

DISEÑO PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MR
3.8 MPa

PROYECTO:

**“MEJORAMIENTO DE
VÍAS RURALES MUISCA EN EL MUNICIPIO
DE COTA, CUNDINAMARCA”**

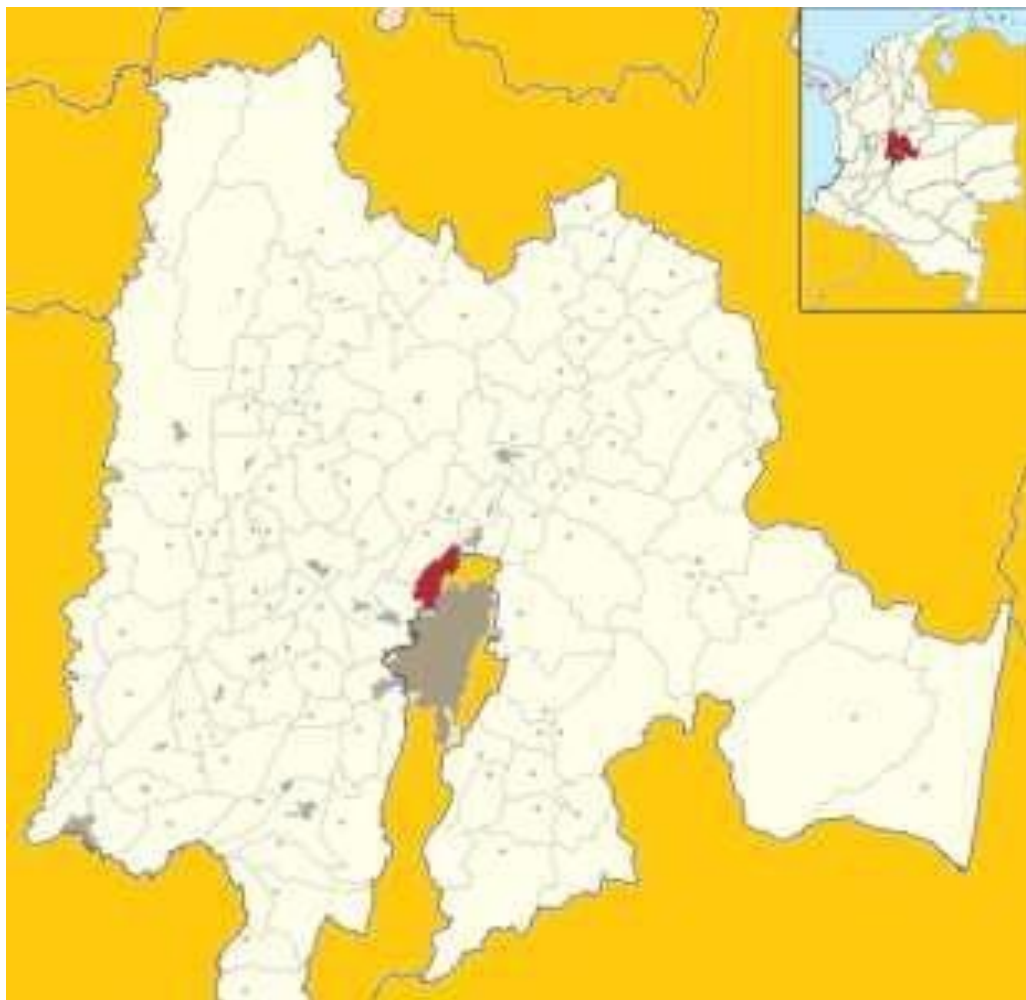
ELABORADO POR:



VICTOR JULIO GUAYAMBUCO QUINTERO INGENIERO CIVIL
Matrícula Profesional No.: 252021-16054 CND

NOVIEMBRE DE 2024.

**“MEJORAMIENTO DE VÍAS RURALES MUISCA EN EL MUNICIPIO DE
COTA, CUNDINAMARCA”**



Localización del Proyecto. Cota-Cundinamarca

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	4
2. ALCANCE.....	5
3. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	5
3.1. TRANSITO PROYECTO.....	6
3.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	6
3.2.1. Exploración Geotécnica	6
3.2.2. Ensayos De Laboratorio	7
3.2.3. Determinación de los parámetros de diseño y geotécnicos	7
3.3. SUBBASE GRANULAR CLASE C	9
3.4. DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA PARA EL TRAMO VIAL.....	9
3.5. CATEGORÍA DE LA RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE	9
3.6. CATEGORÍA DE LAS CONDICIONES DE TRANSFERENCIA DE CARGA Y CONFINAMIENTO.....	9
3.7. ESPESOR ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	10
3.8. PROPUESTA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	11
3.9. DETALLES CONSTRUCTIVOS DISEÑO DE PAVIMENTO	12
3.9.1. Determinación de la Modulación de Losas.....	13
3.9.2. Juntas Longitudinales	13
3.9.3. Juntas Transversales de Construcción.	14
3.9.4. Juntas Transversales de Expansión	15
3.9.5. Sellado de Juntas.....	16
3.9.6. Refuerzo de Losas.....	17
3.9.7. Transferencia de cargas de losas a Berma cunetas.....	19
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	21

TABLAS

Tabla 1. Categorización del tránsito según la carga	5
Tabla 2. Grado de expansión	7
Tabla 3. Categorías de la resistencia de la subrasante	9
Tabla 4. Categorías de las condiciones de transferencia de carga y confinamiento en pavimentos rígidos.	10
Tabla 5. . Configuración del pavimento	10
Tabla 6. Espesor del pavimento	11
Tabla 7. Refuerzo en las juntas para pavimentos rígidos	15

FIGURAS

Figura 1. Estructura propuesta en el estudio Geotécnico-----	8
Figura 2. . Modelo seleccionado estructura de pavimento -----	12
Figura 3. Sección típica del Diseño de estructura de pavimento -----	12
Figura 4. Detalle refuerzo en juntas Longitudinales -----	14
Figura 5. Detalle dovelas -----	16
Figura 6. Detalle sello de juntas con doble corte y cordón de respaldo	17
Figura 7. Detalle refuerzo en losas -----	17
Figura 8. Detalle refuerzo en losas -----	18
Figura 9. Detalle refuerzo en losas irregulares -----	18
Figura 10. Detalle refuerzo en losas accesos a predios-----	19

1. INTRODUCCION.

El propósito de este documento es presentar el diseño de un pavimento rígido por la metodología del INVIAS considerando los parámetros de diseños suministrados, aplicando los correspondientes factores de seguridad, considerando las variables del suelo, las propiedades inherentes del concreto y volúmenes de tránsito.

El municipio de Cota – Cundinamarca viene adelantando proyectos enmarcados en su plande desarrollo, encaminado a mejorar la movilidad de las vías rurales y urbanas.

Este diseño se realiza teniendo en cuenta la información levantada en campo mediante apiques a cielo abierto, los datos de CBR inalterado y los resultados de laboratorio de las muestras extraídas.

Considerando el crecimiento económico en la región el cual, es directamente proporcional al incremento tránsito del sector, es necesario garantizar que las vías ofrezcan un adecuado nivel de serviciabilidad, es decir, que tanto la comodidad y la seguridad en la superficie de rodadura prevalezcan; para esto se debe diseñar y construir el pavimento de tal manera que los agentes externos como la temperatura, la pluviosidad, el drenaje y la calidad de los materiales se ajuste a las condiciones del tránsito, del nivel de importancia y del tipo de terreno, asegurando así que el pavimento cumplirá con su periodo de diseño.

CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA: El municipio de Cota – Cundinamarca posee un clima frio, con temperaturas promedio de 15 grados centígrados.

ALTITUD DEL TERRENO: El proyecto se encuentra localizado 3300 m.s.n.m.

2. ALCANCE

Este documento tiene como alcance realizar el diseño de la estructura de pavimento rígido MR 3.8 Mpa de manera óptima, teniendo en cuenta los resultados de otros estudios complementarios como lo es el estudio de tránsito, suelos y recomendaciones del especialista en geotecnia.

3. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

3.1. TRANSITO DEL PROYECTO.

Teniendo en cuenta los resultados del estudio de tránsito del proyecto, Para el corredor vial a diseñar, se tiene para el corredor un tránsito con un Nequi (Ejes equivalentes) acumulado, Nequi=10.950.

Adoptando el número de ejes equivalentes en el carril de diseño podemos categorizar el flujo vehicular de acuerdo a los parámetros dados en la CARTILLA DE OBRAS MENORES DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES DEL INVIAS de la siguiente manera.

CATEGORÍA	CARGA [EE _{8.2t}]
N1	$N < 150000$
N2	$150000 < NS \leq 300000$
N3	$300000 < NS \leq 500000$

Tabla 1. Categorización del tránsito según la carga

Fuente: Cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del programa Colombia Rural

Basados en la categorización propuesta en la tabla y adoptando un valor de Ejes equivalentes en el carril de diseños de 10.950 EE, tenemos que la vía corresponde a una categoría **N1**, por ser el valor de carga de EE de 8,2 ton menor a 150.000 EE.

3.2. ESTUDIO GEOTECNICO.

Se realizan exploraciones para obtener las características del suelo en los segmentos viales en estudio.

A continuación, se presentan las consideraciones relevantes y necesarias para el diseño de la estructura de pavimento, Obtenidas de las exploraciones de suelos realizado para el proyecto.

3.2.1 Ensayos de laboratorio.

La clasificación de los suelos encontrados se realiza por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) y el sistema de la AASHTO, y la determinación de las características de resistencia mecánica del suelo se hizo mediante la ejecución de los siguientes ensayos de laboratorio:

- ✓ Determinación de humedad.
- ✓ Límites líquido y plástico.
- ✓ Granulometría.
- ✓ Resistencia (CBR).

A continuación, se relacionan la clasificación de los suelos y los resultados obtenidos en el laboratorio:

3.2.2 Determinación de los parámetros de diseño y geotécnicos.

Con el fin de establecer las condiciones mecánicas del suelo, se realizaron las siguientes actividades.

✓ Potencial de expansión.

El material fino encontrado en los tramos de vías del proyecto presenta valores de índice plástico entre 7% y 17%, los cuales de acuerdo con lo establecido en la tabla 132-2 de la norma E-132 del INVIAS utilizando el criterio de Holtz y Gibbs, cualifica los suelos con potencial expansivo “Medio”.

Grado de expansión	Índice de plasticidad IP (%) Holtz y Gibbs
Bajo	< 12
Medio	12 - 23
Alto	23 - 32
Muy alto	> 32

Tabla No 2. Grado de expansión
Fuente. E-132 INVIAS,

De acuerdo con los valores de índice de plasticidad, el diseño estará regido por el potencial expansivo del suelo

✓ Capacidad de soporte de diseño.

El análisis del CBR de diseño se realizará aplicando la siguiente metodología para su selección: cuando se tengan menos de 5 resultados, se recomienda tomar el menor valor

de resistencia, cuando se tengan 5 resultados o más, se pueden usar otros métodos por ejemplo por el criterio de la media o del Instituto de Asfalto. (Sánchez Sabogal Fernando, Modulo 6: Evaluación de la subrasante).

Para la determinación del **CBR de diseño** en la vía del proyecto, se han identificado dos clases de suelo con los siguientes valores: **2.3% y 3.3%**. De acuerdo con los lineamientos establecidos en la **Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales del INVIAS**, el CBR de diseño debe definirse considerando estos valores.

Es importante destacar que, si se identifican otros sectores con un **CBR inferior al 3%**, se recomienda evaluarlos de manera independiente para determinar la necesidad de **mejoramiento del suelo** en esas zonas. Esta medida garantizará una base estructural adecuada para la vía y optimizará su desempeño a largo plazo.

✓ **Mejoramiento.**

La **Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales del INVIAS**, que regula este diseño de pavimento, establece que la subrasante debe tener un **CBR mínimo de 3%** para garantizar un soporte adecuado al pavimento.

En caso de que un estudio de suelos indique valores de **CBR inferiores al 3%**, se recomienda sustituir parcialmente la subrasante con materiales de mejor calidad, como capas de conformación, rajón u otros similares, siempre cumpliendo con las especificaciones técnicas correspondientes.

Para estimar el mejoramiento se debe obtener el valor K de la subrasante mejorada y se calcula el módulo de elasticidad mediante la ecuación de Ivanov:

$$E_{cc} = \frac{E_s}{1 - \frac{2}{\pi} \left[1 - \frac{1}{n^{3.5}} \right] \arctang \left[n \frac{h_m}{2a} \right]} \quad n = \left[\frac{E_m}{E_s} \right]^{1/2.5}$$

Ecuación. Formula de Ivanov.

Se observa que con una capa de 30 cm de mejoramiento con material seleccionado en los tramos con CBR menores a 3%, se le mejora la capacidad portante a la subrasante, obteniéndose un CBR equivalente superior al 3%.

✓ **Estructuras de pavimento propuesta estudio geotécnico.**

Dados los resultados del estudio de suelos encontramos unos tramos en los que se hace necesario un mejoramiento de 30 cms y otros tramos donde no se hace necesario, sin embargo, se considera conveniente mantener un mejoramiento homogéneo y continuo en todos los tramos, que garantice el soporte de la estructura de pavimento a lo largo de todo el segmento vial a intervenir.

Existen otros factores como las condiciones actuales de la vía, las obras de drenaje a construir y el diseño geométrico del pavimento que pueden aumentar el espesor de mejoramiento recomendado, estos serán definidos en el diseño geométrico de la vía y durante la etapa de ejecución.

Para estimar el mejoramiento se debe obtener el valor K de la subrasante mejorada y se calcula el módulo de elasticidad mediante la ecuación de Ivanov:

$$E_{cc} = \frac{E_s}{1 - \frac{2}{\pi} \left[1 - \frac{1}{n^{3.5}} \right] \arctang \left[n \frac{h_m}{2a} \right]} \quad n = \left[\frac{E_m}{E_s} \right]^{1/2.5}$$

Ecuación. Formula de Ivanov.

Se observa que con una capa de 30 cm de mejoramiento con material seleccionado en los tramos con CBR menores a 3%, se le mejora la capacidad portante a la subrasante, obteniéndose un CBR equivalente superior al 3%.

✓ **Estructuras de pavimento propuesta estudio geotécnico.**

Dados los resultados del estudio de suelos encontramos unos tramos en los que se hace necesario un mejoramiento de 30 cms y otros tramos donde no se hace necesario, sin embargo, se considera conveniente mantener un mejoramiento homogéneo y continuo en todos los tramos, que garantice el soporte de la estructura de pavimento a lo largo de todo el segmento vial a intervenir.

Existen otros factores como las condiciones actuales de la vía, las obras de drenaje a construir y el diseño geométrico del pavimento que pueden aumentar el espesor de mejoramiento recomendado, estos serán definidos en el diseño geométrico de la vía y durante la etapa de ejecución.



Figura No 1. Estructura propuesta en el estudio Geotécnico.
Fuente. Estudio de suelos.

3.3 SUBBASE GRANULAR CLASE C.

Como material de apoyo para la losa de concreto, la *CARTILLA DE OBRAS MENORES DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES* DEL INVIAS, recomienda una capa de Subbase granular clase C (SBG) según la especificación 320-22 del INVIAS, de **15 cm de espesor**, como material de soporte de la estructura. Teniendo en cuenta esta recomendación y la propuesta en el estudio de suelos, se adopta un espesor de 15 cm para el diseño de la estructura del pavimento.

3.4 DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA PARA EL TRAMO VIAL.

Se mantendrá el MR propuesto en la *CARTILLA DE OBRAS MENORES DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES* DEL INVIAS, **MR=38 Kg/cm²**.

3.5 CATEGORÍA DE LA RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE.

De acuerdo con el análisis y las recomendaciones del estudio de suelos, se identifican dos tipos de tramos con diferentes capacidades de soporte:

- Tramos con CBR de 2.3%: Presentan una capacidad estructural deficiente, lo que podría comprometer la estabilidad del pavimento. Para estos sectores, se implementará un mejoramiento de 30 cm con materiales de afirmado.
- Tramos con CBR de 3.3%: Cuentan con una subrasante con mejor capacidad portante, por lo que no requieren intervenciones adicionales.

Este enfoque permite optimizar el diseño estructural, asegurando la estabilidad del pavimento en los tramos más críticos sin incurrir en mejoras innecesarias en zonas con mayor capacidad de soporte.

El mejoramiento recomendado por el estudio de suelos es con un material tipo afirmado que cumpla con el ART-311-22 (INVIAS).

CATEGORÍA	CBR [%]
S1	$3 \leq \text{CBR} < 5$
S2	$5 \leq \text{CBR} < 7$
S3	$7 \leq \text{CBR} < 10$
S4	$10 \leq \text{CBR} < 15$

Tabla 3. Categorías de la resistencia de la subrasante Fuente: Cartilla de Obras Menores de Drenaje Y Estructuras Viales

Para los CBR de diseño donde los CBR son superiores a 3% e inferiores a 5%, y basados en la tabla de clasificación de acuerdo a la resistencia de la Subrasante mejorada de la CARTILLA DE OBRAS MENORES DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES DEL INVIAS, podemos clasificar la Subrasante en la categoría **S1**.

3.6 CATEGORÍA DE LAS CONDICIONES DE TRANSFERENCIA DE CARGA Y CONFINAMIENTO.

Para la estructura de pavimento, se propone un sistema de transferencia de carga mediante dovelas, y de confinamiento con berma/cuneta, por lo tanto, corresponde a una categoría de transferencia de carga y confinamiento **TC1**, según se presenta a continuación:

CATEGORÍA	CONDICIÓN
TC1	Dovelas y confinamiento
TC2	Dovelas y sin confinamiento
TC3	Sin dovelas y con confinamiento
TC4	Sin dovelas y sin confinamiento

Tabla 4. Categorías de las condiciones de transferencia de carga y confinamiento en pavimentos rígidos. Fuente: Cartilla de Obras Menores de Drenaje Y Estructuras Viales

3.3 ESPESOR ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

Según los parámetros y categorías establecidas en los numerales anteriores, se presenta a continuación la propuesta de espesores de estructura rígida.

CATEGORIA	PARAMETRO	VALOR
TRANSITO	N1	N < 150.000 EE8.2ton
SUBRASANTE	S1	3<CBR<5
TRANSFERENCIA DE CARGA	TC1	Dovelas y Confinamiento
CONFIGURACION DEL PAVIMENTO	N1-S1-TC1	

Tabla 5. Configuración del pavimento Fuente. Elaboración propia

Según la configuración de las Categorías consideradas, y para una capa de Subbase granular (SBG) de 15 cm, se tiene:

ESPESORES DE CONCRETO-UNIDAD: cm									
CONFIGURACIÓN	6 (H1 SOBRE SUBRASANTE)			7 (H1 + 15 cm SBG)			8 (H1 + 15 cm SCE)		
	ESPESOR	% FATIGA	% EROSIÓN	ESPESOR	% FATIGA	% EROSIÓN	ESPESOR	% FATIGA	% EROSIÓN
N1 S1 TC1	21	49.52	1.15	20	85.11	1.68	18	49.52	1.86
N1 S1 TC2	24	78.48	1.47	24	41.77	1.31	21	37.46	2.75
N1 S1 TC3	21	49.52	14.69	24	85.11	18.21	18	49.52	21.02
N1 S1 TC4	20	78.48	10.77	24	41.77	9.16	21	37.46	13.04
N1 S2 TC1	19	86.3	1.14	19	59.49	0.96	17	36.01	1.65
N1 S2 TC2	23	34.54	0.69	22	59.49	0.97	19	73.33	2.8
N1 S2 TC3	19	86.3	10.9	19	59.49	9.7	17	36.01	14.03
N1 S2 TC4	23	34.54	4.5	22	59.49	5.79	19	73.33	11.1
N1 S3 TC1	19	54.7	0.93	19	39.15	0.79	16	73.33	3.12
N1 S3 TC2	22	54.7	0.96	22	36.01	0.91	19	39.15	2.68
N1 S3 TC3	19	54.7	9.49	19	39.15	8.67	16	73.33	23.25
N1 S3 TC4	22	54.7	5.69	22	36.01	5.26	19	39.15	10.38
N1 S4 TC1	19	36.01	0.76	18	86.3	1.43	16	39.15	2.85
N1 S4 TC2	22	33.13	0.9	21	70.4	1.38	18	89.88	4.34
N1 S4 TC3	19	36.01	8.56	18	86.3	13.06	16	39.15	21.76
N1 S4 TC4	22	33.13	5.18	21	70.4	7.1	18	89.88	15.41
N2 S1 TC1	20	73.33	0.94	20	42.56	0.7	17	86.3	2.22
N2 S1 TC2	24	39.21	0.57	23	54.76	0.74	20	57.05	1.87
N2 S1 TC3	20	73.33	9.13	20	42.56	7.71	17	86.3	16.38

Tabla 6. Espesor del pavimento

Fuente. *Cartilla de Obras Menores de Drenaje Y Estructuras Viales*

De acuerdo a la configuración de los parámetros de diseño y a los cálculos propuestos de la Tabla anterior, el espesor de losa de concreto recomendado es de **20 cm**, para las condiciones de tránsito, subrasante, SBG y transferencia de cargas consideradas.

3.4 PROPUESTA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

Luego de la evaluación de todos los parámetros de diseño y de atender las recomendaciones hechas en el informe de Estudio De Suelos, se propone la siguiente estructura de pavimento para los los segmentos viales.

Losa de concreto hidráulico e=20cm MR=3.8 Mpa
Subbase Granular – SBG – ART 320-22 del INVIAS e=15 cm
Mejoramiento Material de Afirmado - ART 311- 22 del INVIAS e= 30 cm

Figura 2. Modelo seleccionado estructura de pavimento típica Fuente: Elaboración propia.

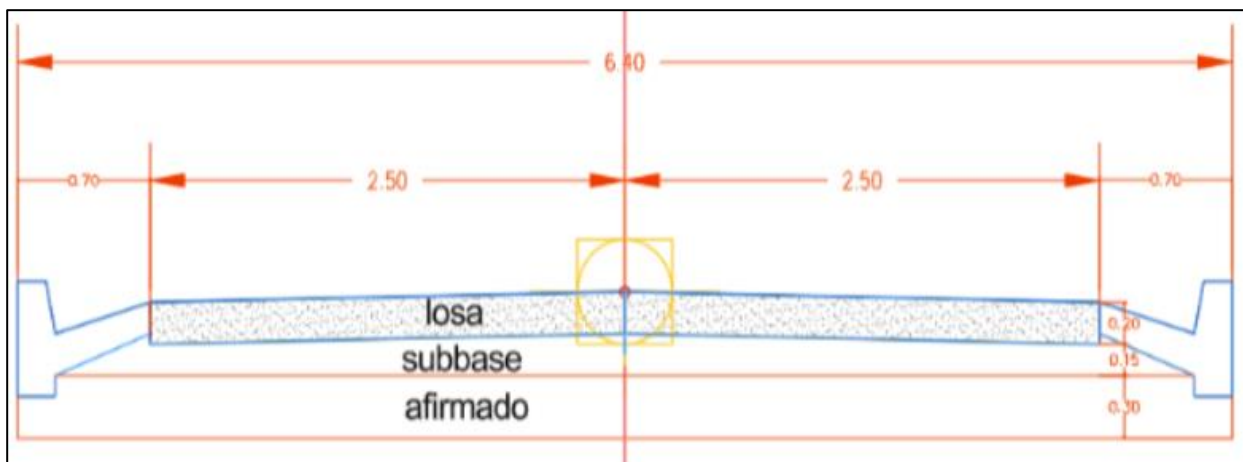


Figura 3. Sección típica del Diseño de estructura de pavimento típica Fuente: Elaboración propia.

3.5 DETALLES CONSTRUCTIVOS DISEÑO DE PAVIMENTO.

La modulación de las losas de un pavimento rígido depende de muchos factores, dentro de los cuales está el espesor de la losa, la relación de esbeltez, la localización de los sumideros, pozos y cámaras de inspección, en este capítulo se determinan las diferentes condiciones bajo las cuales se va a realizar la modulación y los detalles constructivos.

3.5.1 Determinación de la Modulación de Losas.

El ancho de cada losa se adopta de acuerdo con las propiedades geométricas de la zona de estudio encontrada. Se ha observado que las losas cuadradas tienen un mejor comportamiento estructural, por lo cual se recomienda mantener una relación entre largo y ancho de 1.0 ($L=A$) o menor a 1.3 ($L<1.3A$), en todo el sector. Para el caso de la geometría de las losas y dadas las condiciones del ancho de la vía, se utilizará una modulación con relación de 1.20 ($L=1.20A$). Cabe mencionar, que en los casos en que, por la longitud del sector, cuando la losa no pueda mantener esta relación unitaria, la misma no deberá exceder un valor de 1.3, de lo contrario será tomada como una losa irregular.

Para el presente proyecto se proponen Losas de **2.5m** de ancho por **3.0 m** de largo para una relación de esbeltez de $L=1.20^a$, cuando la sección transversal es de 5 m y de **3.0** de ancho por **3.0** de largo cuando la sección transversal es de 3.0 m

3.5.2 Juntas Longitudinales.

Para las juntas longitudinales, se consideran barras de amarre o anclaje para amarrar las dos losas correspondientes, con la finalidad de garantizar la unión y asegurar la transferencia de carga a través de la junta, impidiendo así el desplazamiento de las losas de un carril respecto a las del otro. De acuerdo con las recomendaciones de la Cartilla Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales Programa Colombia Rural del INVIAS, se emplearán barras de acero corrugado #4 con f_y de 420 MPa (60.000 psi) y diámetro de 12.7 mm (1/2").

Ahora, de acuerdo con la siguiente Tabla de Refuerzo transversal en las Juntas longitudinales de la Cartilla, las barras de anclaje tendrán una longitud de 0.85 m y una separación de 1.20 m (ver tabla 7). A continuación, se muestra un detalle de la junta longitudinal.

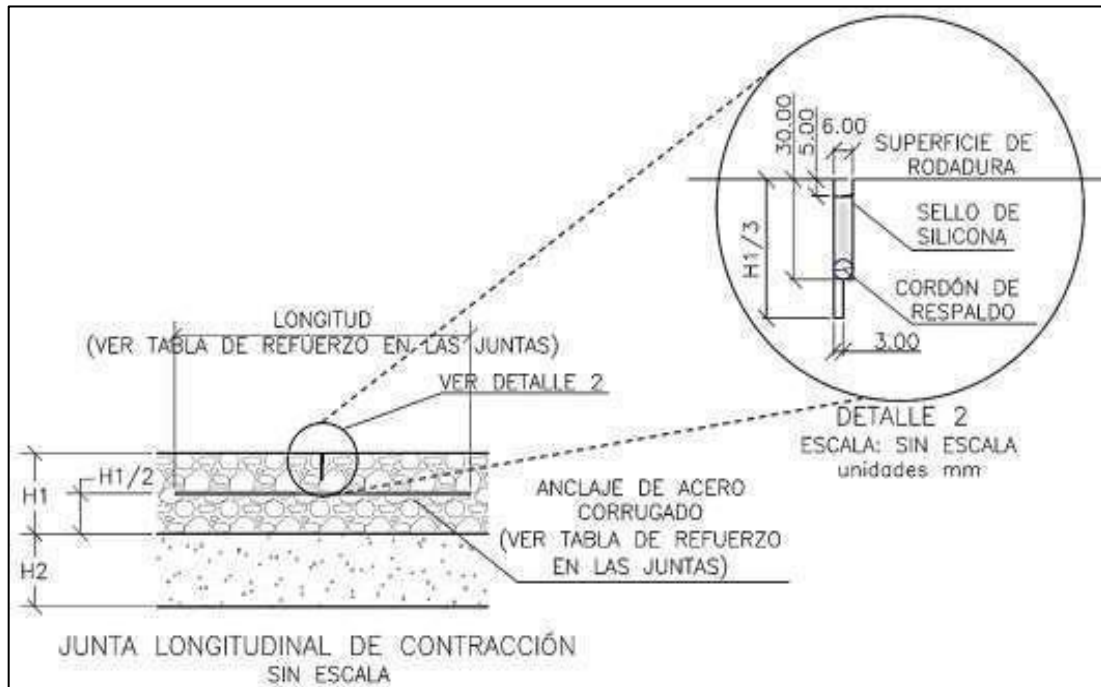


Figura 4. Detalle refuerzo en juntas Longitudinales Fuente: Cartilla INVIAS

3.5.3 Juntas Transversales de Construcción.

En las juntas de expansión y/o en las juntas de construcción, se deberán emplear dovelas de transferencia de carga. Los pasadores o dovelas transmiten tanto fuerzas de cizalladura como momento flector, permitiendo el libre movimiento horizontal de las losas, por lo cual al menos una mitad del pasador debe engrasarse, a fin de evitar su adherencia con el concreto que lo rodea. Para el espesor de diseño de losas de 20 cm, se tiene a partir de la **Tabla 16**, se tiene que las barras Pasajuntas, deben tener un diámetro de 25,4 mm (1") y una longitud de 35 cm con separación cada 30 cm. Cabe mencionar, que estas barras Pasajuntas, deben ser de acero liso engrasadas en la mitad de su longitud.

REFUERZO EN LAS JUNTAS DE PAVIMENTOS RIGIDOS			
TIPO DE REFUERZO	ESPESOR DE LOSA (h1) [cm]	CONFIGURACIÓN	TENOR [kg/m]
REFUERZO LONGITUDINAL (PASADORES O DOVELAS DE ACERO LISO)	16 a 18	L 35cm #7@30cm	3.55
	18 a 20	L 35cm #8@30cm	4.63
	20 a 23	L 40cm #9@30cm	6.75
	23 a 25	L 45cm #10@30cm	9.62
REFUERZO TRANSVERSAL (ACERO ESTRUCTURAL)	16 a 25	L 85cm #4@120cm	0.71
REFUERZO LOSAS IRREGULARES (ACERO ESTRUCTURAL)	16 a 25	2 PARRILLAS #4 @20cm	20.0 [kg/m2]
REFUERZO CANASTILLA PARA PASADORES (ACERO ESTRUCTURAL)	16 a 25	5/16"	3.08
		3/16"	0.14
NOTA: EL TENOR DEL ACERO LONGITUDINAL, TRANSVERSAL Y DE LA CANASTILLA FUE CALCULADO EN BASE A LA LONGITUD UNITARIA DE LA JUNTA. EL TENOR DEL ACERO DE LAS LOSAS IRREGULARES FUE CALCULADO EN BASE AL ÁREA UNITARIA DE LA LOSA.			

Tabla 7. Refuerzo en las juntas para pavimentos rígidos Fuente. Cartilla Invias

Finalmente, en la siguiente Figura se muestra esquemáticamente el corte y sellado de juntas de construcción con Pasajuntas o dovelas de acuerdo con lo planteado por la Cartilla.

3.5.4 Juntas Transversales de Expansión

Son juntas que se construyen en los sitios donde es posible que el movimiento del pavimento pueda generar daños a las estructuras adyacentes o al pavimento en sí mismo.

El propósito de una junta de expansión o aislamiento, determina de alguna manera la necesidad o no de la transferencia de carga. Las juntas de expansión utilizadas para aislar una estructura sobre la línea del pavimento, como por ejemplo un puente, podría tener dovelas para incrementar la transferencia de carga y la eficiencia de la junta. Pero en una junta de expansión en una intersección asimétrica o en rampas, las dovelas se deben omitir para permitir los movimientos horizontales diferenciales y evitar el daño del concreto colindante, en este caso se construye la losa aumentándole su espesor para absorber los esfuerzos de borde no transferidos, tal como indica la siguiente figura:

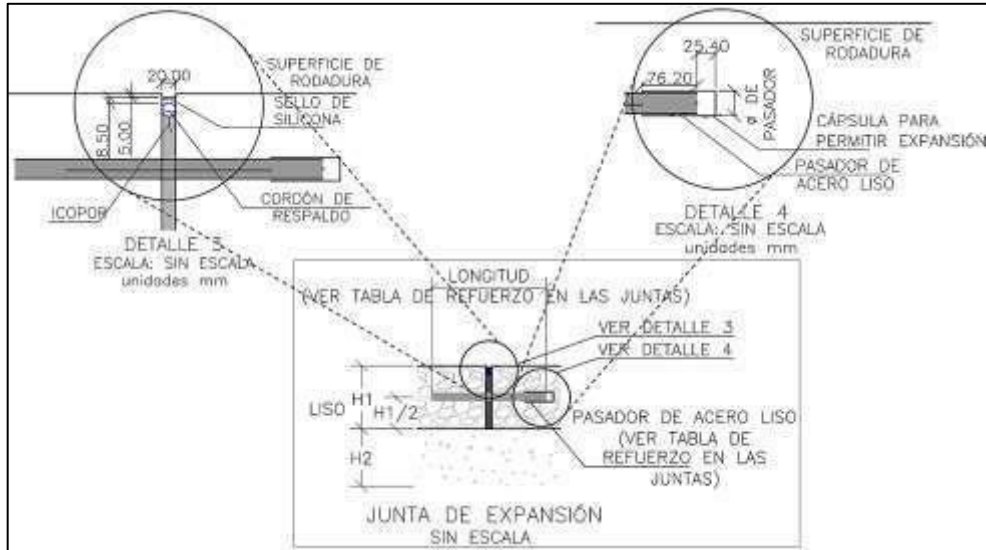


Figura 5. Detalle dovelas Fuente. Cartilla invias

3.5.5 Sellado de Juntas.

El sellante propuesto debe tener una capacidad de elongación -50% a 50%. El material sellante para la parte superior de las juntas del pavimento deberá asegurar la estanqueidad de las mismas y ser resistente a la agresión de agentes externos, para lo cual deberá permanecer adherido a los bordes de las losas. Este, podrá estar constituido por:

Sello elastomérico de aplicación en frío o caliente. En este caso, el Constructor deberá indicar las proporciones de los materiales y los resultados de los ensayos de calidad pertinentes.

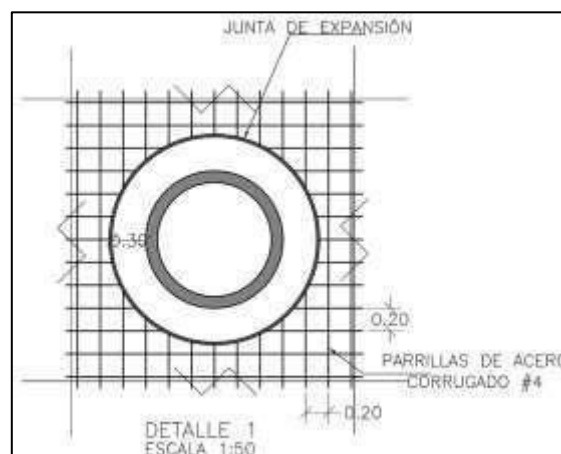
El material que se use para el relleno de las juntas de dilatación, deberá tener la suficiente compresibilidad para permitir la dilatación de las losas sin fluir hacia el exterior, así como capacidad para recuperar la mayor parte de su volumen al descomprimirse. No absorberá agua del concreto fresco y será lo suficientemente impermeable para impedir la penetración. La Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras viales recomienda la implementación de un doble corte con cordón de respaldo el cual será el recomendado por esta consultoría. A continuación, se muestra esquemáticamente el sellado de juntas.



Figura 6. Detalle sello de juntas con doble corte y cordón de respaldo
Fuente. Cartilla invias.

3.5.6 Refuerzo de Losas.

Las losas de concreto adoptadas para el diseño de pavimentos aquí presentado, estarán construidas en concreto simple; sin embargo, en los casos en que las losas se vean afectadas por la presencia de elementos más rígidos que interrumpen su continuidad, tales como pozos, sumideros, entre otros, es necesario no solo la consideración de juntas de dilatación y contracción para evitar la aparición espontánea de fisuras, sino también del refuerzo de la mismas, tal y como se esquematiza a continuación.



Este refuerzo debe aplicarse a zonas donde se presenten curvas horizontales o en zonas donde las losas sean asimétricas.

Adicionalmente se deben reforzar las losas aledañas al acceso a predios, junto con 2 losas antes y 2 losas después de la zona de acceso a los predios identificados a lo largo del tramo vial, según se presenta a continuación.

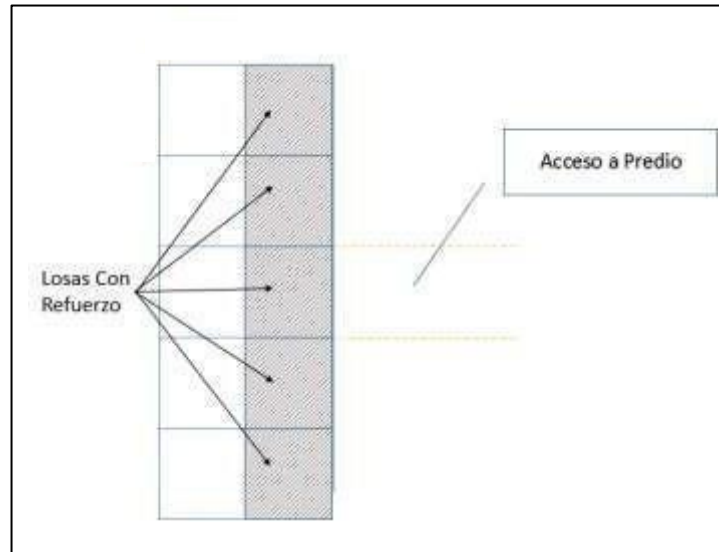


Figura 10. Detalle refuerzo en losas accesos a predios

Fuente. Elaboración Propia

3.3.1 Transferencia de cargas de losas a Berma cunetas.

Debido al poco ancho útil con el que se cuenta en la vía esta consultoría considera necesario instalar un acero de transferencia de la losa hacia las berma cunetas, considerando que, las berma cunetas serán usadas para el tránsito vehicular cuando se hagan sobre pasos en los segmentos viales objeto de este diseño. El acero de transferencia integrará la berma cuenta al pavimento, evitando desplazamientos en la berma cuneta por efectos del sometimiento de cargas vehiculares. El acero de transferencia deberá ser instalado cada 1.2 mts en barras No 3 (3/8") a lo largo de todas las losas de pavimento para ambos laterales.

3.3.2 *Viga de anclaje en sectores de alta pendiente.*

Con el fin de anclar las losas de pavimento de inicio y final en los tramos a intervenir con pendientes altas, superiores al 6%, se deberán construir vigas riostras monolíticas con las losas de inicio y final en los sectores identificados con altas pendientes dentro del diseño geométrico del pavimento, para garantizar un mejor anclaje del pavimento a la rasante del terreno.

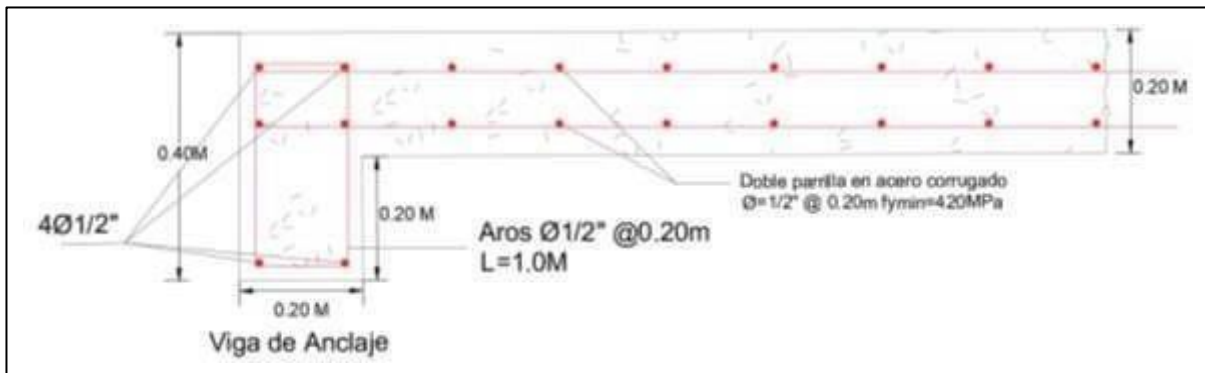


Figura 11. Detalle Viga riostra Losas de anclaje

Fuente. Elaboración Propia

3.3.1 *drenaje paralelo a la estructura de pavimento.*

En los tramos con taludes pronunciados el estudio de suelo recomienda la construcción de un dren paralelo a la estructura de pavimento, el cual debe ir ubicado debajo de la cuneta. Este dren evitara que las aguas producto de la escorrentía de los taludes afecte por saturación la estructura de pavimento ya que se encontraron suelos bastante plásticos en el estudio de suelos.

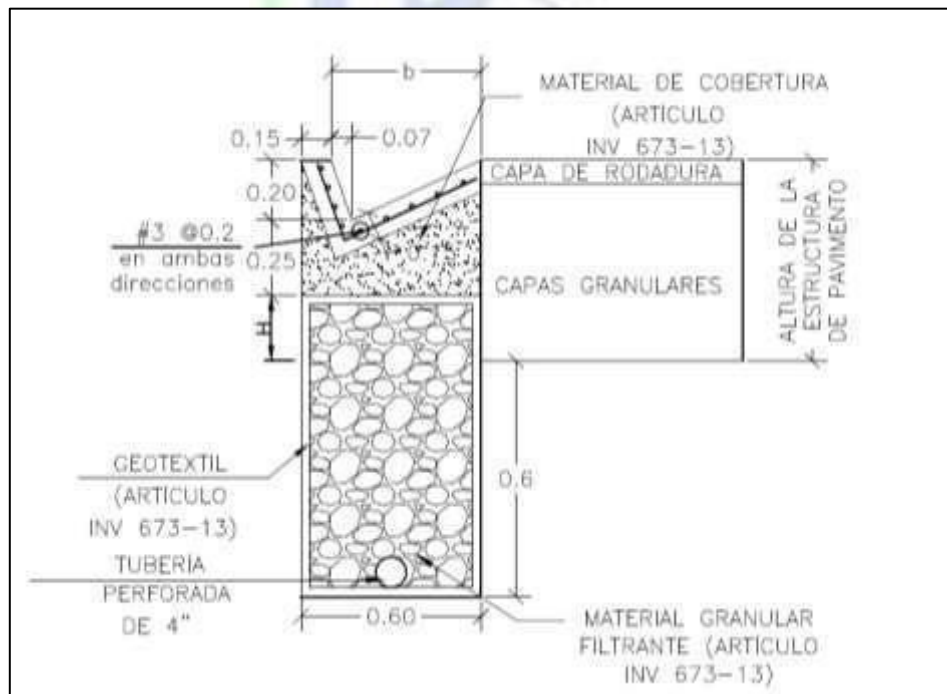


Figura 12. Detalle de drenaje paralelo a la estructura de pavimento.
Fuente. Cartilla Colombia Rural

1. 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- ✓ De acuerdo con el análisis y recomendaciones derivadas de las exploraciones e informe del estudio de suelos para los tramos viales, se establece que la subrasante natural tiene valores de CBR de 2.3 % y 3.3% Así lo establece el estudio de suelos. Sin embargo, se analizaron de manera independiente los segmentos viales con CBR menores al 3%, recomendando en ellos una capa de material de mejoramiento de 30 cm
- ✓ Dados los resultados del estudio de suelos encontramos unos tramos en los que se hace necesario un mejoramiento de 30 cms y otros tramos donde no se hace necesario, sin embargo, esta consultoría considera conveniente mantener un mejoramiento homogéneo y continuo del mejoramiento en todos los tramos que garantice el soporte de la estructura de pavimento a lo largo de todo el segmento vial a intervenir.
- ✓ Existen otros factores como las condiciones actuales de la vía, las obras de drenaje a construir y el diseño geométrico del pavimento, que pueden aumentar el espesor de mejoramiento recomendado, estos serán definidos en el diseño geométrico de la vía y durante la etapa de ejecución.
- ✓ Se tiene que para un espesor de 30 cm de material tipo afirmado, evaluado en el estudio de suelos mediante la fórmula de IVANOV para mejorar la subrasante natural en tramos con CBR inferior al 3%, se alcanzan unos CBR combinados de hasta del 5%. Logrando mantener todos los segmentos diseñados dentro de los parámetros mínimos de soporte para el pavimento rígido.
- ✓ Se deberá realizar mejoramientos adicionales de la subrasante si al conformar la vía se evidencian fallos o deformaciones que ameriten material de mejoramiento para la recuperación de la Subrasante.
- ✓ Como material de apoyo para la losa de concreto, la *CARTILLA DE OBRAS MENORES DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES DEL INVIAS*, recomienda una capa de Subbase granular clase C (SBG) según la especificación **320-22 del INVIAS**, de 15 cm de espesor, como material de soporte de la estructura. Por tanto, se adopta esta recomendación para el diseño de la estructura del pavimento.
- ✓ Para la conformación y compactación de la capa SBG de la estructura se debe cumplir con lo estipulado en la sección 300: Capas granulares de subbase de la misma especificación. Este material granular, debe cumplir con los requisitos de calidad mínimos que garanticen un comportamiento adecuado de la estructura de pavimento, acorde a las hipótesis utilizadas para la modelación.
- ✓ Para el caso de la geometría de las losas y dadas las condiciones del ancho de la vía, esta consultoría, utilizará una modulación con relación de 1.2 ($L=1.2A$). Cabe mencionar, que en los casos en que, por la longitud del sector, cuando la losa no pueda

mantener esta relación unitaria, la misma no deberá exceder un valor de 1.3, de lo

E. mail: delta10ingenieros@gmail.com

Cel: 3146082342 – 3026156593

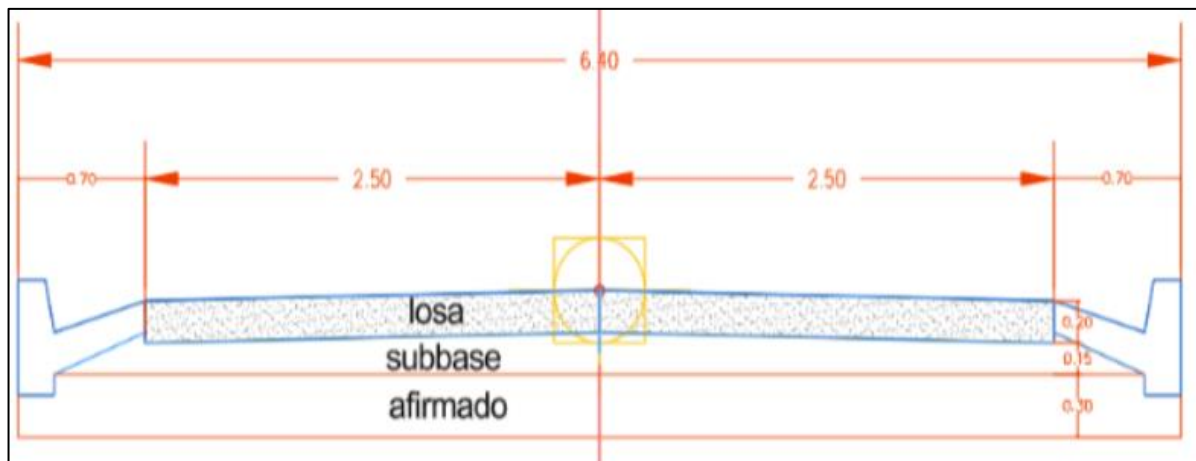
Calle 24ª # 55-06 Bello

contrario será tomada como una losa irregular. Para el presente proyecto se proponen Losas de 2.5m de ancho por 3.0 m de largo para una relación de esbeltez de $L=1.20A$.

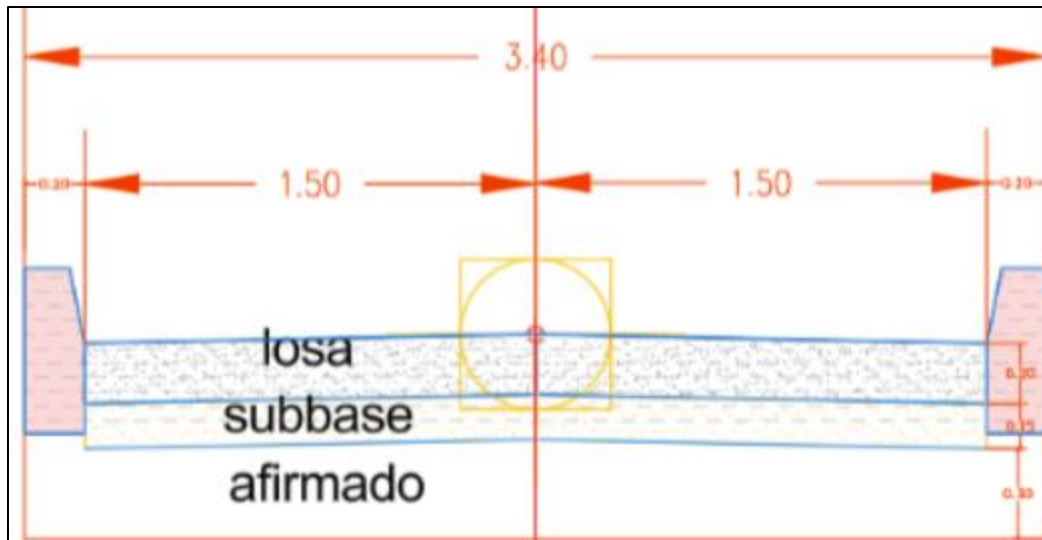
- ✓ Todas las losas de concreto cuya relación de esbeltez (Longitud/Ancho) supere 1.3 o su inverso o que tengan alguna irregularidad (sumideros, pozos de redes, losas irregulares, entre otras formas), deberán ser reforzadas con doble parrilla de barras de $\frac{1}{2}$ " separadas 0.20 m en ambos sentidos.
- ✓ Esta consultoría considera necesario instalar un acero de transferencia de la losa hacia la berma cuneta, considerando que, las bermas cunetas serán usadas para el tránsito vehicular cuando se hagan sobre pasos en los segmentos viales objeto de este diseño. El acero de transferencia integrará la berma cuenta al pavimento, evitando desplazamientos en la berma cuneta por efectos del sometimiento de cargas vehiculares. El acero de transferencia deberá ser instalado cada 1.2 mts en barras No 3 (3/8") a lo largo de todas las losas de pavimento para ambos laterales.
- ✓ En los tramos con taludes pronunciados el estudio de suelo recomienda la construcción de un dren paralelo a la estructura de pavimento, el cual debe ir ubicado debajo de la cuneta. Este dren evitara que las aguas producto de la escorrentía de los taludes afecte por saturación la estructura de pavimento ya que se encontraron suelos bastante plásticos en el estudio de suelos.
- ✓ Con el fin de anclar las losas de pavimento de inicio y final en los tramos a intervenir con pendientes altas, se deberán construir vigas riostras monolíticas con las losas de inicio y final en los sectores identificados con altas pendientes dentro del diseño geométrico del pavimento, para garantizar un mejor anclaje del pavimento a la rasante del terreno.
- ✓ Se deberá tener especial cuidado con el curado y fraguado de las losas de concreto atendiendo las recomendaciones de las especificaciones de construcción del artículo 630-13 del INVIAS y las dadas por el proveedor del concreto.
- ✓ Finalmente, Para el Diseño de la estructura típica de pavimento tenemos una estructura con mejoramiento de la subrasante con una capa de afirmado (**ART 311-22, INVIAS**) de 30 cm de espesor que tiene como función mejorar la capacidad portante de la subrasante natural y mejorar las malas condiciones en las que se encuentra la subrasante debido al fuerte invierno, además de contrarrestar los esfuerzos producidos por la expansividad del suelo. Seguido al mejoramiento se instalará una capa de Subbase Granular SBG de 15 cm (**ART320-22, INVIAS**), y por último una losa de pavimento rígido de 20 cm MR38, a lo largo de todos los segmentos diseñados, como se muestra a continuación en las siguientes imágenes.

Losa de concreto hidráulico e=20cm MR= 3.8Mpa
Subbase Granular – SBG – ART 320-22 del INVIAS e=15 cm
Mejoramiento Material de Afirmado - ART 311- 22 del INVIAS e= 30 cm,

*Modelo seleccionado estructura de
pavimento típica Fuente:
Elaboración propia.*



*Sección típica No.1 del Diseño de estructura de pavimento – típica
SIN DREN Fuente: elaboración propia.*



Sección típica No.2 del Diseño de estructura de pavimento – típica SIN DREN Fuente: Elaboración propia

- ✓ Se deberán seguir todas las recomendaciones y especificaciones de diseño establecidas en los planos anexos a este documento. Detalles constructivos para pavimento, Modulación de losas, Diseño geométrico, implantaciones y demás planos validados en la revisión y complementados en los Ajustes del proyecto.



VICTOR JULIO GUAYAMBUCO QUINTERO

Ing. Civil, Especialista en ingeniería de pavimentos MP. 25202116054 CND

PROFESIONAL VICTOR G.



Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2024-3149659

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que VICTOR JULIO GUAYAMBUCO QUINTERO, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 79451399, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-116054 desde el 17 de Febrero de 2005, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 54.
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 quince (15) días del mes de Noviembre del año dos mil veinticuatro (2024).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

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





Libertad y Orden

Universidad Militar Nueva Granada

En consideración a que:

Victor Julio Guayambuco Quintero

C.C. 79.451.399 expedida en Bogotá

ha cumplido con todos los requisitos exigidos, le confiere el título de

Especialista en Ingeniería de Pavimentos

En constancia se firma el presente Diploma en Bogotá, D.C.

a los 28 días del mes de Julio de 2010.


Rector


Vicerrector Académico


Decano de la Facultad

Acta de Inscripción N° PG-BOM-UMNG
Registro N° PG-3160


Director de Registro y Control Académico

Registro Oficial
Asamblea de Julio 11 de 2010
Bogotá, D.C. República de Colombia
Día 28 de Julio de 2010

Medellín 21 de Enero de 2025

CARTA DE RESPONSABILIDAD

Yo **VICTOR JULIO GUAYAMBUCO QUINTERO** identificado con cedula de ciudadana 79.451.399 en mi calidad de INGENIERO CIVIL con matricula profesional N° 25202116054 expedida por el Consejo Profesional de Ingenieria COPNIA, presento los estudios y diseños para lozas en concreto MR de tramos viales ubicados zona de resguardos indígenas del Municipio de Cota -Cundinamarca

Cordialmente.



VICTOR JULIO GUAYAMBUCO QUINTERO

Ingeniero Civil

MP: 25202116054

Cel 3124839825