="6"/>	%		
Factor de Calage:	<input type="text" value="5.00"/>	<input type="text" value="¿K?"/>		
CBR Subrasante:	<input type="text" value="5"/>	%		

Esfuerzos, Deformaciones y Deflexión Admisible:

<input type="button" value="Deformaciones - SHELL"/>	<input type="button" value="Esfuerzo Vertical"/>
Deformación de Tracción: <input type="text" value="2.420E-04"/> strain	Dormon-Kerhoven: <input type="text" value="7.060E-01"/> kg/cm ²
Deformación Vertical: <input type="text" value="8.108E-04"/> strain	CRR de Bélgica: <input type="text" value="3.363E-01"/> kg/cm ²

Criterio de Yang Huang: mm

Fuente: (software CEDAP)



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Por último, realizamos el cálculo del consumo y reserva a través de los esfuerzos y deformaciones de la estructura del pavimento.

Tabla 9 Calculo de reservas y consumos de la estructura

CAPA	PARAMETRO	V/SERVICIO	V/ADMISIBLE	% CONSUMO	% RESERVA
CARPETA	Deformación radial de tracción en la base de la carpeta asfáltica	-3.45E-05	2.42E-04	-14.26	114.26
SUBRASANTE	Deformación vertical de compresión sobre la subrasante	6.84E-05	8.11E-04	8.44	91.56
	Esfuerzo vertical de compresión sobre la subrasante (kg/cm ²)	0.0328	7.06E-01	4.65	95.35
MODELO ESTRUCTURAL	Deflexión máxima (mm)	0.768	1.10E+00	69.69	30.31

Fuente: Los autores

Teniendo en cuenta la reserva calculada para deflexión máxima, se da viabilidad a la estructura planteada, la cual cumple a satisfacción de acuerdo a los parámetros establecidos durante el periodo de diseño, quedando de la siguiente manera:7

Figura 6 Resultado estructura de pavimento



Fuente: Los autores



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

8 CONCLUSIONES

Un suelo con un CBR inferior a cinco, es preferible sustituir este material o en caso de que la geometría y diseño de la vía lo permitan realizar un remante. Así mismo, se sugiere utilizar geotextil NT 2400 o similar con el fin de garantizar una separación entre las capas granulares de la estructura.

Los aforos realizados en campo se realizaron de manera ordenada garantizando el conteo continuo por turnos, con el fin de obtener la cantidad real de vehículos que circulan por esta vía.

Durante el corredor vial se observó la necesidad de reemplazar y construir nuevas obras de drenaje (se realiza inventario) tales como: alcantarillas y filtros, con el fin de garantizar la estabilidad y durabilidad del nuevo pavimento.

Es importante tener en cuenta PAGA (Plan de Adaptación a la Guía Ambiental), durante la ejecución del proyecto, teniendo en cuenta que debemos mitigar, restaurar y controlar las posibles afectaciones o cambios que se generan a la hora ejecutar este tipo de proyecto para conservar nuestro entorno.

La estructura del pavimento calcula mediante el método AASHTO-93 cumplió con los espesores mínimos de cada una de las capas granulares y MDC, así mismo, con los porcentajes de CBR de cada uno de los materiales granular.

Una vez se obtuvo la estructura se realizó el cálculo de esfuerzos, deformaciones actuantes y admisibles, para realizar el cálculo de reservas y consumos de la estructura cumpliendo a cabalidad.



9 RECOMENDACIONES

Es necesario que durante el proceso de construcción se haga un seguimiento por parte de un ingeniero geotecnista o especialista en vías con el fin de llevar control y garantizar las condiciones geotécnicas de los materiales.

Es importante suministrar geotextiles para separación de las capas, en este caso se recomienda suministrar un geotextil NT 2400 o similar, con el fin de aislar la capa de la subrasante con los materiales granulares para garantizar la durabilidad y estabilidad de la estructura del pavimento.

Se debe garantizar que los materiales a utilizar cumplan con las especificaciones generales de construcción de carreteras regidas por el Instituto Nacional de Vías INVIAS.

El manual de drenajes del INVIAS en su capítulo 5 numeral 5.3 Drenajes de la estructura de pavimento recomienda realizar protección a la estructura de pavimento mediante drenes laterales y drenes internos esto con el fin de proteger al máximo la estructura del agua de infiltración.

El plan de adaptación a la guía ambiental (PAGA), es importante durante la ejecución del proyecto para que sea desarrollado de acuerdo a la identificación de los factores prioritarios en la zona tales como hídricos, morfología, atmosférico, suelo, flora, fauna, socioeconómico y cultural, evaluando el impacto generado en cada uno de ellos, con el fin de mitigar, prevenir, controlar, compensar y corregir posibles efectos negativos.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

10 BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. *Aashto*, p. 624.

Instituto Nacional de Vías, & Transporte. (2012). Especificaciones generales de construcción de Carreteras. Capítulo 3 - Afirmados, subbases y bases. *Ministerio de Transporte*, 1, 900–906. Retrieved from <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos>

INVIAS. (2007). *Capitulo 6-Estructuras De Drenaje*.

INVIAS. (2013). Artículo 453-13. Mezcla drenante. *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras*, 27.

Ministerio de Transporte, & INVIAS. (2007). *Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito*. 103.

PLAN_DE_DESARROLLO_EL_CAMINO_ES_LA_EDUCACION_2016.pdf. (n.d.).

Sandoval, C. H. H. (2011). *Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras* (p. 284). p. 284.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).