



@gobertolima
www.tolima.gov.co

GOBERNACIÓN DEL TOLIMA

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y HABITAT

INFORME TÉCNICO

DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO VÍA CHAPARRAL - TULUNÍ
DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

ING. MSC. HUMBERTO GONZALEZ MOSQUERA
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS
MAGISTER EN INFRAESTRUCTURA VIAL

ING. CRISTIAN CAMILO RODRIGUEZ ZARATE
ESPECIALISTA EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

IBAGUÉ

JUNIO DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
1. DESCRIPCIÓN	5
2. LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA VÍA A INTERVENIR	5
3. OBJETIVO.....	6
3.1. OBJETIVO GENERAL	6
4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.	6
5. PERIODO DE DISEÑO.....	7
6. TRÁNSITO	7
7. ESTUDIOS DE SUELOS	8
8. CLIMA E HIDROLOGÍA	13
9. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.	14
9.1 DISEÑO MÉTODO INVIAS. ALTERNATIVA 1.	14
CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO:.....	14
9.2. DISEÑO MÉTODO AASHTO - 93. ALTERNATIVA 2.	17
10. MODULACIÓN, CORTES Y SELLANTES DE LAS JUNTAS.....	27
11. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MATERIALES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO	29
12. CONCLUSIONES.....	34
13. RECOMENDACIONES	35

TABLA DE ILUSTRACIONES

<i>Tabla 1. Categorías de tránsito para la selección de espesores.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2. Localización de apiques.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 3. Resumen de apiques y CBR.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 4. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 5. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 6. Valores de resistencia a la flexo-tracción del concreto (Modulo de rotura).....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 7. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 8. Variables definidas.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 9. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 10. Pavimento, MR, capa de apoyo, dovelas y barras de anclaje.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 11. Desviación estándar.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 12. Confiabilidad.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 13. Coeficiente de drenaje.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 14. Coeficiente J.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 15. Índice de serviciabilidad.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 16. K vs CBR.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 17. Resumen parámetros definidos.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 18. Diseño estructura de pavimento.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 19. Pavimento, MR, capa de apoyo, dovelas y barras de anclaje.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 20. Selección de Dovelas.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 21. Selección de barras de anclaje.....</i>	<i>23</i>

TABLA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Localización general de la vía.....</i>	<i>5</i>
<i>Ilustración 2. Clasificación de vehículos según el número de ejes en Colombia.....</i>	<i>7</i>
<i>Ilustración 3. Clasificación de vehículos según el número de ejes en Colombia.....</i>	<i>9</i>
<i>Ilustración 4. Registro fotográfico de la vía.....</i>	<i>9</i>
<i>Ilustración 5. Exploraciones iniciales.....</i>	<i>10</i>
<i>Ilustración 6. Exploraciones complementarias.....</i>	<i>10</i>
<i>Ilustración 7. CBR de Diseño.....</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 8. IDF estación chaparral.....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 9. Diseño estructura de pavimento.....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 10. Diseño estructura de pavimento.....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 11. Detalle placa de concreto con dovelas y barras de anclaje.....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 12. Detalle canastilla para posicionar y fijar dovelas.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 13. Detalle canastilla en planta.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 14 Detalle placa de concreto con acero de refuerzo, dovelas y barras de anclaje.....</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 15. Detalle placa de concreto reforzada con estructuras embebidas (pozos de inspección).....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 16. Detalle placa de concreto reforzada con estructuras embebidas (pozos de inspección).....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 17. Detalle placa de concreto reforzada con estructuras embebidas (sumideros).....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 18. Detalle juntas.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 19. Detalle Juntas de Contracción.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 20. Detalle juntas longitudinal de construcción.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 21. Detalle junta de contracción en placa con acero de refuerzo.....</i>	<i>29</i>

Introducción

El presente documento contiene la elaboración del diseño de la estructura de pavimento de concreto hidráulico, para el proyecto mejoramiento de la vía Tuluní - Chaparral en el departamento del Tolima. El diseño se encuentra elaborado basado en las condiciones establecidas, por las exploraciones geotécnicas realizadas, con los respectivos resultados de los ensayos de laboratorio, y el estudio topográfico. La metodología de diseño utilizada corresponde al método INVIAS y AASHTO-93.

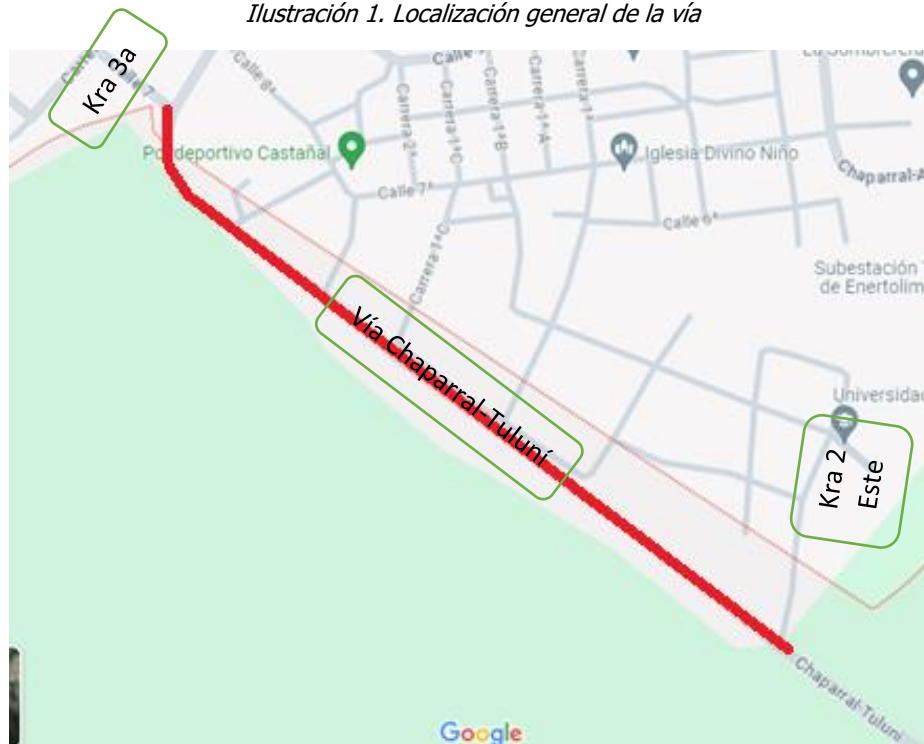
1. Descripción

Considerando el estado actual de la superficie de rodadura de la vía Tuluní - Chaparral, el diseño de la estructura de pavimento es prioritario, con el fin de mejorar y optimizar la circulación vehicular, la conexión vial entre el Municipio de Chaparral y Tuluní, y el bienestar de los residentes y usuarios de la vía.

2. Localización general de la vía a intervenir

La localización de la vía del proyecto Chaparral - Tuluní se encuentra dentro de la zona urbana del Municipio de Chaparral, entre la carrera 3a y carrera 2a Oriente.

Ilustración 1. Localización general de la vía



Fuente: Google Maps.

3. Objetivo.

3.1. Objetivo General

Elaborar el diseño de la estructura de pavimento, de la vía Chaparral – Tuluní, perteneciente al Municipio de Chaparral, del Departamento del Tolima, con el fin de brindar soluciones que optimizan la infraestructura del transporte del sector, componente básico del desarrollo económico y el bienestar social.

3.2. Objetivos específicos:

- a. Diseñar una estructura de pavimento funcional, económica, confortable, compatible con el medio ambiente y segura.
- b. Reducir y distribuir los esfuerzos producidos por las cargas del tránsito, minimizando daños en la subrasante.
- c. Optimizar la conexión del Municipio de Chaparral con Municipios y poblaciones del sur del Tolima.
- d. Mejorar la movilidad del sector urbano y rural.
- e. Minimizar el ruido y la polución del aire.
- f. Brindar una razonable economía

4. Diseño de la Estructura de Pavimento.

La Gobernación del Tolima a través de la Secretaría de Infraestructura, ha concentrado sus esfuerzos en mejorar, conservar y rehabilitar las vías del Departamento del Tolima. Se plantea en este documento el diseño de la estructura de pavimento de concreto hidráulico de la vía Chaparral – Tuluní, perteneciente al Municipio de Chaparral, del Departamento del Tolima.

Consideraciones generales en el diseño:

- ✓ El diseño de la estructura de pavimento hidráulico se elabora de acuerdo a los métodos del manual de pavimentos de concreto del Instituto Nacional de Vías, INVIAS, y el método AASHTO-93.
- ✓ Las capas que conforman la estructura del pavimento, deben cumplir con las especificaciones técnicas de construcción, INVIAS, 2.022.
- ✓ La topografía del sector de estudio
- ✓ Módulo de rotura
- ✓ La modulación de las losas de concreto
- ✓ El tránsito que se espera circule sobre el pavimento durante el periodo de diseño
- ✓ Condiciones climáticas

- ✓ Los materiales que conforman las diversas capas de la estructura.

5. Periodo de diseño

Es 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. Para el presente diseño se considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso que exista una buena certidumbre en el análisis de las variables de diseño y su respectiva proyección.

6. Tránsito

El estudio de tránsito proviene de aforos de conteo vehicular, realizados por el consultor en una estación de conteo localizada sobre el sector de estudio, con el fin de obtener el TPD, la composición vehicular, las proyecciones de tránsito, y el número acumulado de ejes simples de rueda doble con carga equivalente a 8.2 toneladas.

Ilustración 2. Clasificación de vehículos según el número de ejes en Colombia.

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA	TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		  	C3 Y C4	CAMION C3	
				CAMION C4	
BUSES	BUSETA			TRACTO-CAMION C2-S1	
	BUS			TRACTO-CAMION C2-S2	
	BUS METROPOLITANO			TRACTO-CAMION C3-S1	
C2-F	CAMION DE DOS EJES PEQUEÑO		C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE		> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Fuente: Adaptado de (Fernando Sánchez Sabogal, libro de diseño de pavimentos).

El TPDs es el tránsito promedio diario semanal, producto del aforo de vehículos que pasan por una sección vial realizado en una semana de conteo.

Los ejes acumulados de 8.2 toneladas, son los ejes equivalentes que han de pasar sobre la estructura de pavimento, en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

Ejes acumulados de 8.2 toneladas: 159.797

Tabla 1. Categorías de tránsito para la selección de espesores.

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T ₁	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T ₂	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T ₃	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T ₄	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T ₅	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T ₆	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto INVIAS

Según la información de campo, se considera para el diseño la categoría T₀, con flujo vehicular en dos direcciones, con sentidos de viaje opuestos, TPD < 200 vehículos, además, con un rango de ejes acumulados de 8.2 t < 1.000.000.

7. Estudios de suelos

El propósito del estudio de suelos en la vía Tuluni - Chaparral, es caracterizar la subrasante mediante la ejecución de exploraciones geotécnicas, con la ejecución de cinco apiques a cielo abierto, con análisis de resultados de granulometría, humedad natural y límites de Atterberg por el método USCS, y la descripción de perfiles estratigráficos, realizados por el laboratorio de suelos a cargo del Consultor.

Tabla 2. Localización de apiques

APIQUE	LATITUD	LONGITUD
CBR 1	3°43'12.76"N	75°28'55.34"O
CBR 2	3°43'7.18"N	75°28'50.01"O
CBR 3	3°43'2.11"N	75°28'43.52"O
CBR 4	3°42'57.13"N	75°28'36.78"O
CBR 5	3°43'4.26"N	75°28'45.58"O

Fuente: Estudio de suelos

Ilustración 3. Clasificación de vehículos según el número de ejes en Colombia



Fuente: Estudio de auscultación geotécnica presentado por el consorcio

Ilustración 4. Registro fotográfico de la vía.



Fuente: Estudio de auscultación geotécnica.

Ilustración 5: Registro fotográfico de la vía.



Fuente: Estudio de auscultación geotécnica.

Ilustración 5. Exploraciones iniciales

APIQUE	W _{nat}	LL	IP	GRANULOMETRIA			SUCS	AASHTO	Expansión	C.B.R	C.B.R
	(%)	(%)		GRAVA	ARENA	(%)P200			(%)		
APQ - 1	27.43%	65.13%	25.47%	0.2%	30.4%	69.4%	MH	A-7-5	0.67%	7.93	9.74
APQ - 2	33.17%	55.48%	15.23%	0.7%	15.9%	83.4%	MH	A-7-5	0.43%	6.61	8.91

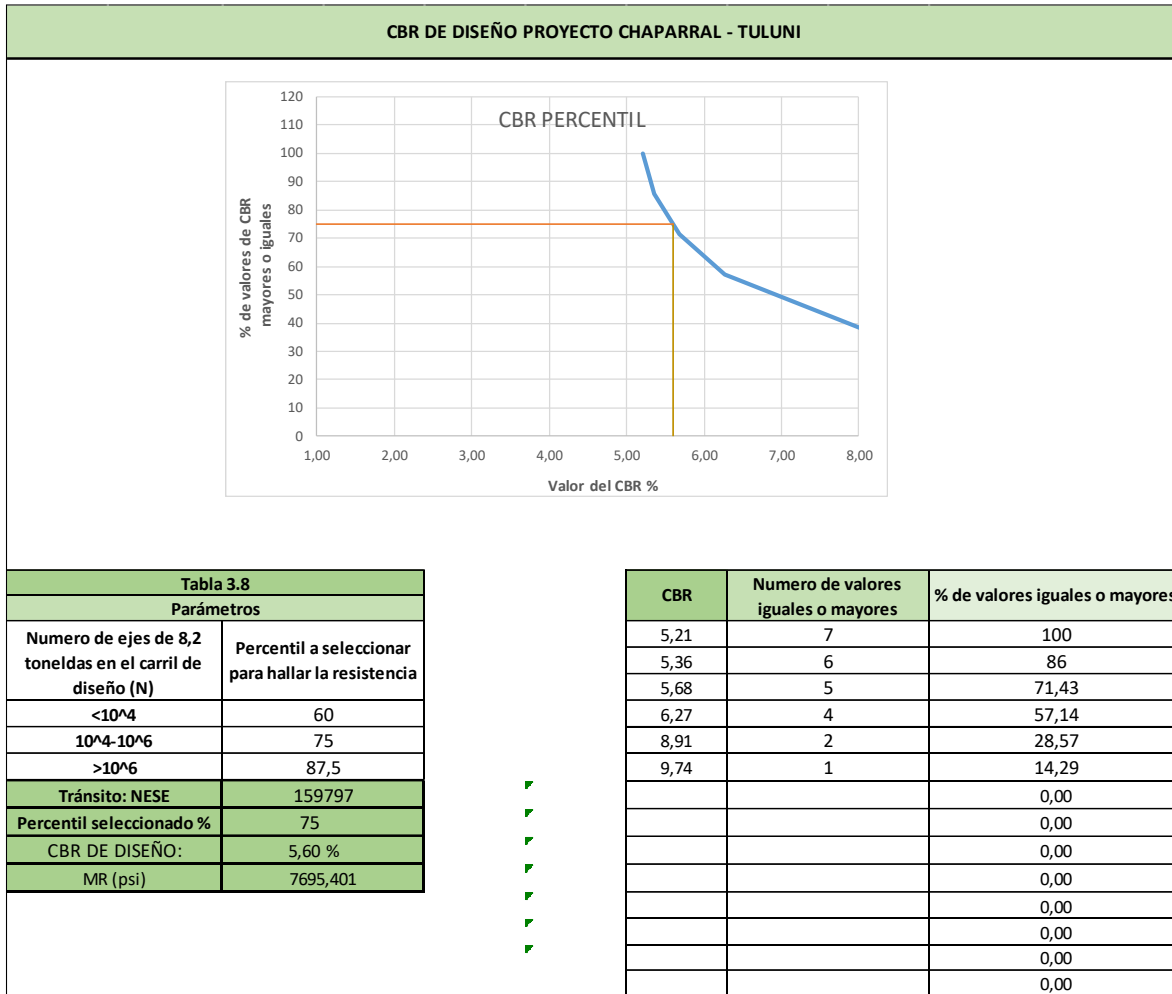
Ilustración 6. Exploraciones complementarias

APIQUE	w NAT	LL	IP	GRANULOMETRIA			SUCS	EXPANSION	CBR 1	CBR
	(%)	(%)		GRAVA	ARENA	(%) 200		(%)		
APIQ - 1	38.47%	54.73%	12.61%	9.31%	70.71%	19.97%	MH	0.67%	6.27%	5.87%
APIQ - 2	29.08%	49.82%	8.71%	0.34%	24.17%	75.49%	ML	0.94%	6.27%	6.17%
APIQ - 3	39.89%	56.31%	10.35%	0.00%	20.35%	79.65%	MH	-1.66%	4.47%	5.60%
APIQ - 4	27.12%	50.75%	13.99%	1.73%	28.95%	69.33%	MH	0.88%	4.32%	5.21%
APIQ - 5	27.16%	39.55%	6.32%	0.64%	32.39%	66.98%	ML	-0.32%	5.08%	5.68%

Tabla 3. Resumen de apiques y CBR

APIQUE	CBR (%)
1	5.21
2	5.36
3	5.68
4	6.27
5	6.27
6	8.91
7	9.74

Ilustración 7. CBR de Diseño



Fuente: Autor

✓ CBR de diseño: 5,6%

Tabla 4. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm ²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 – 500
S3	5 - 10	500 – 1.000
S4	20 - 10	1.000 – 2.000
S5	> 20	> 2.000

Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto.

✓ Clase de subrasante: S3.

✓ Geotextil no tejido NT de separación.

Considerando los resultados del % pasa 200 en las exploraciones geotécnicas, cuyo promedio entre seis de siete apiques se encuentra en el 74%, indica un alto contenido de finos en la subrasante, por lo cual se recomienda la instalación de un geotextil no tejido NT. Su función será la separación de la subrasante con las capas granulares, con el fin de evitar la contaminación de las capas granulares, por migración de finos desde la subrasante, además, conservar en obra el módulo de diseño de las capas granulares de apoyo.

El geotextil recomendado es NT 2.500 o similar, el cual deberá cumplir con las especificaciones técnicas de construcción, capítulo 2, artículo 231, INVIAS 2.022.

✓ Especificaciones mínimas del geotextil a cumplir:

Tabla 231 — 1. Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPP
(Medidas en la dirección principal más débil del geotextil)

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Geotextiles tejidos	Geotextiles no tejidos
Elongación (%)	D4632	< 50	≥ 50
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1 100	700
Resistencia de la costura a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro, valor mínimo (N)	D6241	2 200	1 375
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N). (Nota)	D4533	400	250

Tabla 231 — 2. Propiedades hidráulicas del geotextil en términos de VMPP

Característica	Norma de ensayo ASTM	VMPP
Permitividad, valor mínimo (s ⁻¹). (Nota 1)	D4491	0,02
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 2)	D4751	0,60
Estabilidad ultravioleta después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%)	D4355	50

Tabla 231 — 3. Traslado mínimo

Condición	Traslado mínimo
CBR ≥ 3 %	30 cm o costura
Todo final de rollo	1 m o costura

Fuente: Especificaciones técnicas de construcción, capítulo 2, artículo 231, INVIAS 2.022.

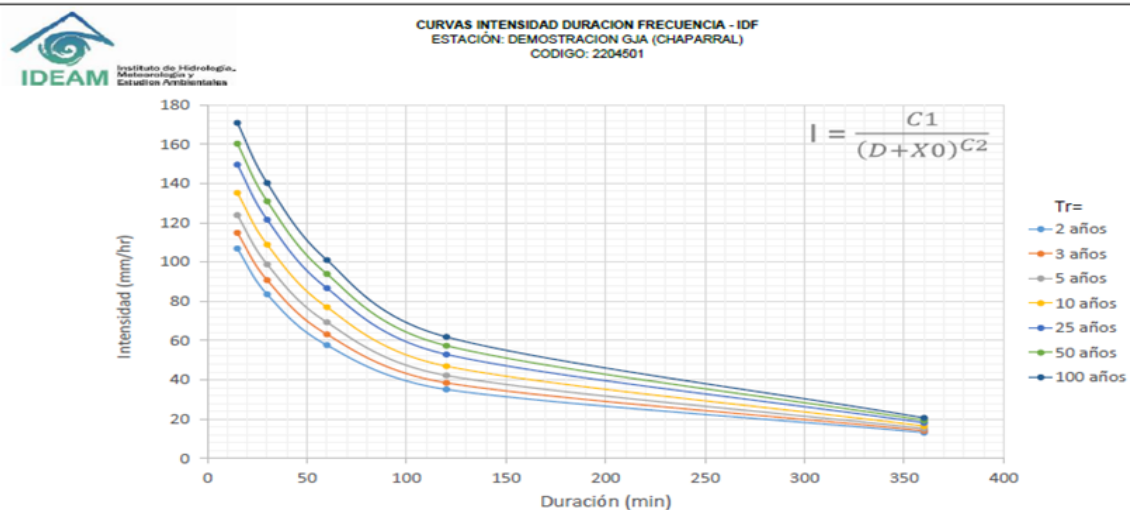
8. Clima e Hidrología

En resumen, el clima de Chaparral es diverso debido a su variada topografía, con temperaturas que varían desde los 18°C hasta los 30°C, siendo la última mencionada la temperatura típica de la zona de diseño. Dichos cambios son producto de los cambios significativos de altitud. Su hidrología rica en afluentes es fundamental para las actividades agrícolas y la vida diaria de sus habitantes.

Chaparral recibe una precipitación anual promedio que varía considerablemente dependiendo de la altitud. En las zonas más bajas, la precipitación anual puede ser de aproximadamente 1,500 mm, mientras que en las zonas más altas puede superar los 2,500 mm. Las lluvias son más abundantes durante las dos temporadas húmedas del año, que suelen ser de marzo a mayo y de septiembre a noviembre. La información de dicho análisis proviene de la estación "Demostración GJA – 2204501".

A continuación, se relacionan las curvas IDF tomadas de la estación mencionada sobre las cuales se realizó el análisis del componente hidrológico:

Ilustración 8. IDF estación chaparral



TR (años)	C1	X0	C2
2	9379.243	44.499	1.095
3	14107.415	50.869	1.149
5	21468.873	57.526	1.203
10	34728.889	65.254	1.265
25	59759.380	74.078	1.334
50	85857.854	80.011	1.380
100	119458.243	85.438	1.421

D (min)	I TR=2	I TR=3	I TR=5	I TR=10	I TR=25	I TR=50	I TR=100
15	107.1	115.0	123.8	134.9	148.9	159.3	169.6
30	82.9	90.5	99.0	109.6	123.1	133.1	143.0
60	58.4	63.7	69.6	77.0	86.4	93.4	100.3
120	34.8	38.0	41.6	46.2	51.9	56.1	60.3
360	13.1	14.2	15.4	17.0	19.0	20.5	22.0

Datos Técnicos

Ventana de información:

Datos de intensidades ajustados a:

Parámetros estimados con el método de:

Fecha de Actualización:

Abreviaturas y Unidades

TR: Período de retorno (años)

D: Duración (minutos)

I: Intensidad de Precipitación (mm/h)

Fecha de reporte: Marzo 15 de 2017

1964

a

2009

Distribución de probabilidad Gumbel

L-Momentos

Diciembre de 2016

Años empleados

46

Actualizado por:

Grupo de Investigación en Ingeniería de los Recursos Hídricos (GIREH), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Contrato 113 de 2016.

9. Estructura de pavimento de concreto hidráulico.

9.1 Diseño método INVIAS. Alternativa 1.

Para el diseño de la estructura de pavimento, se implementó la metodología del manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, del Instituto Nacional de Vías, INVIAS.
Consideraciones básicas de diseño:

Periodo de diseño: 20 años.

Tránsito: Categoría del tránsito To.

La subrasante.

Categoría de la subrasante S3.

- ✓ Material de soporte para el pavimento.

El método de diseño considera con tres tipos de soporte como se observa en la tabla # 7, suelo natural, base granular, y base estabilizada con cemento.
Se selecciona material de soporte base granular BG, con un espesor de 20 cm.

Tabla 5. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto.

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto invias.

- ✓ Características del concreto como superficie de rodadura.

En los métodos de diseño de pavimentos de concreto, se considera la resistencia a la flexo-tracción, a 28 días, evaluada mediante el ensayo de módulo de rotura, siguiendo la Norma INV E - 414-13.

- ✓ Módulo de rotura.

El diseño de la estructura de pavimento considera el módulo de rotura MR (resistencia a la flexo-tracción del concreto), de acuerdo con el nivel de tránsito. Para el presente proyecto, el nivel de tránsito es NT1, correspondiéndole un módulo

de rotura MR mínimo de 38 Kg/cm². Sin embargo, el método INVIAS permite seleccionar un módulo de rotura MR3, cuyo valor es 42 Kg/cm², tal como como se observa en la tabla # 8.

Tabla 6. Valores de resistencia a la flexo-tracción del concreto (Modulo de rotura)

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto invias.

✓ Módulo de elasticidad

Es un parámetro que está involucrado en el comportamiento de los pavimentos de concreto, y por ende en el diseño mismo. Su determinación se hace a partir de ensayos de laboratorio, método de ensayo en la Norma INV E - 416-13.

✓ Juntas

Las juntas son parte importante de los pavimentos de concreto, y se hacen con el fin de controlar los esfuerzos que se presentan en el concreto, como consecuencia de los movimientos de contracción y de dilatación del material, y a los cambios de temperatura y humedad, entre la capa superficial y la capa granular de soporte.

✓ Transferencia de cargas.

Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales, y los confinamientos laterales del pavimento.

Tabla 7. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto invias.

El diseño de la estructura de pavimento incluye dovelas y confinamiento con sardineles, los cuales se construirán monolíticamente con la placa de concreto, ligados mediante acero de refuerzo.

Tabla 8. Variables definidas

Variables y su representación				
Suelos	Tránsito	Transferencia y confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR<2)	T0 (EALS <1x10 ³)	D y B (Dovelas y Bermas)	SN (Subrasante)	MR1=38 MPa
S2 (2<CBR<5)	T1 (1x10 ³ EALS <1,5x10 ³)	D y No B (Dovelas y No Bermas)	BG (15 cm BG)	MR2=40 MPa
S3 (5<CBR<10)	T2 (1,5x10 ³ EALS <5x10 ³)	No D y B (No Dovelas y Bermas)	BEC (15 cm BEC)	MR3=42 MPa
S4 (10<CBR<20)	T3 (5x10 ³ EALS <9x10 ³)	No D y No B (No Dovelas y No Bermas)		MR4=45 MPa
S5 (CBR>20)	T4 (9x10 ³ EALS <17x10 ³)			
	T5 (17x10 ³ EALS <25x10 ³)			
	T6 (25x10 ³ EALS <100x10 ³)			

✓ Datos de entrada para el diseño método Invias:

Tránsito: To.

Periodo de diseño: 20 años

Categoría de la subrasante: S3

Capa de soporte de la estructura de pavimento: BG Clase C

Módulo rotura del concreto: MR3

Placa con sardineles de confinamiento, dovelas y barras de anclaje

Cálculo espesor placa de concreto:

Tabla 9. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables

ESPEORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																	
		Tránsito T0															
		S1				S2				S3				S4			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1			24	28	23	27	23	27	21	24	21	24	20	24	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	20	24	20	24	20	23	19	22
	MR3			23	26	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR4			21	24	20	24	20	24	19	22	19	22	18	21	18	21
BG	MR1			23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23
	MR2			22	25	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			21	24	20	24	20	24	20	22	19	22	19	22	18	21
	MR4			20	23	19	23	19	23	18	21	18	21	18	21	17	20
BEC	MR1			20	23	19	22	19	22	18	21	18	21	18	20	17	20
	MR2			19	22	19	21	19	21	17	20	17	20	17	20	17	19
	MR3			18	21	18	21	18	21	17	19	17	19	16	19	16	19
	MR4			18	20	17	20	18	20	16	19	17	19	16	18	15	18

Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto INVIAS

Espesor de placa de concreto hidráulico, MR 4,2 MPa, seleccionado: 19 cm

✓ Estructura de pavimento de concreto hidráulico. Diseño INVIAS. Alternativa 1.

Ilustración 9. Diseño estructura de pavimento



Fuente: Autor

Tabla 10. Pavimento, MR, capa de apoyo, dovelas y barras de anclaje

Sector Vial	Dirección	Tipo pavimento	Capa de apoyo	Capa mejoramiento para renivelación	Dovelas	Barras de anclaje
Chaparral Tuluní	Vía Chaparral-Tuluní entre carreras 3 y 2 oriente	Hidráulico MR 4,2 MPa e= 19 cm	Base Granular Clase C e= 20 cm	Afirmado e= 15 cm	Φ 3/4" L= 35 cm c/ 30 cm	Φ 1/2" L= 85 cm c/ 1,20 m

Fuente: Autor

Descripción capas seleccionadas:

Capa de concreto hidráulico MR 4,2 MPa: 19 cm

Especificación técnica: Capítulo 5 Artículo 500, INVIAS 2.022.

Base granular Clase C: 20 cm.

Especificación técnica: Capítulo 3 Artículo 330, INVIAS 2.022.

9.2. Diseño método AASHTO - 93. Alternativa 2.

Parámetros de diseño:

✓ Desviación estándar, S_o .

Tabla 11. Desviación estándar

SELECCIÓN DE LA DESVIACIÓN STANDART (S_o)	
Pavimentos hidráulicos	0,30 a 0,40
Pavimentos flexibles	0,40 a 0,50

Fuente: AASHTO-93

S_o seleccionado= 0.40

✓ Nivel de confiabilidad, R .

Tabla 12. Confiabilidad

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad recomendado (R)					
	Urbano			Rural		
Autopista y carreteras interestatales, y otras vías	85	-	99.9	80	-	99.9
Arterias principales	80	-	99	75	-	95
Colectoras	80	-	95	75	-	95
Locales	50	-	80	50	-	80

Fuente: AASHTO-93

Nivel de confiabilidad, R = 95 %

✓ Coeficiente de drenaje, C_d

Se considera el sector vial con calidad del drenaje pobre, con probabilidades de porcentajes de tiempo expuesto a la saturación entre 5% y 25% en esta región.

Tabla 13. Coeficiente de drenaje

Tabla 6-3
Coeficientes de drenaje para pavimentos rígidos (C_d)

Calidad del drenaje	P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993

C_d seleccionado= 0,9

✓ Coeficiente de transmisión de carga J:

Tabla 14. Coeficiente J

Valores de coeficiente de transmisión de carga J

Tipo de pavimento	hombro			
	Elemento de transmisión de carga			
	Concreto asfáltico		Concreto hidráulico	
	si	no	si	no
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
Reforzado continuo	2.9 – 3.2	-----	2.3 – 2.9	-----

Fuente: Guía Para Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO, 1,993

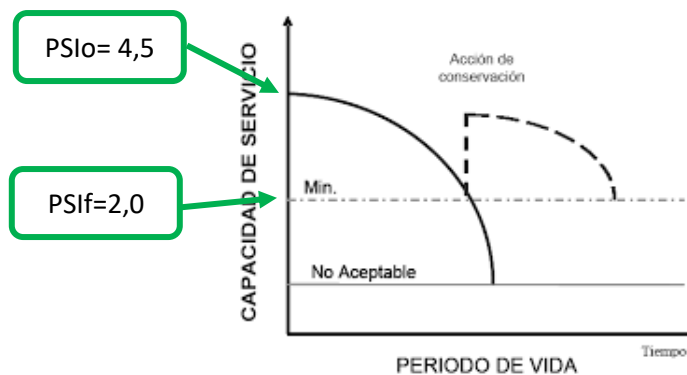
Coeficiente de transmisión de carga seleccionado J= 3,1

✓ Índice de Serviabilidad del pavimento, PSI:

Tabla 15. Índice de serviabilidad

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

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



Fuente: AASHTO-93

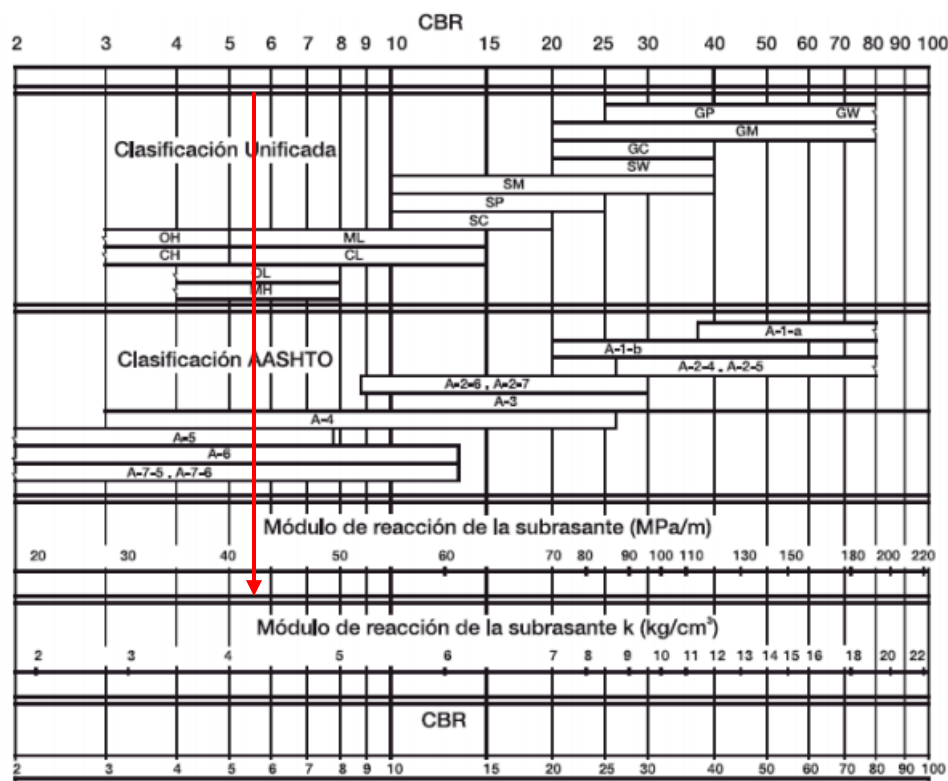
Índice de Serviabilidad inicial: PSIo= 4,50

Índice de Serviabilidad final: PSIf= 2,0

Pérdida de Serviabilidad: $\Delta PSI = PSIo - PSIf = 2,50$

✓ Módulo de reacción de la subrasante, K:

Tabla 16. K vs CBR



Fuente: AASHTO-93

$$K = 2,55 + 52,5 \log (\text{CBR}\%) = 41.83 \text{ MPa/m} = 152,68 \text{ pci}$$

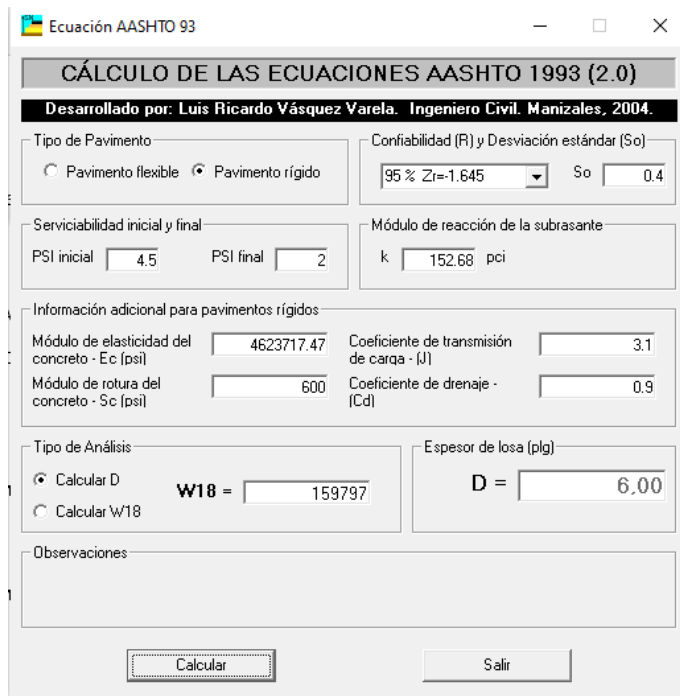
Tabla 17. Resumen parámetros definidos

TULUNI - CHAPARRAL	
NESE	159797
CBR	5,6 %
K	41,83 Mpa/m
	152,68 Pci
MR	42 Kg/cm2
F'c	342 Kg/cm2
F'c	4887 psi
Ec	323660,22 Kg/cm2
Ec	4623717,47 psi
R	95 %
Po	4,5
Pt	2
So	0,4
J	3,1
Cd	0,9
Sc	600 psi
D	6,0 pulg
	15 cm

Fuente: Autor

- ✓ Cálculo espesor de la placa de concreto hidráulico.

Tabla 18. Diseño estructura de pavimento



Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento:
☐ Pavimento flexible ☒ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):
 95 % $Z_R = -1.645$ So: 0.4

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial: 4.5 PSI final: 2

Módulo de reacción de la subrasante:
 k: 152.68 pci

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)	4623717.47	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	3.1
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)	600	Coefficiente de drenaje - (Cd)	0.9

Tipo de Análisis:
☒ Calcular D $W_{18} = 159797$
☐ Calcular W_{18}

Espesor de losa (plg):
 D = 6.00

Observaciones:

Calcular Salir

Fuente: AASHTO 93

Espesor placa de concreto hidráulico, MR 4,2 MPa, D= 6"= 15 cm

- ✓ Estructura de pavimento de concreto hidráulico. Diseño AASHTO-93. Alternativa 2.

Ilustración 10. Diseño estructura de pavimento



Fuente: AASHTO-93

Edificio Gobernación del Tolima - Carrera 3 entre calle 10 y 11

Tabla 19. Pavimento, MR, capa de apoyo, dovelas y barras de anclaje

Sector Vial	Dirección	Tipo pavimento	Capa de apoyo	Capa mejoramiento para renivelación	Dovelas	Barras de anclaje
Tuluní Chaparral	Vía Chaparral-Tuluní entre carreras 3 y 2 oriente	Hidráulico MR 4,2 MPa e= 15 cm	Base Granular Clase C e= 20 cm	Afirmado e= 15 cm	Φ 3/4" L= 35 cm c/ 30 cm	Φ 1/2" L= 85 cm c/ 1,20 m

Fuente: Autor

✓ Descripción capas seleccionadas

Capa de concreto hidráulico: 15 cm

Especificación técnica: Capítulo 5 Artículo 500, INVIAS 2.022.

Base granular Clase C: 20 cm.

Especificación técnica: Capítulo 3 Artículo 330, INVIAS 2.022.

✓ Dovelas

Tabla 20. Selección de Dovelas

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Fuente: Manual de diseño de concreto

Dovelas seleccionadas: 3/4" Fy= 60.000 psi, L= 35 cm, c/ 30 cm

✓ Barras de anclaje:

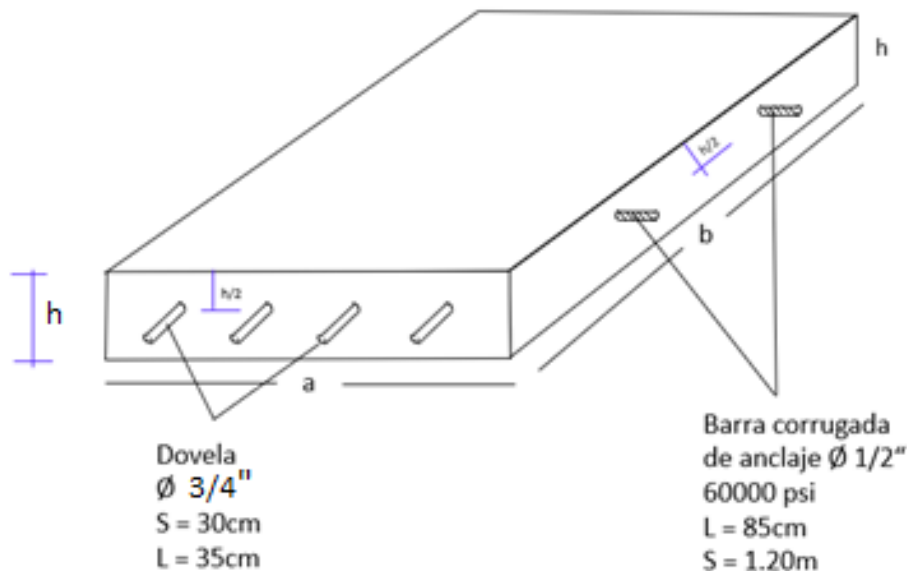
Tabla 21. Selección de barras de anclaje

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")				Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")				Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")			
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
			3,05 (m)	3,35 (m)		3,65 (m)		3,05 (m)		3,35 (m)	3,65 (m)	
Acero de $f_y= 187,5$ MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de $f_y= 280$ MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Fuente: Manual de diseño de concreto

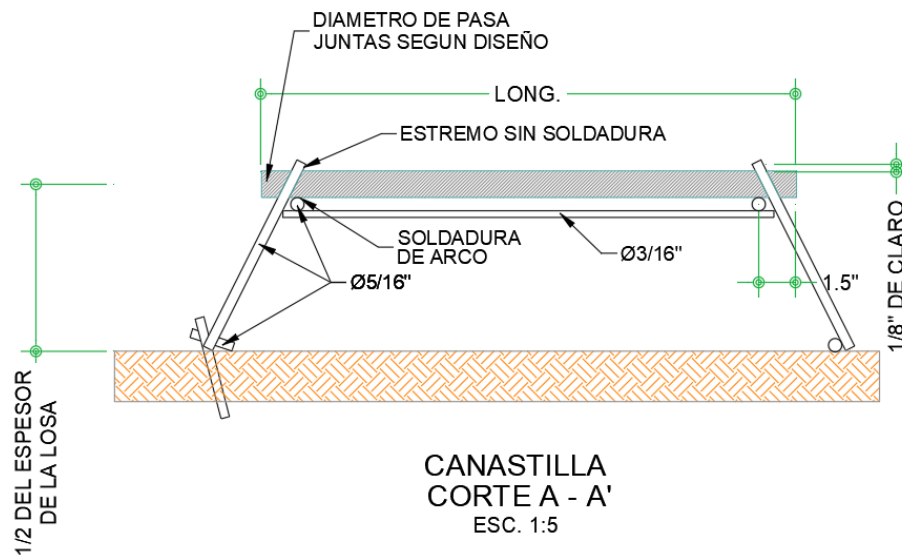
Barras de anclaje seleccionada: $\frac{1}{2}$ " $F_y = 60.000$ psi, $L = 85$ cm, $c/1,20$ m

Ilustración 11. Detalle placa de concreto con dovelas y barras de anclaje



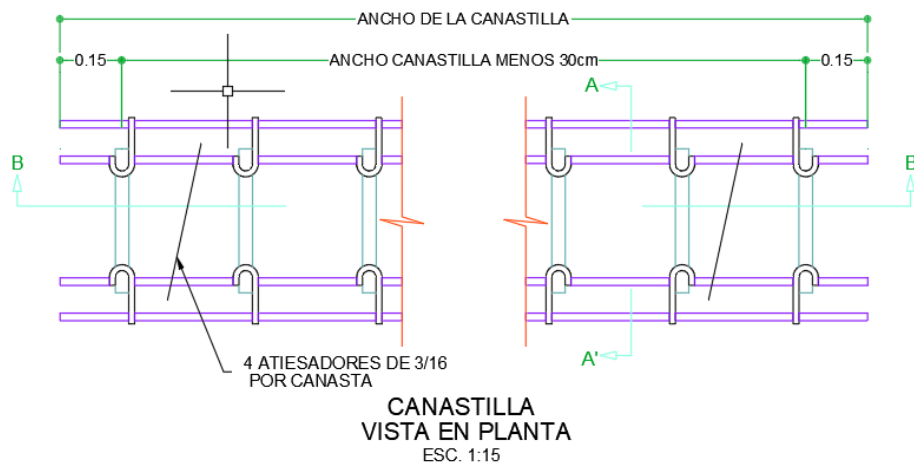
Fuente: Autor

Ilustración 12. Detalle canastilla para posicionar y fijar dovelas



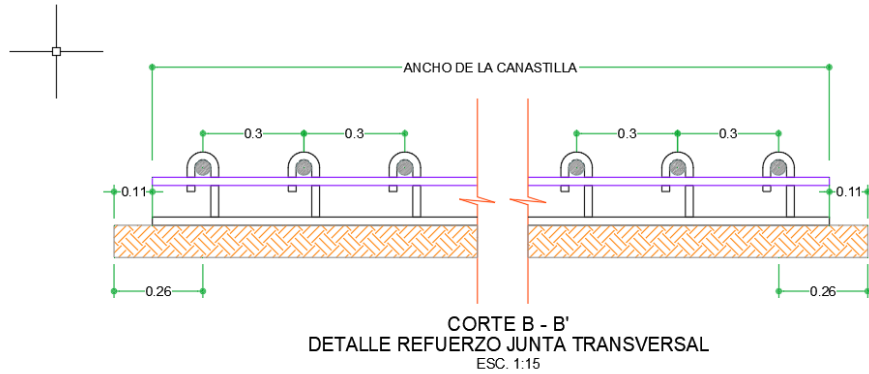
Fuente: Autor

Ilustración 13. Detalle canastilla en planta



Fuente: Autor

Ilustración 14: Detalle canastilla en corte



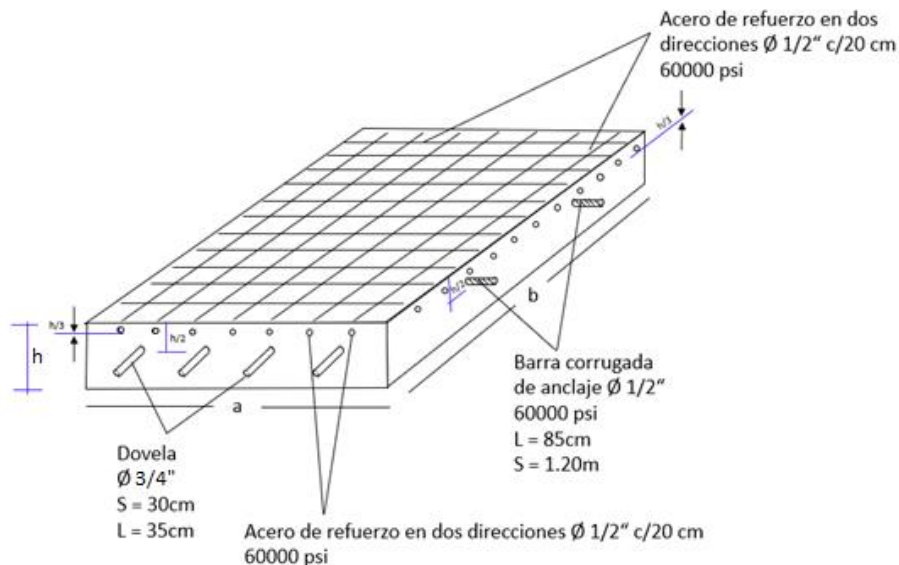
Fuente: Autor

✓ Placas de concreto que requieren acero de refuerzo. Casos:

- Placas con geometría irregular (diferentes a cuadrada o rectangular).
- Placas de concreto con pozos o sumideros embebidos.
- Placas de concreto con relación de esbeltez $> 1,25$.
- Placas en las cuales no coinciden las juntas con las losas adyacentes.
- Placas de concreto en los aproches con los puentes

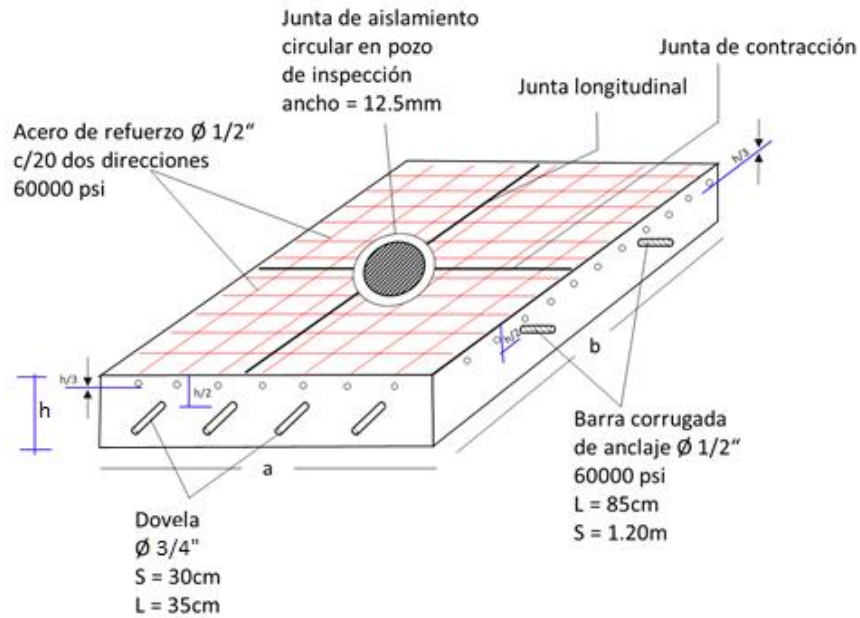
Tipo de refuerzo: Una parrilla en dos direcciones $\Phi 1/2''$ c/ 20 cm".

Ilustración 14 Detalle placa de concreto con acero de refuerzo, dovelas y barras de anclaje.



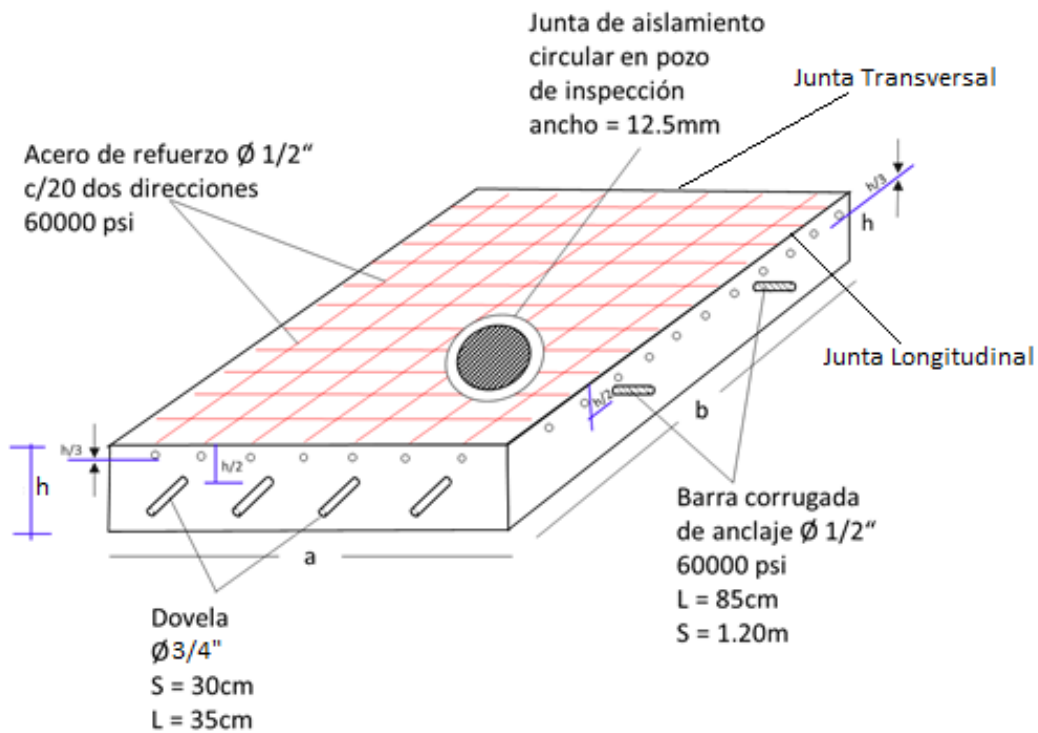
Fuente: Autor

Ilustración 15. Detalle placa de concreto reforzada con estructuras embebidas (pozos de inspección)



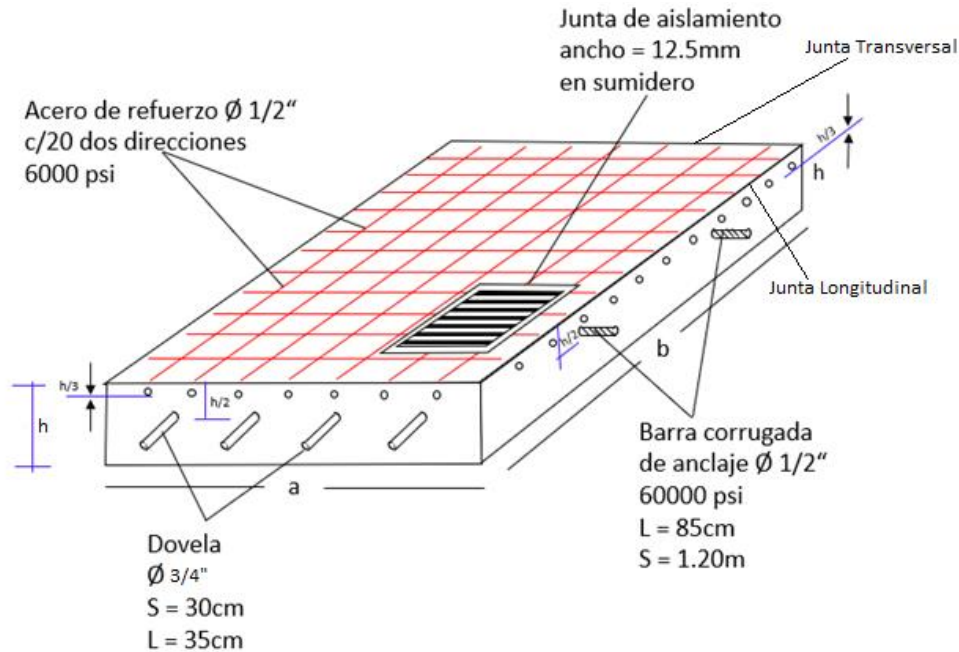
Fuente: Autor

Ilustración 16. Detalle placa de concreto reforzada con estructuras embebidas (pozos de inspección)



Fuente: Autor

Ilustración 17. Detalle placa de concreto reforzada con estructuras embebidas (sumideros)



Fuente: Autor

10. Modulaci3n, cortes y sellantes de las juntas.

Para el procedimiento de modulaci3n, corte y sello de juntas, atender los requisitos y recomendaciones del capitulo 5, artculo 500, numerales 500.4.6.11, 500.4.6.12, 500.4.6.13, 500.4.6.14, 500.4.6.14.1, 500.4.6.15, 500.4.6.15.1, 500.4.6.15.2.

El sello debe garantizar:

- La hermeticidad del espacio sellado
- La adherencia del sello a las caras de la junta
- La resistencia a la fatiga por tracci3n y compresi3n
- La resistencia a la acci3n del agua, a los solventes, y a los rayos ultravioletas

Detalle juntas y sellantes:

Ilustración 18. Detalle juntas.

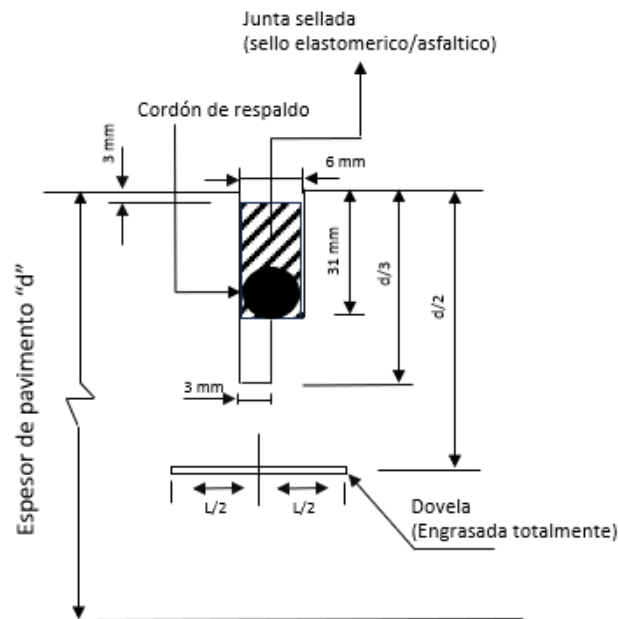
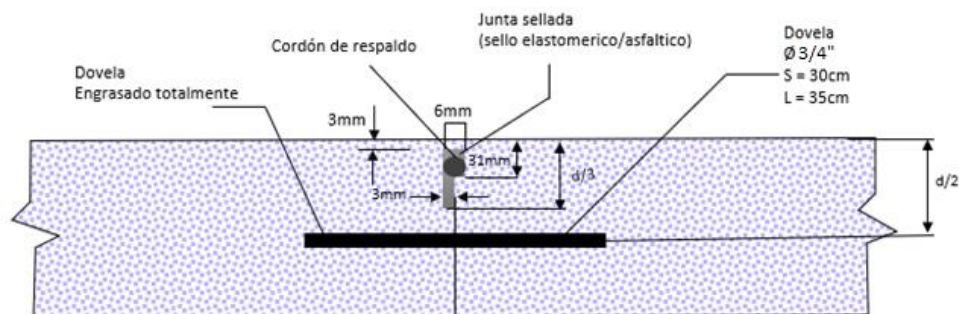
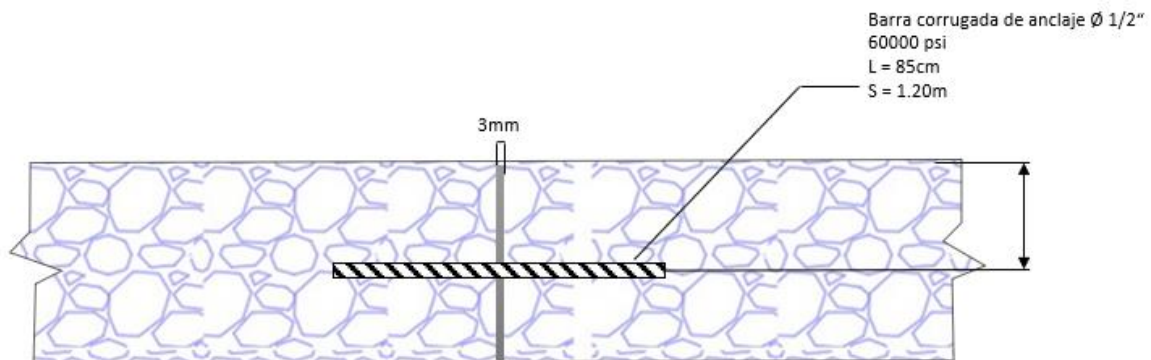


Ilustración 19. Detalle Juntas de Contracción



Fuente: Autor

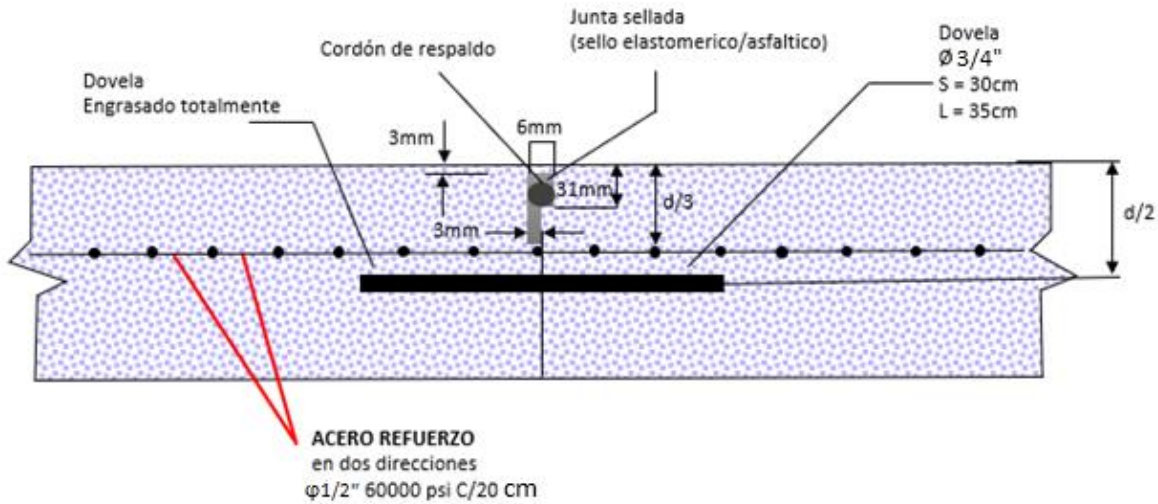
Ilustración 20. Detalle juntas longitudinal de construcción



Fuente: Autor

Edificio Gobernación del Tolima - Carrera 3 entre calle 10 y 11

Ilustración 21. Detalle junta de contracción en placa con acero de refuerzo



Fuente: Autor

Tabla 500 — 3. Especificaciones para el material de sello de juntas en losas de concreto hidráulico

Tipo de sello	Especificación
Sellos elastoméricos	ASTM D5893 Tabla 500 — 4 para sellos de poliuretano EN 14188-2
Sellos asfálticos aplicados en caliente	ASTM D6690
Sellos preformados	ASTM D3575

Fuente: Especificaciones de construcción, capítulo 3, artículo 330, INVIAS 2.022

11. Características técnicas de los materiales de la estructura de pavimento de concreto hidráulico

- ✓ Base granular Clase C BG-38/40.

La capa para instalar sobre el material de mejoramiento de la subrasante será base granular clase C. Para el correcto proceso constructivo, y el control de calidad, cumplir los requisitos del capítulo 3, artículo 330, de las especificaciones técnicas de construcción de INVIAS, 2.022.

Tabla 330 — 1. 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

Fuente: Especificaciones de construcción, capítulo 3, artículo 330, INVIAS 2.022.

Tabla 330 — 2. 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

Fuente: Especificaciones de construcción, capítulo 3, artículo 330, INVIAS 2.022.

Característica	Norma de ensayo INV	Base granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
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 deleznales, 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

Fuente: Especificaciones de construcción, capítulo 3, artículo 330, INVIAS 2.022.

Tabla 330 — 3. Franjas granulométricas del material de base granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	1½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
Pasa tamiz (%)								
Bases granulares de gradación gruesa								
BG-40	100	75 — 100	65 — 90	45 — 68	30 — 50	15 — 32	7 — 20	0 — 9
BG-27	-	100	75 — 100	52 — 78	35 — 59	20 — 40	8 — 22	0 — 9
Bases granulares de gradación fina								
BG-38	100	70 — 100	60 — 90	45 — 75	30 — 60	20 — 45	10 — 30	5 — 15
BG-25	-	100	70 — 100	50 — 80	35 — 65	20 — 45	10 — 30	5 — 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Fuente: Especificaciones de construcción, capítulo 3, artículo 330, INVIAS 2.022.

Tabla 500 — 1. Granulometrías para el agregado grueso en losas de concreto hidráulico

Tipo de gradación			Tamiz (mm / U.S. Standard)								
			63,0	50,0	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,36
INVIAS	ASTM C33		2 ½ Pulgadas	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	½ Pulgada	⅜ Pulgada	Nro. 4	Nro. 8
			Pasa tamiz (%)								
AG-1	Fracción 1: 2 pulgadas a 1 pulgada	3	100	90 — 100	35 — 70	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-
	Fracción 2: 1 pulgada a nro.4	57	-	-	100	95 — 100	-	25 — 60	-	0 — 10	0 — 5
AG-2	Fracción 1: 1 ½ pulgadas a ¾ pulgada	4	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	-	0 — 5	-	-
	Fracción 2: ¾ pulgada a nro. 4	67	-	-	-	100	90 — 100	-	20 — 55	0 — 10	0 — 5
AG-3	1 pulgada a nro. 4	57	-	-	100	95 — 100	-	25 — 60	-	0 — 10	0 — 5

Fuente: Especificaciones de construcción, capítulo 5, artículo 500, INVIAS 2.022.

AG-4	2 pulgadas a nro. 4	357	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	-	0 — 5	-
AG-5	1 ½ pulgadas a nro. 4	467	-	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	0 — 5	-
AG-6	1 pulgada a ½ pulgada	5	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 10	0 — 5	-	-
AG-7	1 pulgada a ⅜ pulgada	56	-	-	100	90 — 100	40 — 85	10 — 40	0 — 15	0 — 5	-
AG-8	¾ pulgada a ⅜ pulgada	6	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	0 — 5	-

Fuente: Especificaciones de construcción, capítulo 5, artículo 500, INVIAS 2.022

Tabla 500 — 2. Requisitos del agregado grueso para losas de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	90 75
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%).	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%).	E-221	0,5

Fuente: Especificaciones de construcción, capítulo 5, artículo 500, INVIAS 2.022.

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), mínimo (%).	E-227	60
Índice de alargamiento, máximo (%).	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%).	E-230	25
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $SO_4^{=}$, máximo (%).	E-233	1,0

Fuente: Especificaciones de construcción, capítulo 5, artículo 500, INVIAS 2.022

Tabla 500 — 8. Criterios de diseño para la mezcla de concreto en pavimentos de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Módulo de rotura a veintiocho días (28 d), mínimo (MPa): - Tránsito NT1 - Tránsito NT2 - Tránsito NT3 (Nota)	INV E-414/NTC 2871	3,8 4,0 4,2

Fuente: Especificaciones de construcción, capítulo 5, artículo 500, INVIAS 2.022

12. CONCLUSIONES

- ✓ La presente Consultoría referente al diseño de la estructura de pavimento de concreto hidráulico, se ha elaborado soportado en la topografía, en el estudio de suelos producto de las exploraciones geotécnicas ejecutadas, y en los estudios de tránsito con las proyecciones del tránsito y cálculo de ejes equivalentes, entregados por la Secretaría de Infraestructura de la Gobernación del Tolima.
- ✓ La garantía de la durabilidad de la estructura del pavimento, depende del adecuado tratamiento de la subrasante, de la calidad de la mano de obra y los materiales utilizados, del correcto proceso constructivo, del control de calidad del producto terminado, citado en las especificaciones de construcción de INVIAS, versión 2.022, de la aplicación de espesores de las capas de la estructura de pavimento, según el diseño planteado, de la construcción de sistemas de drenaje y subdrenaje, para la captación y conducción de corrientes superficiales y subterráneas (cunetas/sumideros y filtros), y del confinamiento de la estructura mediante la construcción de sardineles.
- ✓ El proyecto de pavimentación representa calidad de la infraestructura vial, crecimiento y desarrollo residencial, comercial y urbano, optimiza el mejoramiento de la productividad y la valorización del sector. Así mismo, brindará beneficios de movilidad vehicular y peatonal, garantizándoles confort, funcionalidad, y seguridad vial durante los trayectos diarios.
- ✓ El diseño del pavimento de concreto hidráulico está basado en el método del manual de pavimentos de concreto de INVIAS y en EL software AASHTO 93.
- ✓ Las especificaciones técnicas de construcción a aplicar, corresponden a las implementadas por el Instituto Nacional de Vías, INVIAS, versión 2.022.

- ✓ El proceso constructivo y respectivo control de calidad de la base granular, se debe regir acorde con los requisitos exigidos en el capítulo 3, artículo 330, de las especificaciones técnicas de construcción de vías, INVIAS 2.022.
- ✓ El proceso constructivo y el respectivo control de calidad del concreto hidráulico, se deben regir acorde con los requisitos exigidos en el capítulo 5, artículo 500, de las especificaciones técnicas de construcción de vías, INVIAS 2.022.
- ✓ El consultor no se hace responsable de las interpretaciones que personas ajenas a la firma, hagan del contenido de este informe, ni de las consecuencias que de ello se deriven.

13. RECOMENDACIONES

- ✓ El diseño de la estructura del pavimento de concreto hidráulico, se realizó con el método de diseño de pavimentos de concreto del Instituto Nacional de Vías, y con el software AASHTO 93, siguiendo las especificaciones técnicas de construcción de INVIAS 2.022. Por lo tanto, la respectiva construcción debe seguir los parámetros descritos en este documento.
- ✓ El proceso constructivo de la estructura de pavimento debe cumplir con los espesores de las capas definidas en el diseño.
- ✓ El Consultor no se responsabiliza en el caso que sucedan cambios durante el proceso constructivo, referentes al diseño de la estructura de pavimento. La propuesta de alguna modificación de diseño, insinuada por criterio visual, u otro, en cuanto a evaluación o resistencia acerca de materiales de subrasante encontrados en campo no debe ser admitida. Solo se permitirá si dicho criterio, obedece a condiciones técnicas debidamente soportadas (ensayos de laboratorio, estudio de tránsito, o evaluación técnica del comportamiento del suelo ante la acción del tránsito, agua por filtraciones, como condición más crítica). De lo contrario, la responsabilidad recaerá en el profesional o personal que proponga y/o apruebe las modificaciones respectivas, aclarando que el consultor puede realizar ajustes, siempre y cuando los conceptos técnicos guarden relación directa con la metodología de diseño implementada, y las condiciones propias de la vía evaluada, tal como se consideran en el diseño inicial.

- ✓ En el caso de presentarse durante el proceso constructivo, suelos expansivos, o reflejo en la superficie de sectores acolchonados, se debe proceder al tratamiento indicado por la interventoría, o según el caso al retiro y reemplazo por suelos de mejoramiento con granulares seleccionados, cumpliendo con especificaciones INVIAS, 2.022, con garantía de mayor capacidad de soporte.
- ✓ La capa de mejoramiento en casos de renivelaciones de la subrasante será con afirmado norma INVIAS, acorde con las especificaciones técnicas del capítulo 3, artículo 311, de INVIAS 2.022.
- ✓ Se debe instalar geotextil no tejido NT-2500, o similar, sobre la superficie de la subrasante, para que cumpla con la función de separar la base granular de finos migrados provenientes de la subrasante, evitando su contaminación, y pérdida de su módulo elástico de diseño.
- ✓ Garantizar al geotextil un buen almacenamiento, protegerlo de la intemperie y rayos ultravioleta, evitar contaminarlo en obra, no permitiendo tránsito sobre él de obreros, equipos y maquinaria, y recubrirlo con material granular seleccionado tan pronto sea instalado.
- ✓ Construir sistemas de subdrenaje, por la filtración proveniente de corrientes de aguas subterráneas, por filtración de aguas provenientes de taludes, por precipitaciones, o fugas de tuberías. Son sistemas vitales complemento para la estabilidad y la durabilidad de la estructura de pavimento. La no inclusión de obras de subdrenaje (filtros) en el proceso constructivo, disminuye la durabilidad y desestabiliza la estructura de pavimento, debido al deterioro progresivo de la capa de apoyo, causado por lavado de finos de los granulares, ante las filtraciones de aguas de escorrentía subterránea.
- ✓ Se deben construir cunetas y/o sumideros, para garantizar la captación y el drenaje de aguas provenientes por escorrentía superficial. La localización y el diseño de las obras de drenaje superficial no hacen parte del presente estudio.
- ✓ En sectores donde no hubo exploraciones geotécnicas, y se detecten suelos orgánicos, material contaminado, escombros y/o nivel freático, se debe consultar, considerando la posibilidad de alguna modificación del diseño.
- ✓ Se debe tener un control estricto en la verificación de los espesores de las diferentes capas que conforman las estructuras de pavimento, considerando que la conformación de capas con menores espesores a los obtenidos en el diseño, redundará en la reducción de la vida útil proyectada del pavimento.

- ✓ Se debe evitar al máximo en la medida de lo posible, que el material de subrasante quede expuesto a la acción de aguas lluvias, para lo cual se deberán realizar las excavaciones y conformaciones de material granular en el menor tiempo posible.
- ✓ En los sitios donde para la construcción de la estructura de pavimento existan ductos o redes de servicios, con profundidades inferiores al espesor total requerido para el pavimento, se deberá realizar una protección de los ductos con revestimiento de concreto, mínimo 4.000 psi para evitar su aplastamiento durante los procesos de compactación.
- ✓ Se debe mantener permanente control de calidad de la mano de obra calificada y los equipos y maquinaria a utilizar.
- ✓ La base granular una vez terminada, se deberá ajustar a la rasante y a las pendientes establecidas por la topografía, sin que existan zonas donde se retenga el agua superficial, se facilite la evacuación rápida de aguas lluvias por escorrentía superficial, para evitar la ocurrencia del fenómeno de hidroplaneo.
- ✓ Como medida preventiva para la apertura al tránsito, durante el proceso de preparación de la capa de base granular, se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito, hasta que se haya completado la compactación, con el fin de evitar concentración de ahuellamientos.
- ✓ En cuanto a la calidad del producto terminado, la capa de base granular una vez construida, deberá presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones, ni segregaciones.
- ✓ Se recomienda considerar el cálculo de volumen de una capa de afirmado, con el propósito de aplicarla para ejecutar renivelaciones de la subrasante, con un espesor mínimo de 15 cm. La capa de afirmado debe cumplir con los requisitos exigidos en el capítulo 3, artículo 311, de las especificaciones técnicas de construcción de vías, INVIAS 2.022
- ✓ Compactar el material de afirmado y la base granular con espesores uniformes, mínimos de 10 cm, y no mayores a 20 cm, teniendo en cuenta la humedad óptima de compactación.
- ✓ Es importante programar en la zona del proyecto, la construcción de sardineles monolíticos con la placa de concreto, con el fin de confinar la estructura de pavimento, así como la construcción o reconstrucción de andenes, con el fin de brindar confort a los peatones y residentes del sector.

- ✓ Programar procesos de calidad continuos, en las etapas previas y durante la ejecución, acorde con los requisitos de las especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías, INVIAS, 2.022, en la subrasante (verificación de CBR), en la base granular (caracterización, granulometría, y lo contenido en el numeral 330.5), y en el concreto hidráulico (toma de muestras verificando la fórmula de trabajo, el control de temperatura, el slump, la aplicación del concreto, la instalación de dovelas, barras de anclaje, acero de refuerzo si es el caso, cortes de juntas y sellantes, curado, micro y macro texturizado, y lo contenido en el numeral 500.5).
- ✓ Optimizar la funcionalidad de la vía pavimentada, con la respectiva señalización horizontal, demarcando las líneas de borde de calzada, líneas de carril, senderos peatonales, así como la instalación de las señales verticales preventivas y reglamentarias, que se estimen necesarias para la seguridad de los usuarios.
- ✓ Se recomienda realizar mantenimientos rutinarios con una frecuencia inferior a 1 año, y mantenimientos periódicos con reparaciones parciales y totales con frecuencia inferior a 3 años.



HUMBERTO GONZALEZ MOSQUERA
Especialista en Ingeniería de pavimentos
Magister en infraestructura vial



CRISTIAN CAMILO RODRIGUEZ ZARATE
Especialista en Diseño y Construcción de Pavimentos