INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

CONTRATO CON-001-2022

CONSULTORIA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTOS COMUNITARIOS EN LA ZONA URBANA Y RURAL EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA.

MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA
Alcalde William Fernando Palomino Zúñiga
"ME LA JUEGO POR LA UNIÓN"
2020-2023

Contratista: INGENIERIAS DE OCCIDENTE S.A.S
Supervisión: Argemiro Eduardo Tamayo.

Diseño Estructural De Pavimento En Concreto Hidráulico En La Calle 26 entre Carreras 5 Y 4B – Urbanización Prados del Norte.



La Unión Valle, Abril de 2022.

INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1. INTRODUCCION.

La malla vial del municipio de La Unión Valle actualmente no brinda las mejores condiciones de transitabilidad y comodidad para los usuarios en diferentes sectores del municipio, por lo cual se pretende aumentar la capacidad, el nivel de servicio, brindar comodidad, seguridad a los usuarios y disminuir los niveles de accidentalidad, mediante la construcción de vías locales pavimentadas en concreto hidráulico.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de los terrenos y en aplicación a las diferentes normas y especificaciones vigentes, es de vital importancia, determinar las características técnicas de los suelos, realizar los diseños de las vías con especificaciones técnicas de construcción y ejecutar los proyectos de pavimentación con eficacia y eficiencia, de manera que se proporcione a los usuarios vías con calidad técnica en concordancia con los estándares de diseño en todas las especialidades de Ingeniería relacionada con el estudio.

Por lo anterior, se presentan en este informe los resultados del análisis de suelos, la determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 ton, el diseño de la estructura de pavimento, el diseño geométrico de la vía y presupuesto de ejecución de obra, para la vía de la Calle 26 entre Carreras 5 y 4B, de la Urbanización Prados del Norte en el Municipio de La Unión - Valle del Cauca.

Se describe inicialmente el proyecto, de manera que se presente la investigación Geotécnica realizada por la empresa Geolabs S.A.S y las características del subsuelo encontrado y recomendaciones, con lo que se calcula y define la estructura de pavimento más eficaz y eficiente para la vía, de igual modo, se presenta el diseño geométrico de la vía definiendo ancho y longitud del pavimento a construir, recomendaciones constructivas y finalmente se incluye el presupuesto de obra, discriminado específicamente los materiales requeridos para dar paso al proyecto de pavimentos comunitarios en el municipio de La Unión Valle en el año 2022.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar los diferentes diseños para la pavimentación de la vía en concreto hidráulico localizada en el municipio de La Unión Valle En La Calle 26 entre Carreras 5 y 4B de la Urbanización Prados del Norte, complementando los objetivos del PBOT, en términos de construcción, rehabilitación y mejoramiento del sistema estructurante de vías, brindando una solución técnica y socio económica eficaz, con una longitud aproximada de 27.20 m.

2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Validar los resultados del estudio de suelos realizado en el sector.
- Determinar el valor del tránsito promedio diario (TPD).
- Calcular los espesores de pavimento a partir de las diferentes especificación y normatividad técnica vigente.
- Realizar el diseño geométrico de la vía a construir, con base a la topografía entregada por la Secretaria de Obras Públicas.
- Establecer el presupuesto final de las cantidades de obra para la construcción de pavimentos en los diferentes sectores del Municipio.
- Entregar las especificaciones, características y recomendaciones técnicas constructivas para la ejecución del proyecto.
- Simplificar la información correspondiente al valor de los materiales requeridos para el proyecto.

2.2. ALCANCE.

El presente proyecto, se localiza en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, específicamente en la zona Nor-Oriente del Municipio, en la urbanización Prados del Norte, con nomenclatura Calle 26 entre Carreras 5 y 4B.
Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de tipo afirmado, terreno perfilado y polvorientas en condiciones inadecuadas, de geometría irregular.
El PBOT del Municipio de La Unión Valle, enmarca diversas políticas de ocupación y uso del territorio, dentro de las cuales establece para el sistema estructurante de vías y transporte objetivos como:

Objetivo 1. ***Articular y consolidar la conectividad y movilidad urbana****, se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Jerarquizar y especializar la malla vial existente acorde con el ámbito de su función, en términos de vías locales, colectoras y vías arteriales.*
b. *Definir proyectos de ampliación y fortalecimiento del sistema vial local y colector en la zona urbana, a través de nuevas vías urbanas al interior de las manzanas.*
(...)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Objetivo 2. ***Mejorar y complementar las vías que permitan conformar una malla vial de interconexión de las diferentes actividades en la zona urbana,*** *se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Adecuar y complementar la malla vial urbana.*
b. *Desarrollar trabajos de mejoramiento y rehabilitación de vías concerniente a la malla vial urbana.*
c. *Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana que mejoren la habitabilidad, estructurados en el sistema vial, la recuperación de las rondas de quebradas y su articulación con los principales referentes y equipamientos urbanos. (…)*

El diseño de la estructura en concreto hidráulico tiene como principal directriz optimizar recursos para lograr establecer una obra donde exista un equilibrio entre el beneficio esperado y la inversión destinada.

2.3. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

La intervención del presente proyecto se ubica en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, localizado a 163 km de la capital del Valle del Cauca y a 396 km de la Capital de la República, Santa Fe de Bogotá, cuenta con extensión total de 126 km^2 y se localiza en el hemisferio Norte a 4°32'05" (latitud norte) y a 76°06'04" (longitud oeste), con altura de 975 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 24 grados centígrados.
Actualmente la vía objeto se cataloga como vía Local, de tercer orden, con sección transversal promedio de 5.00 m, longitud de 27.20 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Calle 26 entre Carreras 5 y 4B – URB/ PRADOS DEL NORTE



Figura 1. Localización de Zona a Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuó un (1) apique, alcanzando una profundidad de 1.20 metros bajo la superficie, donde se recuperaron muestras inalteradas en moldes CBR. Las actividades de exploración y ensayos de laboratorios para caracterización de la subrasante actual de la vía fueron realizados y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

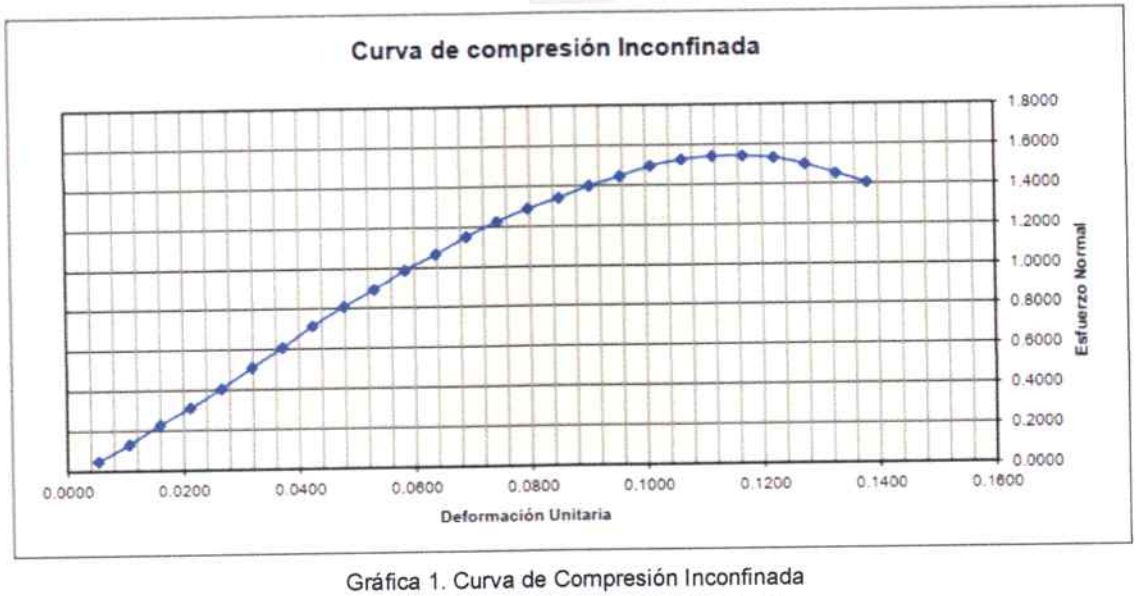
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S37 Calle 26 entre Carreras 5 y 4B	0.00 0.50	0.50 1.20	Afirmado Lleno, [25YR 4/4]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S37	Calle 26 entre Carreras 5 y 4B	1.00	1.5413	1.894	1.481	11,69%

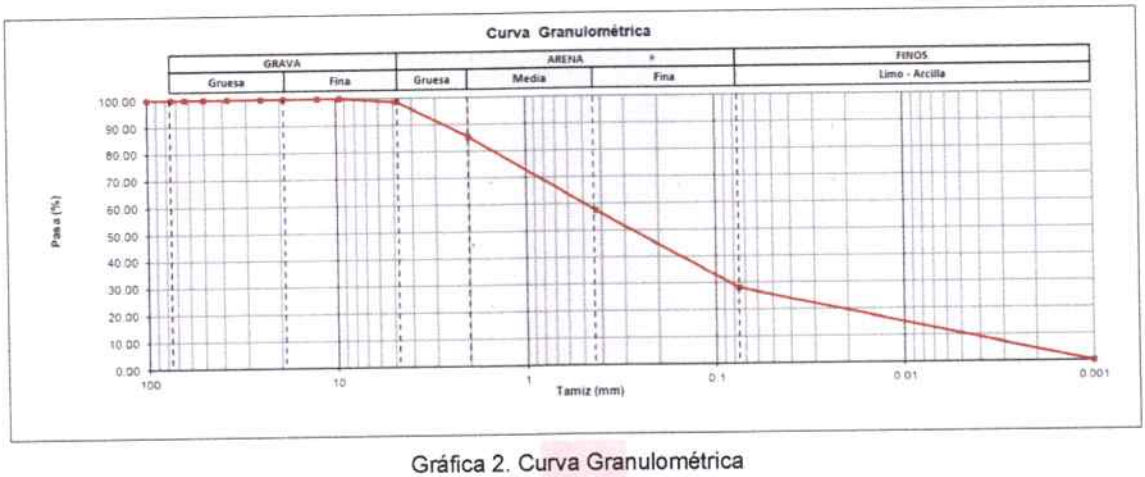


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S37	Calle 26 entre Carreras 5 y 4B	24.08	18.72	5.35	1.55	70.40	28.05	SC - SM

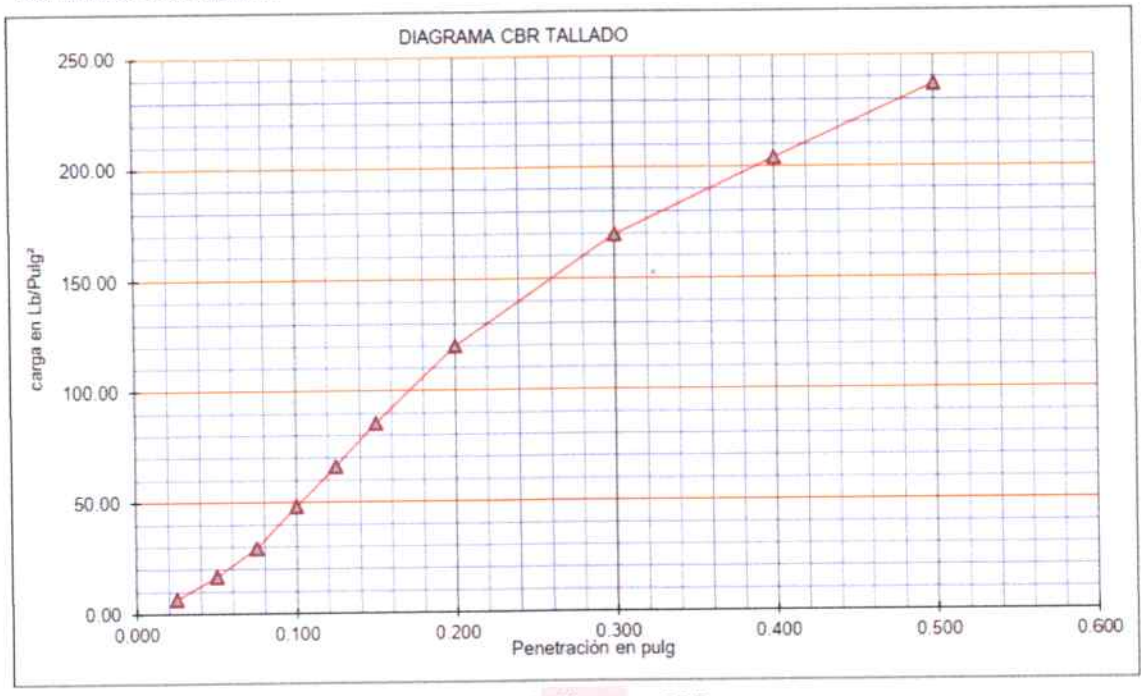


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S37	Calle 26 entre Carreras 5 y 4B	0.50	4.80%	8.00%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 3. Diagrama CBR
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

4.1. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

Para definir el análisis de tránsito del tramo a intervenir por el presente proyecto, se realiza el aforo vehicular en la zona, logrando definir el número de repeticiones del eje de referencia de 8.2 Ton en el período de diseño.

4.1.1. Aforo Vehicular.

El aforo vehicular se realizó desde las 7 AM hasta las 6 PM, los días 18, 19, 20 y 21 de febrero de 2022, diferenciando los tipos de vehículos, de manera que se obtenga la cantidad de vehículos mixtos que transitan por la zona y a la vez para tener claridad en cuanto al número de vehículos comerciales (buses y camiones) que son los que generarán un mayor impacto en la vida útil del pavimento y por lo tanto serán la base para el diseño.
A continuación, se presentan los datos obtenidos en los aforos vehiculares de los tres días antes mencionados:

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUENO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
- C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Figura 2. Clasificación vehicular según el INVIAS.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos del INVIAS

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 18/02/22

18 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	1	0	5	0	0	0	0	0	6
7:30-8:00	2	0	10	1	0	0	0	0	13
8:00-8:30	0	0	7	0	0	0	0	0	7
8:30-9:00	1	0	4	0	0	0	0	0	5
9:00-9:30	1	0	8	1	0	0	0	0	10
9:30-10:00	1	0	9	1	1	0	0	0	12
10:00-10:30	3	0	11	1	0	0	0	0	15
10:30-11:00	4	0	15	0	0	0	0	0	19
11:00-11:30	2	0	17	0	0	0	0	0	19
11:30-12:00	1	0	8	0	0	0	0	0	9
12:00-12:30	1	0	9	1	1	0	0	0	12
12:30-13:00	0	0	10	1	0	0	0	0	11
13:00-13:30	0	0	19	1	0	0	0	0	20
13:30-14:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
14:00-14:30	2	0	10	0	0	0	0	0	12
14:30-15:00	0	0	12	1	0	0	0	0	13
15:00-15:30	0	0	8	0	0	0	0	0	8
15:30-16:00	1	0	9	1	0	0	0	0	11
16:00-16:30	1	0	12	0	0	0	0	0	13
16:30-17:00	2	0	14	1	0	0	0	0	17
17:00-17:30	1	0	9	1	0	0	0	0	11
17:30-18:00	1	0	8	0	0	0	0	0	9
TOTAL	26	0	223	11	2	0	0	0	262
COMPOSICION VEHICULAR	9.92%	0.00%	85.11%	4.20%	0.76%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Tabla 2. Aforo vehicular 19/02/22

19 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	2	0	3	1	1	0	0	0	7
7:30-8:00	1	0	9	1	1	0	0	0	12
8:00-8:30	2	0	3	0	0	0	0	0	5
8:30-9:00	0	0	5	1	0	0	0	0	6
9:00-9:30	2	0	4	0	0	0	0	0	6
9:30-10:00	3	0	2	1	0	0	0	0	6
10:00-10:30	2	0	4	0	0	0	0	0	6
10:30-11:00	2	0	2	0	0	0	0	0	4
11:00-11:30	3	0	6	0	0	0	0	0	9
11:30-12:00	1	0	2	2	0	0	0	0	5
12:00-12:30	3	0	4	1	0	0	0	0	8
12:30-13:00	1	0	3	0	0	0	0	0	4
13:00-13:30	1	0	2	0	0	0	0	0	3
13:30-14:00	0	0	1	0	0	0	0	0	1
14:00-14:30	1	0	1	0	0	0	0	0	2
14:30-15:00	2	0	3	0	0	0	0	0	5
15:00-15:30	1	0	4	0	0	0	0	0	5
15:30-16:00	1	0	2	0	0	0	0	0	3
16:00-16:30	2	0	3	1	0	0	0	0	6
16:30-17:00	1	0	4	0	0	0	0	0	5
17:00-17:30	0	0	2	0	0	0	0	0	2
17:30-18:00	1	0	1	0	0	0	0	0	2
TOTAL	32	0	70	8	2	0	0	0	112
COMPOSICION VEHICULAR	28.57%	0.00%	62.50%	7.14%	1.79%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 3. Aforo Vehicular 20/02/22

20 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	3	0	6	0	0	0	0	0	9
7:30-8:00	2	0	7	0	0	0	0	0	9
8:00-8:30	1	0	9	0	0	0	0	0	10
8:30-9:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
9:00-9:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
9:30-10:00	0	0	8	0	0	0	0	0	8
10:00-10:30	1	0	5	0	0	0	0	0	6
10:30-11:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
11:00-11:30	2	0	10	0	0	0	0	0	12
11:30-12:00	1	0	11	0	0	0	0	0	12
12:00-12:30	1	0	15	1	0	0	0	0	17
12:30-13:00	0	0	17	0	0	0	0	0	17
13:00-13:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
13:30-14:00	1	0	7	0	0	0	0	0	8
14:00-14:30	1	0	5	0	0	0	0	0	6
14:30-15:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
15:00-15:30	2	0	9	0	1	0	0	0	12
15:30-16:00	2	0	10	0	0	0	0	0	12
16:00-16:30	1	0	14	1	0	0	0	0	16
16:30-17:00	1	0	18	0	0	0	0	0	19
17:00-17:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
17:30-18:00	0	0	5	0	0	0	0	0	5
TOTAL	22	0	213	2	1	0	0	0	238
COMPOSICION VEHICULAR	9,24%	0,00%	89,50%	0,84%	0,42%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 21/02/22

21 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	3	0	6	0	0	0	0	0	9
7:30-8:00	2	0	7	0	0	0	0	0	9
8:00-8:30	1	0	9	0	0	0	0	0	10
8:30-9:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
9:00-9:30	0	0	9	1	0	0	0	0	10
9:30-10:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
10:00-10:30	3	0	18	0	0	0	0	0	21
10:30-11:00	2	0	9	0	0	0	0	0	11
11:00-11:30	2	0	7	0	0	0	0	0	9
11:30-12:00	1	0	21	0	0	0	0	0	22
12:00-12:30	1	0	15	1	0	0	0	0	17
12:30-13:00	0	0	17	0	0	0	0	0	17
13:00-13:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
13:30-14:00	1	0	7	0	0	0	0	0	8
14:00-14:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
14:30-15:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
15:00-15:30	2	0	5	0	1	0	0	0	8
15:30-16:00	3	0	10	0	0	0	0	0	13
16:00-16:30	1	0	14	1	0	0	0	0	16
16:30-17:00	1	0	18	0	0	0	0	0	19
17:00-17:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
17:30-18:00	0	0	5	0	0	0	0	0	5
TOTAL	28	0	237	3	1	0	0	0	269
COMPOSICION VEHICULAR	10,41%	0,00%	88,10%	1,12%	0,37%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.1.2. Ejes Equivalentes.

Para el diseño del pavimento se tomará como base la cantidad de vehículos comerciales que circulan por la zona, por lo tanto, se realiza el cálculo de un tránsito promedio diario de vehículos comerciales (TPDC) y para ello se trabajará con los 7 días de la semana, expandiendo el día hábil típico y tomando los demás días común y corriente. El cálculo del TPDC estará dado por la siguiente operación.

$$TPDC = \frac{13 + 10 + 3 + 4 * 4}{7} = 6\ vehículos\ comerciales$$

Se realiza conversión a ejes equivalentes acumulados de 80 Kilo Newtons para un año, que son los ejes estándar que maneja el método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, utilizado como factor de daño los presentados por el INVIAS.

Tabla 5. Factores de daño.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE DAÑO	
	Vacío	Cargado
Autos	-	-
Buses	-	1
C2P	0.01	1.01
C2G	0.08	2.72
C3 - C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Invias.

Se utiliza como factor direccional el valor de 1 debido al ancho del carril y a que la vía trabajará en dos sentidos. La distribución de vehículos comerciales estará basada en los porcentajes de vehículos comerciales de los aforos realizados, en la Tabla 6 se presentan los valores adoptados.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 6. Porcentajes de vehículos comerciales.

PARAMETROS DE DISEÑO		
TIPO DE VEHICULO	**CANTIDAD**	**PORCENTAJE**
Bus	0	0,00%
C2P	5	71,43%
C2G	2	28,57%
C3-4	0	0,00%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

El NESE para el año actual estará dado por la siguiente expresión:

$$NESE80KNañobase = 365 * TPDC * \left[\sum_{i=1}^{k} \%Vki * FDk\right] * Fd$$

$$NESE80KNañobase = 365 * 6 * [0.7143 * 1.01 + 0.2857 * 2.72] * 1$$

El NESE hallado debe de ser proyectado al valor correspondiente del periodo de diseño del pavimento (20 años). Para la proyección se hará uso del método que propone el INVIAS en el caso en que no exista una serie histórica de tránsito; en tal método necesitaremos una tasa de crecimiento anual del tránsito que será asumida como el 3% (valor recomendado por el INVIAS) debido a la cantidad de ejes obtenidos para el año base y con respecto al potencial desarrollo de las zonas urbanas del municipio.

$$NESEacumulado = NESE80KNañobase * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

Donde

- r: Tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona la tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona (3%).
- n: años proyectados (20 años).

Se realiza mayoración del valor obtenido, con la finalidad de otorgarle confiabilidad del 90%, por lo tanto, se le aplica valor de 1.28 y la formula base planteada por el INVIAS.

$$NESEacumuladoconconfiabilidad = NESEacumulado * 10^{0.05*Zr}$$

Donde

- Zr: Factor de confiabilidad.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se utiliza el factor de equivalencia propuesto por la AASHTO GUIDE FOR THE DESIGN OF PAVEMENTS STRUCTURES en su parte 3, capítulo 5 numeral 5.2.3 valor de 1.492 para pasar de NESEasfáltico a NESErígido

$$NESEpvtorígido = 1{,}492 * NESEacumuladoconconfiabilidad$$

Después de realizado todo el procedimiento para hallar el valor del NESE de diseño para el pavimento rígido, se encuentra un valor final de:

Tabla 7. Resultados.

VARIABLES DE DISEÑO	
TPDC	6,00
NESE80KNañobase	3282,00
NESEacumulado	89505
NESE 90	103717
NESEdiseño	154746

Fuente: Propia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.2. MÉTODO DE DISEÑO DE LA AASHTO

Se presenta como alternativa el uso de la metodología propuesta por la AASHTO para pavimentos rígidos que a su vez se basó en los resultados del AASHTO road test en Ottawa, IL, USA. El cual propone la siguiente ecuación para el diseño de los espesores de la losa de concreto de cemento Pórtland.

$$\log(W18) = Zr * So + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * log\left[\frac{S'c*Cd*\left(D^{0.075}-1.132\right)}{215.63*J*\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **154746**

b. Confiabilidad R: se considera del 90%, permitiendo que el 10% de las losas de pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad final igual a la seleccionada en el diseño.

c. Zr: Desviación total estándar correspondiente a la confiabilidad del diseño **1.28**

d. So: Desviación estándar total (overall) del proceso de diseño, la guía ASSHTO recomienda para una construcción nueva el valor 0.35.

e. ΔPSI: capacidad que tiene un pavimento para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar, este se define como el índice de serviciabilidad inicial menos la serviciabilidad final. Un valor de 5 para la serviciabilidad indica un pavimento en condiciones totalmente perfectas y un valor de 0 para una indica un pavimento totalmente destruido.

$$\Delta\text{PSI} = 4.5 - 2.0 = \mathbf{2.5}$$

f. Pt: Serviciabilidad inicial del pavimento: **4.5**

g. Pt: Serviciabilidad final del pavimento: **2.0**

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

h. S'c: Módulo de rotura del concreto (psi): **600 psi – 4.10 Mpa**

El concreto a ser un material cerámico, posee una alta resistencia a la compresión, pero muy poca a la tracción. El concreto usado para pavimentos estará sometido a cargas que generen tracción en la parte inferior de la losa y por lo tanto se hace necesario elegir un concreto con un módulo de rotura a la flexo-tracción suficiente para soportar las cargas. Los valores usualmente usados son de 650, 600 y 550 psi. Para el presente diseño se hará uso de concreto con una resistencia a la flexo-tracción de **600 psi** teniendo en cuenta que la vía es urbana y no estará sometida a altas cargas de tráfico pesado.

i. Cd: Coeficiente de drenaje.
Para la elección del coeficiente de drenaje se debe de tener en cuenta las características hidrológicas y topográficas del municipio de la Unión – Valle.
Según los mapas de precipitación media anual del IDEAM, el municipio de la Unión-Valle tiene cerca de 1000 – 1500 mm de lluvia total anual en promedio. Por su parte, el municipio de la Unión – Valle presenta pendientes que encajan dentro de las características topográficas de terreno plano propuestas por el INVIAS y que en pocas ocasiones y en pocos sectores la pendiente puede ascender al nivel de terreno ondulado según la clasificación INVIAS.

Teniendo en cuenta la siguiente y siendo un poco conservadores, se considera la calidad del drenaje como **aceptable** en donde el agua se removerá en una semana, se toma el porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a humedades cercanas a la saturación en el rango de **1% - 5%**

Tabla 8. Coeficiente de drenaje pavimento rígido AASHTO

Calidad del drenaje	El agua libre se remueve en...
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drenará

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se define que el coeficiente de drenaje (Cd) de la estructura será de **1.0**, siendo este un valor conservador.

j. J: Coeficiente de transferencia de carga: **3.20**
El pavimento diseñado se plantea con el uso de dovelas en las juntas transversales para la transmisión de cargas, por lo cual se asigna valor entre 2.50 y 3.10.

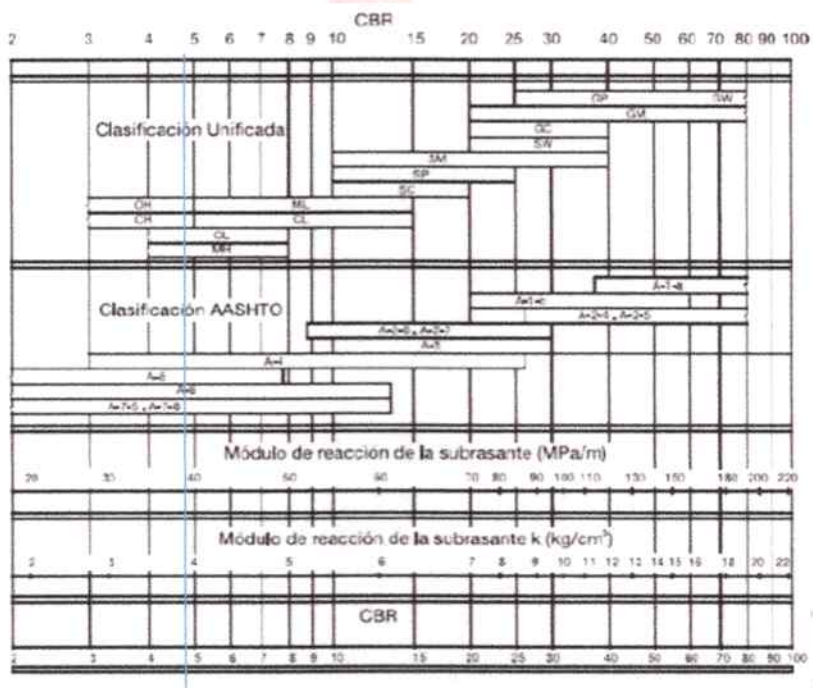
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

$$F'c = 352kg/cm2$$

$$Ec = 5500 * f'c^{\frac{1}{2}} = 17000 * 352^{\frac{1}{2}} = 318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$

$$318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2} = \mathbf{4536510.74\ psi}$$

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (4.8%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **38.32Mpa/m – 139.868 pci**



Grafica 1. Módulo de reacción de la Sub-rasante.
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

La ASSHTO acepta las correlaciones de "K" descritas a continuación, según sea el caso:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log CBR \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR \leq 10$$

$$K = 46 + 9.08 * \log CBR^{4.34} \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR > 10$$

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 4.8 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{38.32} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

m. Factor de perdida de soporte (Ls), este parámetro indica la pérdida de apoyo potencial de la losa de concreto hidráulico, debido a la erosionabilidad de la su-base y asentamientos diferenciales de la subrasante, para el presente diseño se utilizará una sub-base de material granular sin tratar, por lo tanto, el factor de perdida de soporte (Ls) es de 2.0.

Tabla 6. Factor de pérdida de soporte.

TIPO DE BASE O SUB-BASE	FACTOR DE PERDIDA DE SOPORTE (Ls)
Bases Granulares Tratadas con Cemento (E = 7000 – 14000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Tratadas con Cemento (E = 3500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Bases Asfálticas (E = 2500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Estabilizadas con Asfalto (E = 300 – 2000 MPa)	0.0 a 1.0
Estabilización con Cal (E = 150 – 1000 MPa)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares sin Tratar (E = 100 – 300 MPa)	1.0 a 3.0
Suelos Finos y Subrasantes Naturales (E = 20 – 300 MPa)	2.0 a 3.0

Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Módulo de resiliente de la Sub-base:

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

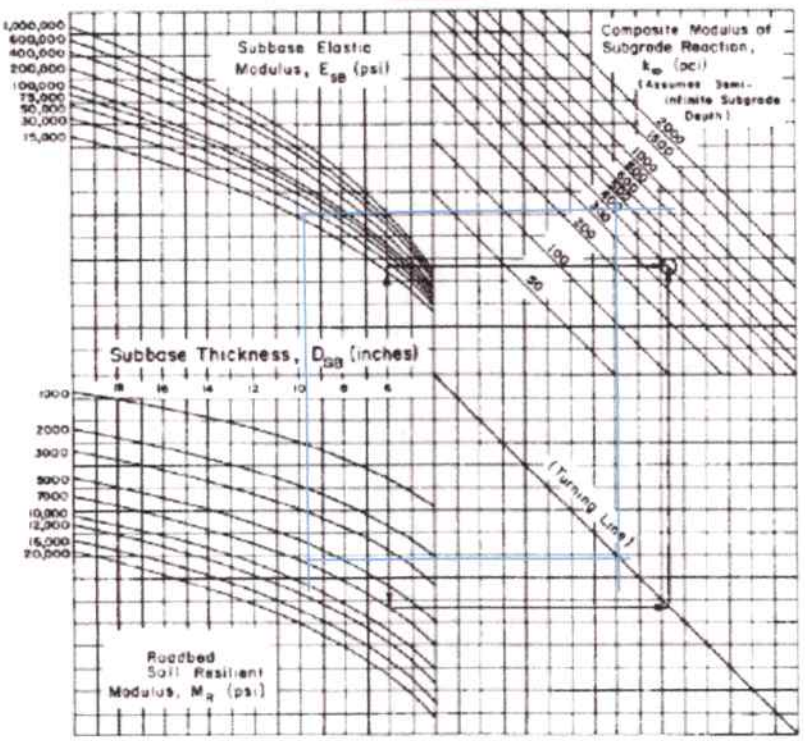
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 4.8\% = 480 \frac{kg}{cm^2} = 6827.0405\ psi$$

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

n. Modulo efectivo de la subrasante K, depende de factores como el módulo de la subrasante, el módulo de la sub-base y el módulo de elasticidad de la sub-base.

A partir del CBR de la evaluación geotécnica (4.8%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece **38.32Mpa/m – 139.868 pci**.

La sub-base granular tendrá 25 mm de espesor, ya que se considera es un apto para soportar las cargas del tránsito y reducir los esfuerzos producidos en la sub-rasante y contara con módulo de elasticidad de 17160 psi que es un valor usualmente utilizado en Colombia.
AASHTO propone la Ilustración 2 para estimar el módulo de reacción compuesto de la sub-rasante basándonos en el espesor de la sub-base (9.84 pulgadas aproximadamente) y su módulo de elasticidad (17160 psi) y en el módulo resiliente de la sub-rasante (6827.0405 psi)

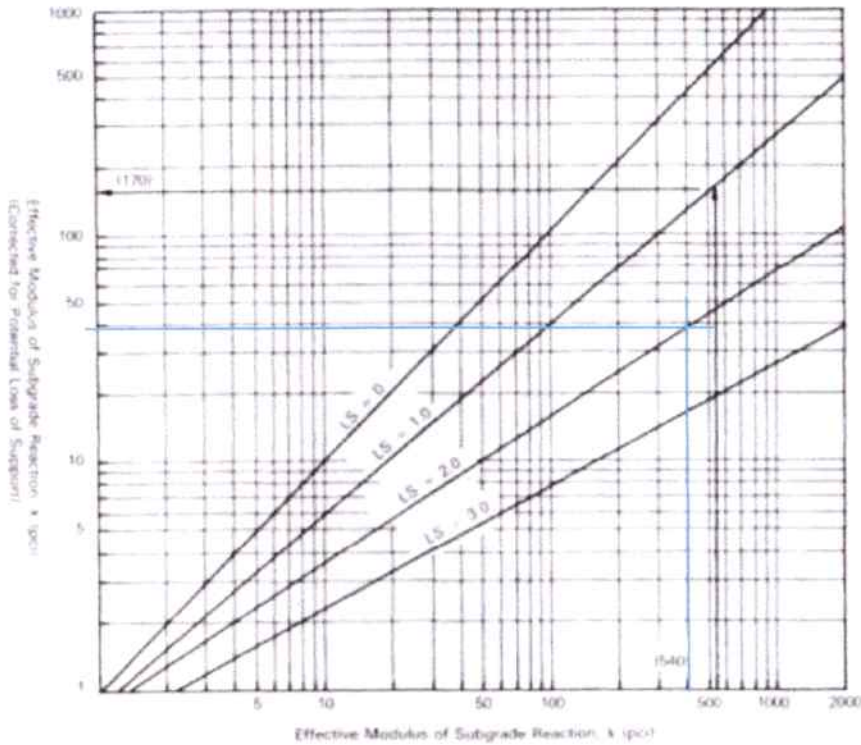


Grafica 2. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **400 psi/in**.

El módulo de reacción conjunta se ve afectado por una potencial pérdida de soporte del suelo debido a las solicitaciones del tráfico y a factores hidrológicos y ambientales, por este motivo AASHTO propone la Ilustración 3 en donde se asumirá una pérdida de soporte (LS por sus iniciales en inglés) de 2 debido a que la sub-base granular estará conformada por materiales granulares no tratados o estabilizados.



Gráfica 6. Corrección del módulo de reacción de la fundación por la pérdida de soporte.
Fuente: Tomado de la AASHTO guide for the design of pavements structutes

Se encuentra que el módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (k) será igual a **39.0 psi/in**

o. D: Espesor del pavimento hidráulico en pulgadas

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Para definir el espesor de la capa de concreto hidráulico, se presenta el resumen de las variables que interfieren en la ecuación:

Tabla 10. Resumen de variables

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	154746	ESE
Confiabilidad del diseño (90%)	1,28	-
Desviación estándar proceso de diseño (So)	0,35	-
Degradación del PSI (ΔPSI)	2,5	-
Serviciabilidad final (Pt)	2	-
Módulo de reacción de la subrasante (k)	139,87	PCI
Módulo de rotura del concreto (S'c)	600	PSI
Coeficiente de drenaje (Cd)	1	-
Coeficiente de transferencia de carga (J)	3,2	-
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	4536510,74	PSI
Módulo de reacción compuesto (K)	39	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(335375) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.5}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* \log\left[\frac{540 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.10 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510.74}{39}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 5,66" = 14.38cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 5.66", equivalentes a 14.38cm, según el Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, se establece un espesor mínimo para losas en concreto hidráulico de 160mm, por lo cual se recomienda utilizar este espesor.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.3. METODO DE LA PORTLAN CEMENT ASSOCIATION (PCA) DE LOS ESTADOS UNIDOS

Con el objetivo de brindar mayor seguridad y calidad en el diseño de pavimentos en concreto hidráulico, se recomienda realizar la evaluación del mismo mediante dos métodos de diseños, con la finalidad de elegir el que permita mayor durabilidad y confianza en el transcurso del tiempo.

PARAMETROS DE DISEÑO

- Periodo de Diseño: **20 Años**
- Módulo de rotura del concreto: **600 PSI**
- Transmisión de Cargas: **Mediante dovelas, pasadores**
- Bermas: **NO**
- Módulo de reacción de la sub-rasante (K)

  CBR=4.8%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 4.8 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{38.32} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- Material de Sub base, correspondiente a material granular sin tratar, con espesor propuesto: 25mm o 9.84"
- Factor de Seguridad: se recomienda para calles residenciales y otras vías en las que se espera un volumen de tránsito bajo de vehículos pesados, aplicar un **FS= 1.00**
- Transito: se aplicará la condición de ejes simples, con el objeto de aplicar las combinaciones mediante tablas de cargas y repeticiones para cada eje establecido.
- Barras de Anclaje: se establece para el presente diseño la combinación de barras en acero con Fy de 420 Mpa de ½", y con el ano de carril mínimo que permite el aplicativo de 3.05





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

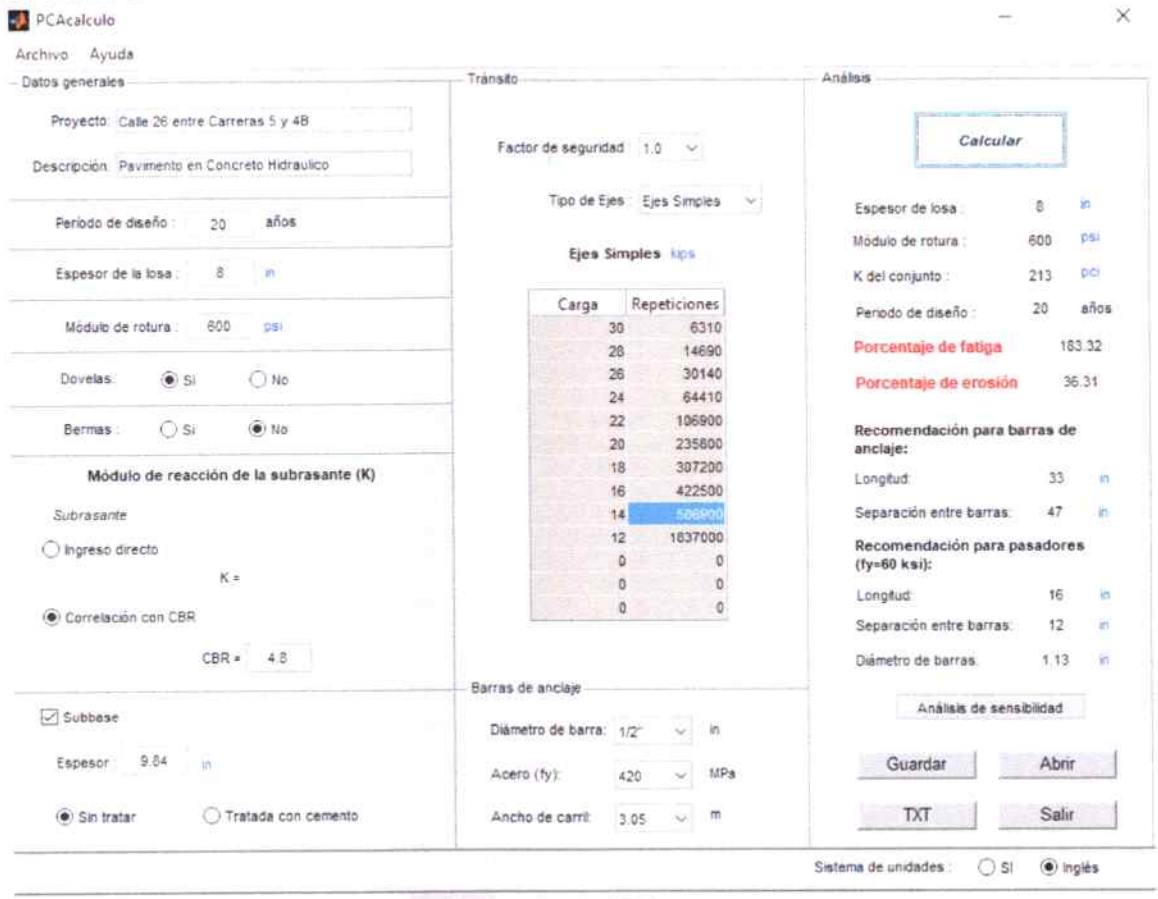


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO- CALLE 26 ENTRE CARRERAS 5 Y 4B

Una vez obtenidos los resultados de los diseños adelantados por los métodos de la AASHTO y la PCA, se opta por usar los obtenidos mediante el método AASHTO por ser un el más completo.

Se concluye que el espesor final del pavimento estudiado en este informe será de:

- Losa de concreto hidráulico: 160 mm de espesor
- Sub-base granular: 250 mm de espesor
- Geotextil Tejido T2400

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.5. TRANSMISION DE CARGAS

Para la selección del acero longitudinal y transversal, se hará uso de las recomendaciones dadas por INVIAS en el Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, utilizando las siguientes tablas y teniendo en cuenta las características del proyecto:

Tabla 11. Recomendaciones para barrar longitudinales

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)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de fy= 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		0,95	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 fy= 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: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vias con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

Tabla 12. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga,

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 190	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: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vias con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se concluye que el proyecto contara con las siguientes características:

- Losa de concreto hidráulico de MR 600 PSI: 160 mm de espesor
- Sub base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Junta longitudinal, Varillas corrugadas de Φ ½, longitud de 85 cm y separadas cada 120 cm.
- Junta transversal, Acero liso de Φ7/8" con longitud de 0.35m y separación de 0.30m entre centros.
- El refuerzo para losas irregulares, con relación L/A > 1.25 o con sumideros que las modifiquen, se propone en acero de 5/8" cada 0,20 m en ambos sentidos.

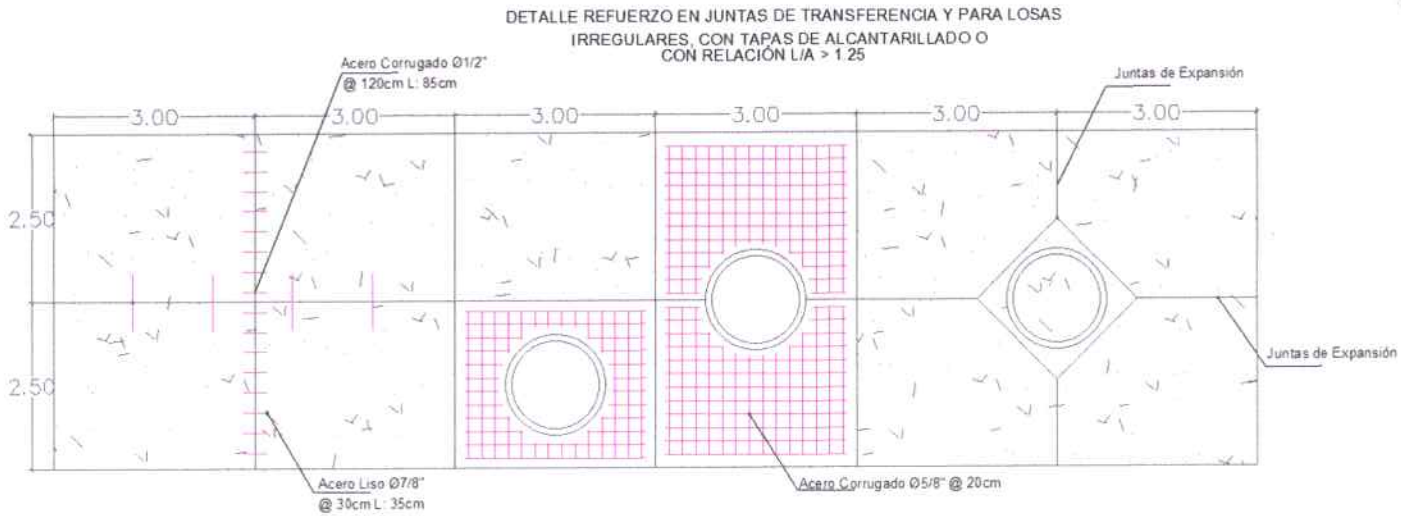


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1. MODULACION DE LOSAS

Para la modulación del pavimento, se proponen losas de no más de 6 metros de longitud, conservando una relación entre su largo - ancho (l/a) o lado mayor – lado menor (Lma/Lme) por debajo del valor de 1.25. Lo anterior teniendo en cuenta que relaciones mayores potenciarían los fenómenos del alabeo de las losas por los gradientes térmicos que hay en su estructura, lo que generaría esfuerzos internos para los que la losa no estará diseñada y se empezará a agrietar y deteriorar.
Por lo anterior ya que se cuenta con ancho de calzada de 5.00 m, se realizarán carriles de 2.50 m y el largo de las losas de 3.00 m.

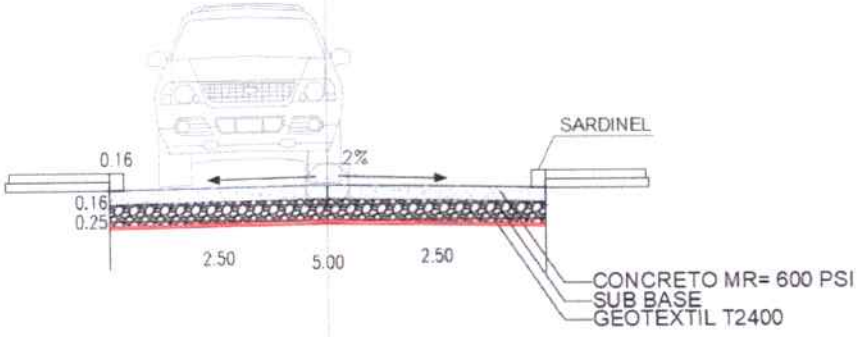


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

Se plantea la construcción de sardineles en los costados de la vía, que permitan el confinamiento de la misma y evitar la infiltración de agua que transcurre sobre la esta, con el siguiente detalle:

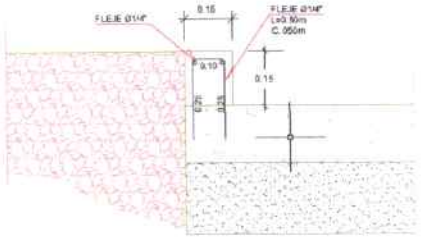


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

ANEXOS





INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

CONTRATO CON-001-2022

CONSULTORIA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTOS COMUNITARIOS EN LA ZONA URBANA Y RURAL EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA.

MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA
Alcalde William Fernando Palomino Zúñiga
"ME LA JUEGO POR LA UNIÓN"
2020-2023

Contratista: INGENIERIAS DE OCCIDENTE S.A.S
Supervisión: Argemiro Eduardo Tamayo.

Diseño Estructural De Pavimento En Concreto Hidráulico En La Calle 26 entre Carreras 4A Y 4B – Urbanización Prados del Norte



La Unión Valle, Abril de 2022.

INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1. INTRODUCCION.

La malla vial del municipio de La Unión Valle actualmente no brinda las mejores condiciones de transitabilidad y comodidad para los usuarios en diferentes sectores del municipio, por lo cual se pretende aumentar la capacidad, el nivel de servicio, brindar comodidad, seguridad a los usuarios y disminuir los niveles de accidentalidad, mediante la construcción de vías locales pavimentadas en concreto hidráulico.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de los terrenos y en aplicación a las diferentes normas y especificaciones vigentes, es de vital importancia, determinar las características técnicas de los suelos, realizar los diseños de las vías con especificaciones técnicas de construcción y ejecutar los proyectos de pavimentación con eficacia y eficiencia, de manera que se proporcione a los usuarios vías con calidad técnica en concordancia con los estándares de diseño en todas las especialidades de Ingeniería relacionada con el estudio.

Por lo anterior, se presentan en este informe los resultados del análisis de suelos, la determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 ton, el diseño de la estructura de pavimento, el diseño geométrico de la vía y presupuesto de ejecución de obra, para la vía de la Calle 26 entre Carreras 4 A Y 4B, de la Urbanización Prados del Norte en el Municipio de La Unión - Valle del Cauca.

Se describe inicialmente el proyecto, de manera que se presente la investigación Geotécnica realizada por la empresa Geolabs S.A.S y las características del subsuelo encontrado y recomendaciones, con lo que se calcula y define la estructura de pavimento más eficaz y eficiente para la vía, de igual modo, se presenta el diseño geométrico de la vía definiendo ancho y longitud del pavimento a construir, recomendaciones constructivas y finalmente se incluye el presupuesto de obra, discriminado específicamente los materiales requeridos para dar paso al proyecto de pavimentos comunitarios en el municipio de La Unión Valle en el año 2022.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar los diferentes diseños para la pavimentación de la vía en concreto hidráulico localizada en el municipio de La Unión Valle En La Calle 26 entre Carreras 4A Y 4B de la urbanización Prados del Norte, complementando los objetivos del PBOT, en términos de construcción, rehabilitación y mejoramiento del sistema estructurante de vías, brindando una solución técnica y socio económica eficaz, con una longitud aproximada de 28.30 m.

2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Validar los resultados del estudio de suelos realizado en el sector.
- Determinar el valor del tránsito promedio diario (TPD).
- Calcular los espesores de pavimento a partir de las diferentes especificación y normatividad técnica vigente.
- Realizar el diseño geométrico de la vía a construir, con base a la topografía entregada por la Secretaria de Obras Públicas.
- Establecer el presupuesto final de las cantidades de obra para la construcción de pavimentos en los diferentes sectores del Municipio.
- Entregar las especificaciones, características y recomendaciones técnicas constructivas para la ejecución del proyecto.
- Simplificar la información correspondiente al valor de los materiales requeridos para el proyecto.

2.2. ALCANCE.

El presente proyecto, se localiza en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, específicamente en la zona Nor-oriente del Municipio, en la Urbanización Prados del Norte, con nomenclatura Calle 26 entre Carreras 4A Y 4B.
Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de tipo afirmado, terreno perfilado y polvorientas en condiciones inadecuadas, de geometría irregular.
El PBOT del Municipio de La Unión Valle, enmarca diversas políticas de ocupación y uso del territorio, dentro de las cuales establece para el sistema estructurante de vías y transporte objetivos como:

Objetivo 1. ***Articular y consolidar la conectividad y movilidad urbana****, se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Jerarquizar y especializar la malla vial existente acorde con el ámbito de su función, en términos de vías locales, colectoras y vías arteriales.*
b. *Definir proyectos de ampliación y fortalecimiento del sistema vial local y colector en la zona urbana, a través de nuevas vías urbanas al interior de las manzanas.*
(...)





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Objetivo 2. ***Mejorar y complementar las vías que permitan conformar una malla vial de interconexión de las diferentes actividades en la zona urbana,*** *se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Adecuar y complementar la malla vial urbana.*
b. *Desarrollar trabajos de mejoramiento y rehabilitación de vías concerniente a la malla vial urbana.*
c. *Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana que mejoren la habitabilidad, estructurados en el sistema vial, la recuperación de las rondas de quebradas y su articulación con los principales referentes y equipamientos urbanos. (…)*

El diseño de la estructura en concreto hidráulico tiene como principal directriz optimizar recursos para lograr establecer una obra donde exista un equilibrio entre el beneficio esperado y la inversión destinada.

2.3. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

La intervención del presente proyecto se ubica en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, localizado a 163 km de la capital del Valle del Cauca y a 396 km de la Capital de la República, Santa Fe de Bogotá, cuenta con extensión total de 126 km^2 y se localiza en el hemisferio Norte a 4°32'05" (latitud norte) y a 76°06'04" (longitud oeste), con altura de 975 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 24 grados centígrados.
Actualmente la vía objeto se cataloga como vía Local, de tercer orden, con sección transversal promedio de 5.00 m, longitud de 28.30 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Calle 26 entre Carreras 4 A Y 4B – URB/ PRADOS DEL NORTE

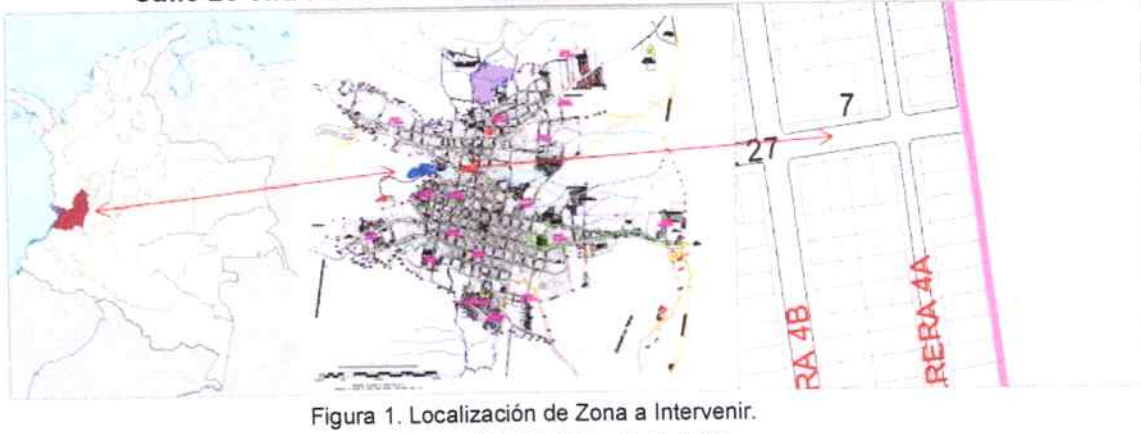


Figura 1. Localización de Zona a Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuó un (1) apique, alcanzando una profundidad de 1.00 metros bajo la superficie, donde se recuperaron muestras inalteradas en moldes CBR. Las actividades de exploración y ensayos de laboratorios para caracterización de la subrasante actual de la vía fueron realizados y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

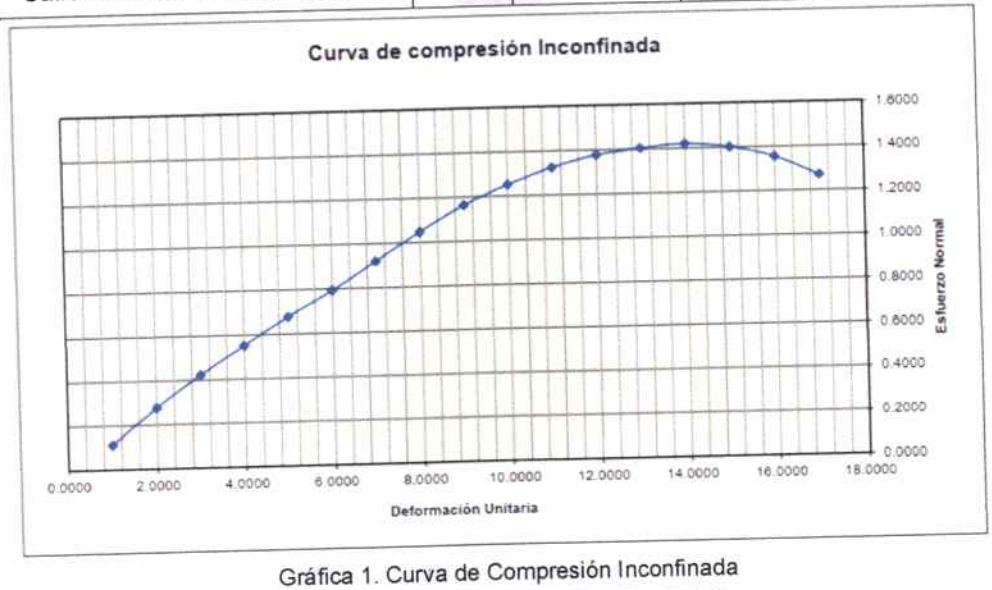
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S40 Calle 26 entre Carreras 4B y 4A	0.00 0.10	0.10 1.00	Afirmado Limo - arenoso, [25YR 4/4]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S40	Calle 26 entre Carreras 4B y 4A	1.00	1.4198	1.978	1.70	7,46%

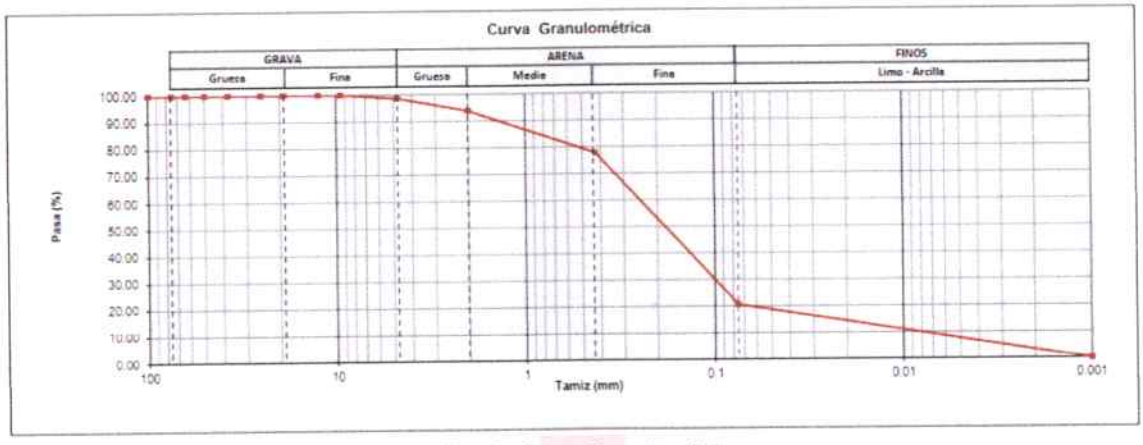


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S40	Calle 26 entre Carreras 4B y 4A				1.39	77.96	20.66	SP

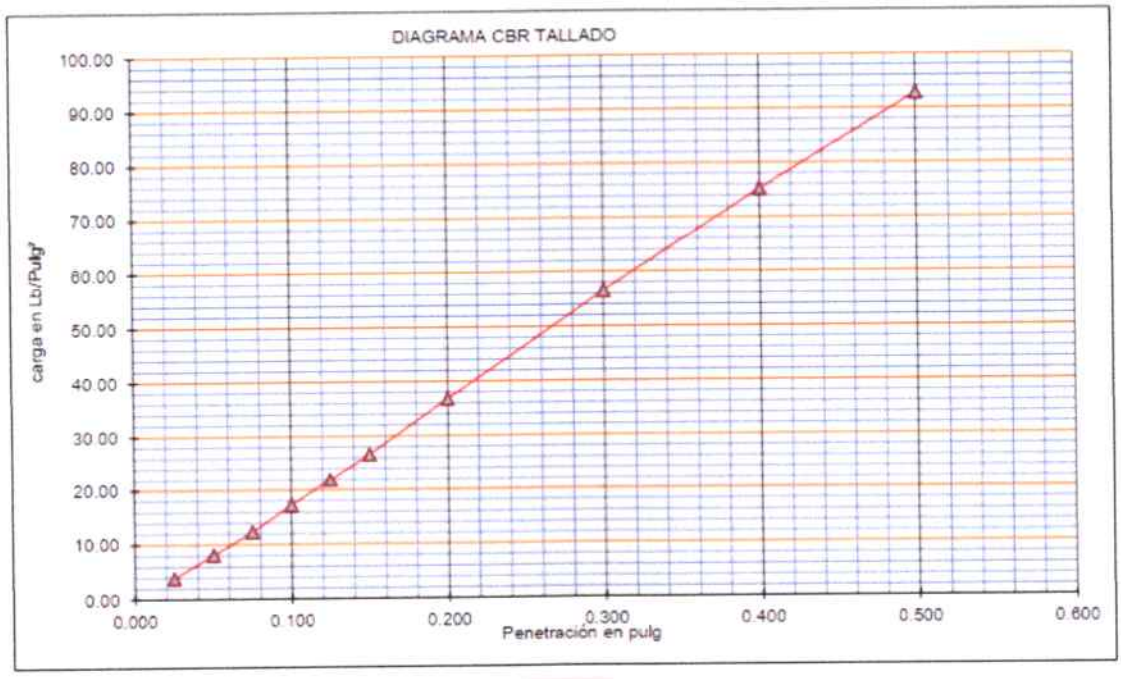


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S40	Calle 26 entre Carreras 4B y 4A	0.40	1.72%	2.45%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 3. Diagrama de CBR
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

4.1. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

Para definir el análisis de tránsito del tramo a intervenir por el presente proyecto, se realiza el aforo vehicular en la zona, logrando definir el número de repeticiones del eje de referencia de 8.2 Ton en el período de diseño.

4.1.1. Aforo Vehicular.

El aforo vehicular se realizó desde las 7 AM hasta las 6 PM, los días 18, 19,20 y 21 de febrero de 2022, diferenciando los tipos de vehículos, de manera que se obtenga la cantidad de vehículos mixtos que transitan por la zona y a la vez para tener claridad en cuanto al número de vehículos comerciales (buses y camiones) que son los que generarán un mayor impacto en la vida útil del pavimento y por lo tanto serán la base para el diseño.
A continuación, se presentan los datos obtenidos en los aforos vehiculares de los tres días antes mencionados:

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUENO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	

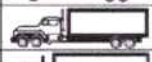
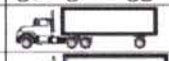
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C2 Y C4	CAMION C2	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Figura 2. Clasificación vehicular según el INVIAS.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos del INVIAS

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 18/02/22

18 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
7:30-8:00	2	0	12	0	1	0	0	0	15
8:00-8:30	1	0	6	0	1	0	0	0	8
8:30-9:00	1	0	7	0	0	0	0	0	8
9:00-9:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
9:30-10:00	0	0	6	0	0	0	0	0	6
10:00-10:30	3	0	7	0	0	0	0	0	10
10:30-11:00	1	0	18	0	0	0	0	0	19
11:00-11:30	3	0	9	0	2	0	0	0	14
11:30-12:00	5	0	8	0	1	0	0	0	14
12:00-12:30	6	0	7	0	0	0	0	0	13
12:30-13:00	3	0	18	1	0	0	0	0	22
13:00-13:30	2	0	9	1	0	0	0	0	12
13:30-14:00	1	0	10	0	0	0	0	0	11
14:00-14:30	2	0	11	0	0	0	0	0	13
14:30-15:00	6	0	6	0	1	0	0	0	13
15:00-15:30	5	0	8	1	2	0	0	0	16
15:30-16:00	1	0	9	1	1	0	0	0	12
16:00-16:30	2	0	9	1	1	0	0	0	13
16:30-17:00	1	0	8	0	0	0	0	0	9
17:00-17:30	1	0	10	0	0	0	0	0	11
17:30-18:00	1	0	10	1	0	0	0	0	12
TOTAL	49	0	206	6	10	0	0	0	271
COMPOSICION VEHICULAR	18.08%	0.00%	76.01%	2.21%	3.69%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Tabla 2. Aforo vehicular 19/02/22

19 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	2	0	4	0	0	0	0	0	6
7:30-8:00	2	0	7	0	0	0	0	0	9
8:00-8:30	4	0	9	0	0	0	0	0	13
8:30-9:00	1	0	16	0	0	0	0	0	17
9:00-9:30	0	0	14	1	0	0	0	0	15
9:30-10:00	0	0	17	1	0	0	0	0	18
10:00-10:30	1	0	9	0	0	0	0	0	10
10:30-11:00	2	0	8	0	0	0	0	0	10
11:00-11:30	1	0	5	0	0	0	0	0	6
11:30-12:00	0	0	8	1	0	0	0	0	9
12:00-12:30	1	0	12	1	0	0	0	0	14
12:30-13:00	0	0	6	0	0	0	0	0	6
13:00-13:30	1	0	7	0	0	0	0	0	8
13:30-14:00	2	0	8	1	0	0	0	0	11
14:00-14:30	2	0	5	1	0	0	0	0	8
14:30-15:00	1	0	9	1	0	0	0	0	11
15:00-15:30	0	0	11	0	0	0	0	0	11
15:30-16:00	0	0	13	0	0	0	0	0	13
16:00-16:30	0	0	7	0	0	0	0	0	7
16:30-17:00	1	0	6	0	0	0	0	0	7
17:00-17:30	1	0	3	0	0	0	0	0	4
17:30-18:00	1	0	5	0	0	0	0	0	6
TOTAL	23	0	189	7	0	0	0	0	219
COMPOSICION VEHICULAR	10.50%	0.00%	86.30%	3.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%



INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca



INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 3. Aforo Vehicular 20/02/22

20 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	1	0	8	0	0	0	0	0	9
7:30-8:00	3	0	9	0	0	0	0	0	12
8:00-8:30	2	0	5	0	0	0	0	0	7
8:30-9:00	0	0	5	0	0	0	0	0	5
9:00-9:30	0	0	8	0	0	0	0	0	8
9:30-10:00	0	0	7	0	0	0	0	0	7
10:00-10:30	1	0	7	0	0	0	0	0	8
10:30-11:00	1	0	4	0	0	0	0	0	5
11:00-11:30	2	0	3	0	0	0	0	0	5
11:30-12:00	3	0	12	0	0	0	0	0	15
12:00-12:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
12:30-13:00	0	0	8	0	0	0	0	0	8
13:00-13:30	0	0	5	1	0	0	0	0	6
13:30-14:00	1	0	8	0	0	0	0	0	9
14:00-14:30	0	0	4	0	0	0	0	0	4
14:30-15:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
15:00-15:30	1	0	9	0	0	0	0	0	10
15:30-16:00	1	0	10	0	0	0	0	0	11
16:00-16:30	0	0	14	0	0	0	0	0	14
16:30-17:00	0	0	18	0	0	0	0	0	18
17:00-17:30	1	0	9	0	0	0	0	0	10
17:30-18:00	1	0	5	0	0	0	0	0	6
TOTAL	20	0	176	1	0	0	0	0	197
COMPOSICION VEHICULAR	10,15%	0,00%	89,34%	0,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 21/02/22

21 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	0	0	8	0	0	0	0	0	8
7:30-8:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
8:00-8:30	1	0	5	0	0	0	0	0	6
8:30-9:00	0	0	5	0	0	0	0	0	5
9:00-9:30	2	0	8	0	0	0	0	0	10
9:30-10:00	0	0	8	0	0	0	0	0	8
10:00-10:30	1	0	9	0	0	0	0	0	10
10:30-11:00	1	0	10	0	0	0	0	0	11
11:00-11:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
11:30-12:00	3	0	12	0	0	0	0	0	15
12:00-12:30	2	0	18	0	0	0	0	0	20
12:30-13:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
13:00-13:30	1	1	8	1	0	0	0	0	11
13:30-14:00	1	0	5	0	0	0	0	0	6
14:00-14:30	2	0	8	0	0	0	0	0	10
14:30-15:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
15:00-15:30	3	0	9	0	0	0	0	0	12
15:30-16:00	1	0	10	0	0	0	0	0	11
16:00-16:30	0	0	14	0	0	0	0	0	14
16:30-17:00	0	0	3	0	0	0	0	0	3
17:00-17:30	1	0	9	0	0	0	0	0	10
17:30-18:00	1	0	5	0	0	0	0	0	6
TOTAL	23	1	190	1	0	0	0	0	215
COMPOSICION VEHICULAR	10,70%	0,47%	88,37%	0,47%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.1.2. Ejes Equivalentes.

Para el diseño del pavimento se tomará como base la cantidad de vehículos comerciales que circulan por la zona, por lo tanto, se realiza el cálculo de un tránsito promedio diario de vehículos comerciales (TPDC) y para ello se trabajará con los 7 días de la semana, expandiendo el día hábil típico y tomando los demás días común y corriente. El cálculo del TPDC estará dado por la siguiente operación.

$$TPDC = \frac{16 + 7 + 1 + 2 * 4}{7} = 5\ vehículos\ comerciales$$

Se realiza conversión a ejes equivalentes acumulados de 80 Kilo Newtons para un año, que son los ejes estándar que maneja el método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, utilizado como factor de daño los presentados por el INVIAS.

Tabla 5. Factores de daño.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE DAÑO	
	Vacío	Cargado
Autos	-	-
Buses	-	1
C2P	0.01	1.01
C2G	0.08	2.72
C3 - C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Invias.

Se utiliza como factor direccional el valor de 1 debido al ancho del carril y a que la vía trabajará en dos sentidos. La distribución de vehículos comerciales estará basada en los porcentajes de vehículos comerciales de los aforos realizados, en la Tabla 6 se presentan los valores adoptados.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 6. Porcentajes de vehículos comerciales.

PARAMETROS DE DISEÑO		
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Bus	1	16,67%
C2P	3	50,00%
C2G	2	33,33%
C3-4	0	0,00%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

El NESE para el año actual estará dado por la siguiente expresión:

$$NESE80KNañobase = 365 * TPDC * \left[\sum_{i=1}^{k} \%Vki * FDk\right] * Fd$$

$$NESE80KNañobase = 365 * 5 * [0.1667 * 1 + 0.50 * 1.01 + 0.3333 * 2.72] * 1$$

El NESE hallado debe de ser proyectado al valor correspondiente del periodo de diseño del pavimento (20 años). Para la proyección se hará uso del método que propone el INVIAS en el caso en que no exista una serie histórica de tránsito; en tal método necesitaremos una tasa de crecimiento anual del tránsito que será asumida como el 3% (valor recomendado por el INVIAS) debido a la cantidad de ejes obtenidos para el año base y con respecto al potencial desarrollo de las zonas urbanas del municipio.

$$NESEacumulado = NESE80KNañobase * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

Donde

- r: Tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona la tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona (3%).
- n: años proyectados (20 años).

Se realiza mayoración del valor obtenido, con la finalidad de otorgarle confiabilidad del 90%, por lo tanto, se le aplica valor de 1.28 y la formula base planteada por el INVIAS.

$$NESEacumuladoconconfiabilidad = NESEacumulado * 10^{0.05*Zr}$$

Donde

- Zr: Factor de confiabilidad.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se utiliza el factor de equivalencia propuesto por la AASHTO GUIDE FOR THE DESIGN OF PAVEMENTS STRUCTURES en su parte 3, capítulo 5 numeral 5.2.3 valor de 1.492 para pasar de NESEasfáltico a NESErígido

$$NESEpvtorígido = 1{,}492 * NESEacumuladoconconfiabilidad$$

Después de realizado todo el procedimiento para hallar el valor del NESE de diseño para el pavimento rígido, se encuentra un valor final de:

Tabla 7. Resultados.

VARIABLES DE DISEÑO	
TPDC	5,00
NESE80KNañobase	2881,00
NESEacumulado	78570
NESE 90	91046
NESEdiseño	135841

Fuente: Propia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.2. MÉTODO DE DISEÑO DE LA AASHTO

Se presenta como alternativa el uso de la metodología propuesta por la AASHTO para pavimentos rígidos que a su vez se basó en los resultados del AASHTO road test en Ottawa, IL, USA. El cual propone la siguiente ecuación para el diseño de los espesores de la losa de concreto de cemento Pórtland.

$$\log(W18) = Zr * So + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * log\left[\frac{S'c*Cd*(D^{0.075}-1.132)}{215.63*J*\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **135841**

b. Confiabilidad R: se considera del 90%, permitiendo que el 10% de las losas de pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad final igual a la seleccionada en el diseño.

c. Zr: Desviación total estándar correspondiente a la confiabilidad del diseño **1.28**

d. So: Desviación estándar total (overall) del proceso de diseño, la guía ASSHTO recomienda para una construcción nueva el valor 0.35.

e. ΔPSI: capacidad que tiene un pavimento para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar, este se define como el índice de serviciabilidad inicial menos la serviciabilidad final. Un valor de 5 para la serviciabilidad indica un pavimento en condiciones totalmente perfectas y un valor de 0 para una indica un pavimento totalmente destruido.

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0 = \mathbf{2.5}$$

f. Pt: Serviciabilidad inicial del pavimento: **4.5**

g. Pt: Serviciabilidad final del pavimento: **2.0**

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

h. S'c: Módulo de rotura del concreto (psi): **600 psi – 4.10 Mpa**

El concreto a ser un material cerámico, posee una alta resistencia a la compresión, pero muy poca a la tracción. El concreto usado para pavimentos estará sometido a cargas que generen tracción en la parte inferior de la losa y por lo tanto se hace necesario elegir un concreto con un módulo de rotura a la flexo-tracción suficiente para soportar las cargas. Los valores usualmente usados son de 650, 600 y 550 psi. Para el presente diseño se hará uso de concreto con una resistencia a la flexo-tracción de **600 psi** teniendo en cuenta que la vía es urbana y no estará sometida a altas cargas de tráfico pesado.

i. Cd: Coeficiente de drenaje.
Para la elección del coeficiente de drenaje se debe de tener en cuenta las características hidrológicas y topográficas del municipio de la Unión – Valle.
Según los mapas de precipitación media anual del IDEAM, el municipio de la Unión-Valle tiene cerca de 1000 – 1500 mm de lluvia total anual en promedio. Por su parte, el municipio de la Unión – Valle presenta pendientes que encajan dentro de las características topográficas de terreno plano propuestas por el INVIAS y que en pocas ocasiones y en pocos sectores la pendiente puede ascender al nivel de terreno ondulado según la clasificación INVIAS.

Teniendo en cuenta la siguiente y siendo un poco conservadores, se considera la calidad del drenaje como **aceptable** en donde el agua se removerá en una semana, se toma el porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a humedades cercanas a la saturación en el rango de **1% - 5%**

Tabla 8. Coeficiente de drenaje pavimento rígido AASHTO

Calidad del drenaje	El agua libre se remueve en...
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drenará

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se define que el coeficiente de drenaje (Cd) de la estructura será de **1.0**, siendo este un valor conservador.

j. J: Coeficiente de transferencia de carga: **3.20**
El pavimento diseñado se plantea con el uso de dovelas en las juntas transversales para la transmisión de cargas, por lo cual se asigna valor entre 2.50 y 3.20.
La AASTHO recomienda un valor de 3.2

k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

$$F'c = 352kg/cm2$$
$$Ec = 5500 * f'c^{\frac{1}{2}} = 17000 * 352^{\frac{1}{2}} = 318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$
$$318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2} = \mathbf{4536510.74\ psi}$$

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)

A partir del CBR de la evaluación geotécnica (1.72%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **14.92Mpa/m – 54.46 pci**

La ASSHTO acepta las correlaciones de "K" descritas a continuación, según sea el caso:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log CBR\ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR \leq 10$$
$$K = 46 + 9.08 * \log CBR^{4.34}\ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR > 10$$

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.72\ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{14.92}\ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

m. Factor de perdida de soporte (Ls), este parámetro indica la pérdida de apoyo potencial de la losa de concreto hidráulico, debido a la erosionabilidad de la su-base y asentamientos diferenciales de la subrasante, para el presente diseño se utilizará una sub-base de material granular sin tratar, por lo tanto el factor de perdida de soporte (Ls) es de 2.0.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 9. Factor de pérdida de soporte.

TIPO DE BASE O SUB-BASE	FACTOR DE PERDIDA DE SOPORTE (Ls)
Bases Granulares Tratadas con Cemento (E = 7000 – 14000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Tratadas con Cemento (E = 3500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Bases Asfálticas (E = 2500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Estabilizadas con Asfalto (E = 300 – 2000 MPa)	0.0 a 1.0
Estabilización con Cal (E = 150 – 1000 MPa)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares sin Tratar (E = 100 – 300 MPa)	1.0 a 3.0
Suelos Finos y Subrasantes Naturales (E = 20 – 300 MPa)	2.0 a 3.0

Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Módulo de resiliente de la Sub-base:

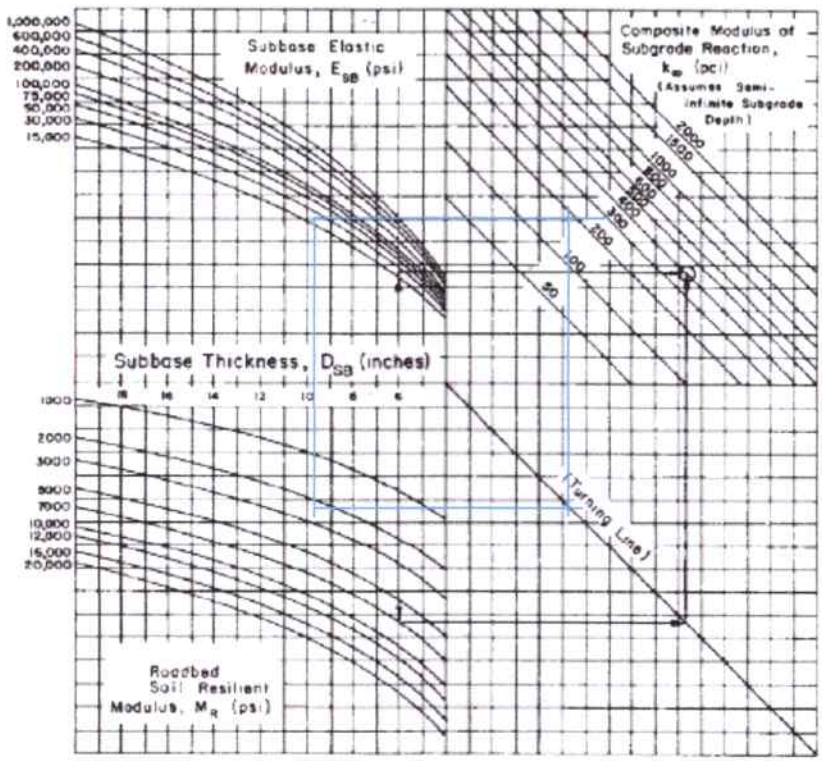
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 1.72\% = 172 \frac{kg}{cm^2} = 2446\ psi$$

n. Modulo efectivo de la subrasante K, depende de factores como el módulo de la subrasante, el módulo de la sub-base y el módulo de elasticidad de la sub-base.

A partir del CBR de la evaluación geotécnica (1.72%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **14.92Mpa/m – 54.458 pci**
La sub-base granular tendrá 25 mm de espesor, ya que se considera es un apto para soportar las cargas del tránsito y reducir los esfuerzos producidos en la sub-rasante y contara con módulo de elasticidad de 17160 psi que es un valor usualmente utilizado en Colombia.
AASHTO propone la Ilustración 2 para estimar el módulo de reacción compuesto de la sub-rasante basándonos en el espesor de la sub-base (9.84 pulgadas aproximadamente) y su módulo de elasticidad (17160 psi) y en el módulo resiliente de la sub-rasante (2446 psi)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

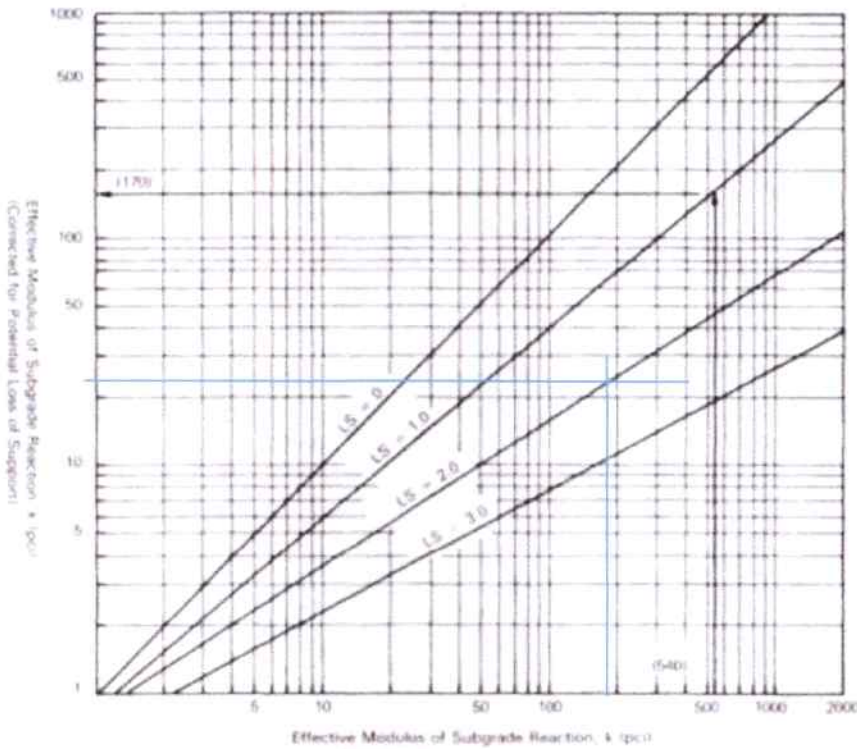


Gráfica 4. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **190 psi/in**.

El módulo de reacción conjunta se ve afectado por una potencial pérdida de soporte del suelo debido a las solicitaciones del tráfico y a factores hidrológicos y ambientales, por este motivo AASHTO propone la Ilustración 3 en donde se asumirá una pérdida de soporte (LS por sus iniciales en inglés) de 2 debido a que la sub-base granular estará conformada por materiales granulares no tratados o estabilizados.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 5. Corrección del módulo de reacción de la fundación por la pérdida de soporte.
Fuente: Tomado de la AASHTO guide for the design of pavements structutes

Se encuentra que el módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (k) será igual a **23.0 psi/in**

o. D: Espesor del pavimento hidráulico en pulgadas

Para definir el espesor de la capa de concreto hidráulico, se presenta el resumen de las variables que interfieren en la ecuación:

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 10. Resumen de variables

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	135841	ESE
Confiabilidad del diseño (90%)	1,28	-
Desviación estándar proceso de diseño (So)	0,35	-
Degradación del PSI (ΔPSI)	2,5	-
Serviciabilidad final (Pt)	2	-
Módulo de reacción de la subrasante (k)	54,46	PCI
Módulo de rotura del concreto (S'c)	600	PSI
Coeficiente de drenaje (Cd)	1	-
Coeficiente de transferencia de carga (J)	3,2	-
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	4536510,74	PSI
Módulo de reacción compuesto (K)	23	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(135841) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{540 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.10 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{3070948}{23}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 5,81" = 14,76cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.482", equivalentes a 16.46cm, según el Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, se establece un espesor mínimo para losas en concreto hidráulico de 160mm, por lo cual se recomienda utilizar este espesor.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.3. METODO DE LA PORTLAN CEMENT ASSOCIATION (PCA) DE LOS ESTADOS UNIDOS

Con el objetivo de brindar mayor seguridad y calidad en el diseño de pavimentos en concreto hidráulico, se recomienda realizar la evaluación del mismo mediante dos métodos de diseños, con la finalidad de elegir el que permita mayor durabilidad y confianza en el transcurso del tiempo.

PARAMETROS DE DISEÑO

- Periodo de Diseño: **20 Años**
- Módulo de rotura del concreto: **600 PSI**
- Transmisión de Cargas: **Mediante dovelas, pasadores**
- Bermas: **NO**
- Módulo de reacción de la sub-rasante (K)

  CBR=1.72%

  $$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.72 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{14.92} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- Material de Sub base, correspondiente a material granular sin tratar, con espesor propuesto: 25mm o 9.84"
- Factor de Seguridad: se recomienda para calles residenciales y otras vías en las que se espera un volumen de transito bajo de vehículos pesados, aplicar un **FS= 1.00**
- Transito: se aplicará la condición de ejes simples, con el objeto de aplicar las combinaciones mediante tablas de cargas y repeticiones para cada eje establecido.
- Barras de Anclaje: se establece para el presente diseño la combinación de barras en acero con Fy de 420 Mpa de ½", y con el ano de carril mínimo que permite el aplicativo de 3.05

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

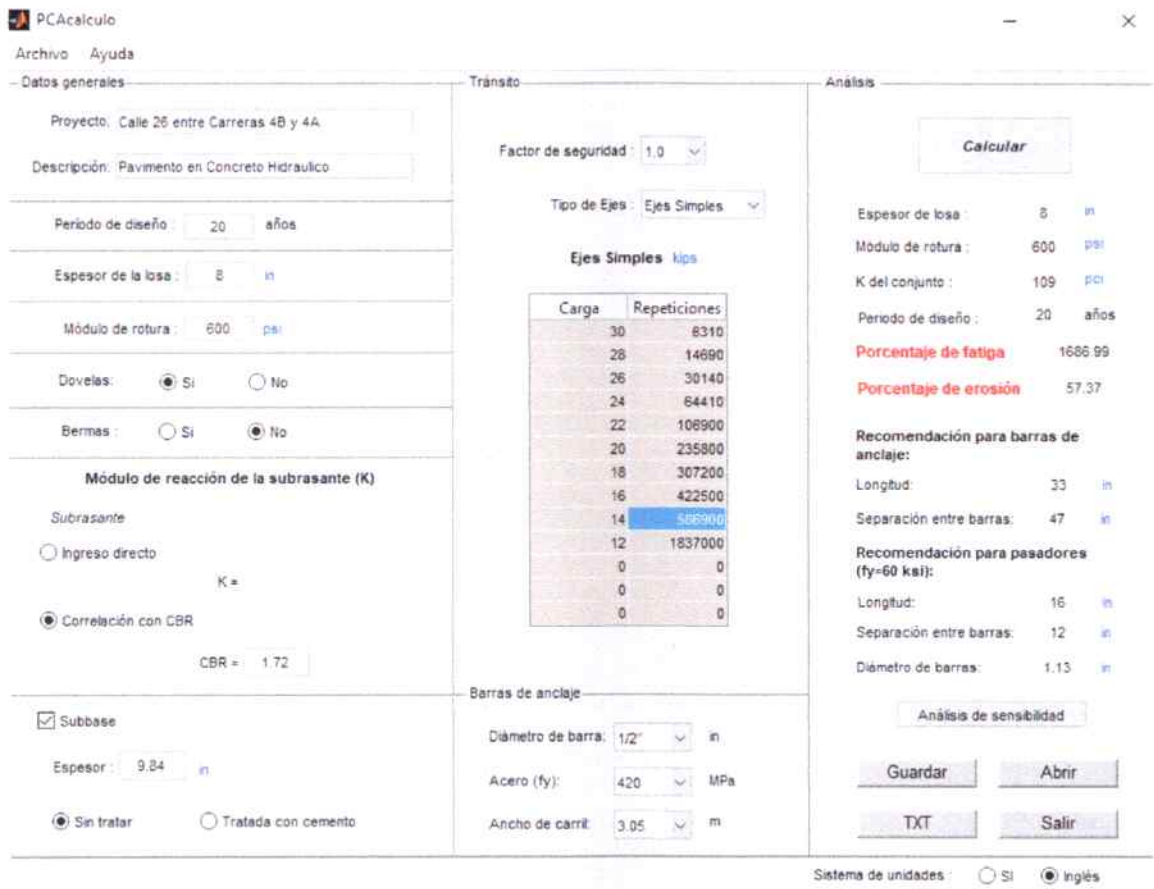


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO- CALLE 26 ENTRE CARRERAS 4B Y 4A

Una vez obtenidos los resultados de los diseños adelantados por los métodos de la AASHTO y la PCA, se opta por usar los obtenidos mediante el método AASHTO por ser un el más completo.

Se concluye que el espesor final del pavimento estudiado en este informe será de:

- Losa de concreto hidráulico: 160 mm de espesor
- Sub-base granular: 250 mm de espesor
- Geotextil Tejido T2400
- Mejoramiento del terreno con capa de afirmado con espesor de 200 mm

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.5. TRANSMISION DE CARGAS

Para la selección del acero longitudinal y transversal, se hará uso de las recomendaciones dadas por INVIAS en el Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, utilizando las siguientes tablas y teniendo en cuenta las características del proyecto:

Tabla 11. Recomendaciones para barrar longitudinales

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 (10')	3,35 (11')	3,65 (12')		3,05 (10')	3,35 (11')	3,65 (12')		3,05 (10')	3,35 (11')	3,65 (12')
Acero de fy= 187,5 MPa (40,000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,80	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 fy= 280 MPa (60,000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,95	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: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

Tabla 12. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga,

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
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: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se concluye que el proyecto contara con las siguientes características:

- Losa de concreto hidráulico de MR 600PSI: 160 mm de espesor
- Sub base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Mejoramiento con afirmado en 200 mm
- Junta longitudinal, Varillas corrugadas de Φ ½, longitud de 85 cm y separadas cada 120 cm.
- Junta transversal, Acero liso de Φ7/8" con longitud de 0.35m y separación de 0.30m entre centros.
- El refuerzo para losas irregulares, con relación L/A > 1.25 o con sumideros que las modifiquen, se propone en acero de 5/8" cada 0,20 m en ambos sentidos.

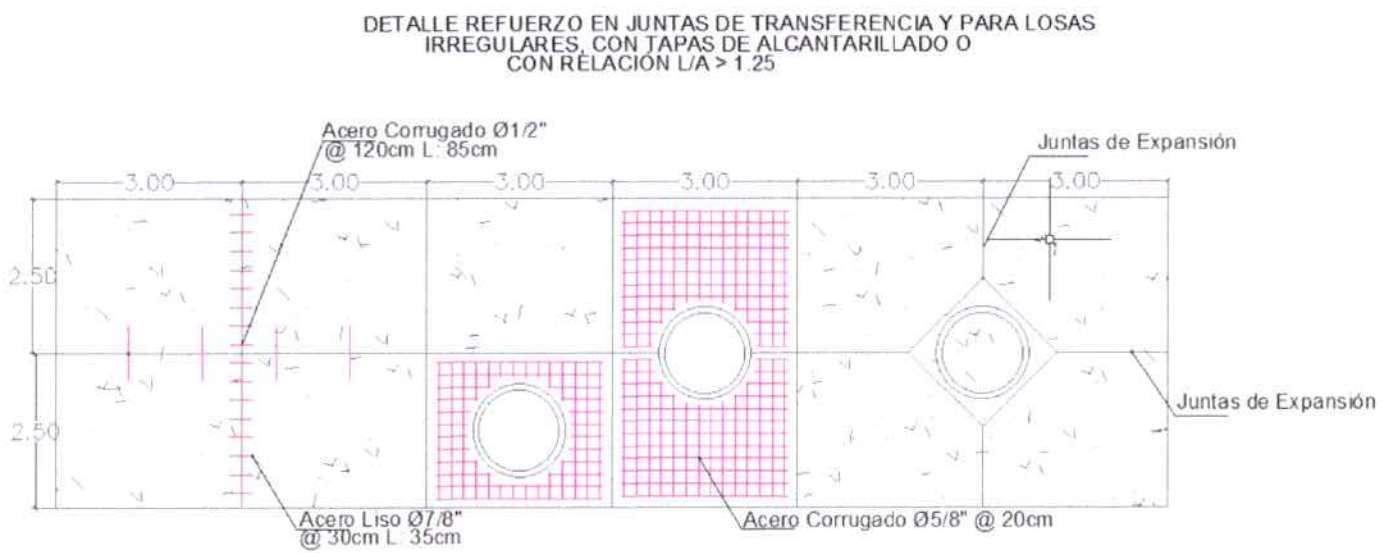


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

5. MODULACION DE LOSAS

Para la modulación del pavimento, se proponen losas de no más de 6 metros de longitud, conservando una relación entre su largo - ancho (l/a) o lado mayor – lado menor (Lma/Lme) por debajo del valor de 1.25. Lo anterior teniendo en cuenta que relaciones mayores potenciarían los fenómenos del alabeo de las losas por los gradientes térmicos que hay en su estructura, lo que generaría esfuerzos internos para los que la losa no estará diseñada y se empezará a agrietar y deteriorar.
Por lo anterior ya que se cuenta con ancho de calzada de 5.00 m, se realizarán carriles de 2.50 m y el largo de las losas de 3.00 m.

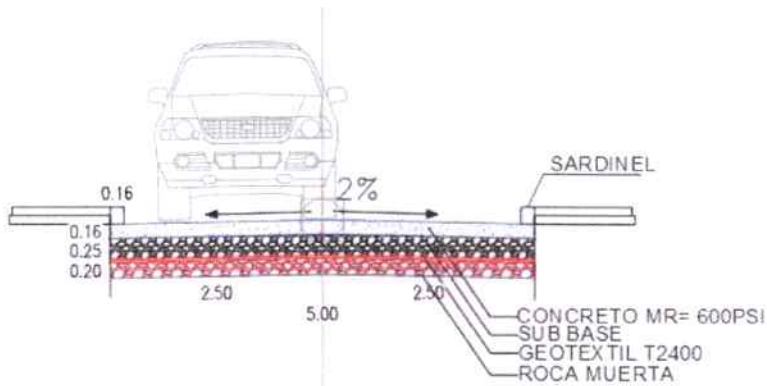


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

Se plantea la construcción de sardineles en los costados de la vía, que permitan el confinamiento de la misma y evitar la infiltración de agua que transcurre sobre la esta, con el siguiente detalle:

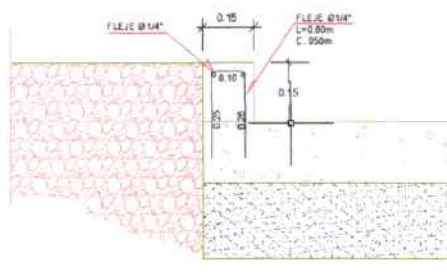


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

ANEXOS





INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca

1149

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

CONTRATO CON-001-2022

CONSULTORIA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTOS COMUNITARIOS EN LA ZONA URBANA Y RURAL EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA.

MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA
Alcalde William Fernando Palomino Zúñiga
"ME LA JUEGO POR LA UNIÓN"
2020-2023

Contratista: INGENIERIAS DE OCCIDENTE S.A.S
Supervisión: Argemiro Eduardo Tamayo.

Diseño Estructural De Pavimento En Concreto Hidráulico En La Calle 7 entre Carreras 11ª y 12– Barrió El Paraíso.



La Unión Valle, Abril de 2022.

INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1. INTRODUCCION.

La malla vial del municipio de La Unión Valle actualmente no brinda las mejores condiciones de transitabilidad y comodidad para los usuarios en diferentes sectores del municipio, por lo cual se pretende aumentar la capacidad, el nivel de servicio, brindar comodidad, seguridad a los usuarios y disminuir los niveles de accidentalidad, mediante la construcción de vías locales pavimentadas en concreto hidráulico.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de los terrenos y en aplicación a las diferentes normas y especificaciones vigentes, es de vital importancia, determinar las características técnicas de los suelos, realizar los diseños de las vías con especificaciones técnicas de construcción y ejecutar los proyectos de pavimentación con eficacia y eficiencia, de manera que se proporcione a los usuarios vías con calidad técnica en concordancia con los estándares de diseño en todas las especialidades de Ingeniería relacionada con el estudio.

Por lo anterior, se presentan en este informe los resultados del análisis de suelos, la determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 ton, el diseño de la estructura de pavimento, el diseño geométrico de la vía y presupuesto de ejecución de obra, para la vía de la Calle 7 entre Carreras 11ª Y 12, del barrio El Paraíso en el Municipio de La Unión - Valle del Cauca.

Se describe inicialmente el proyecto, de manera que se presente la investigación Geotécnica realizada por la empresa Geolabs S.A.S y las características del subsuelo encontrado y recomendaciones, con lo que se calcula y define la estructura de pavimento más eficaz y eficiente para la vía, de igual modo, se presenta el diseño geométrico de la vía definiendo ancho y longitud del pavimento a construir, recomendaciones constructivas y finalmente se incluye el presupuesto de obra, discriminado específicamente los materiales requeridos para dar paso al proyecto de pavimentos comunitarios en el municipio de La Unión Valle en el año 2022.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar los diferentes diseños para la pavimentación de la vía en concreto hidráulico localizada en el municipio de La Unión Valle En La Calle 7 entre Carreras 11A Y 12 del barrio El Paraíso, complementando los objetivos del PBOT, en términos de construcción, rehabilitación y mejoramiento del sistema estructurante de vías, brindando una solución técnica y socio económica eficaz, con una longitud aproximada de 84.70 m.

2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Validar los resultados del estudio de suelos realizado en el sector.
- Determinar el valor del tránsito promedio diario (TPD).
- Calcular los espesores de pavimento a partir de las diferentes especificación y normatividad técnica vigente.
- Realizar el diseño geométrico de la vía a construir, con base a la topografía entregada por la secretaria de Obras Públicas.
- Establecer el presupuesto final de las cantidades de obra para la construcción de pavimentos en los diferentes sectores del Municipio.
- Entregar las especificaciones, características y recomendaciones técnicas constructivas para la ejecución del proyecto.
- Simplificar la información correspondiente al valor de los materiales requeridos para el proyecto.

2.2. ALCANCE.

El presente proyecto, se localiza en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, específicamente en la zona Sur-oriental del Municipio, en el barrio el Paraíso, con nomenclatura Calle 7 entre Carreras 11A Y 12.

Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de tipo afirmado, terreno perfilado y polvorientas en condiciones inadecuadas, de geometría irregular.

El PBOT del Municipio de La Unión Valle, enmarca diversas políticas de ocupación y uso del territorio, dentro de las cuales establece para el sistema estructurante de vías y transporte objetivos como:

Objetivo 1. ***Articular y consolidar la conectividad y movilidad urbana****, se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Jerarquizar y especializar la malla vial existente acorde con el ámbito de su función, en términos de vías locales, colectoras y vías arteriales.*
b. *Definir proyectos de ampliación y fortalecimiento del sistema vial local y colector en la zona urbana, a través de nuevas vías urbanas al interior de las manzanas.*
(...)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Objetivo 2. ***Mejorar y complementar las vías que permitan conformar una malla vial de interconexión de las diferentes actividades en la zona urbana,*** *se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Adecuar y complementar la malla vial urbana.*
b. *Desarrollar trabajos de mejoramiento y rehabilitación de vías concerniente a la malla vial urbana.*
c. *Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana que mejoren la habitabilidad, estructurados en el sistema vial, la recuperación de las rondas de quebradas y su articulación con los principales referentes y equipamientos urbanos. (…)*

El diseño de la estructura en concreto hidráulico tiene como principal directriz optimizar recursos para lograr establecer una obra donde exista un equilibrio entre el beneficio esperado y la inversión destinada.

2.3. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

La intervención del presente proyecto se ubica en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, localizado a 163 km de la capital del Valle del Cauca y a 396 km de la Capital de la República, Santa Fe de Bogotá, cuenta con extensión total de 126 km^2 y se localiza en el hemisferio Norte a 4°32'05" (latitud norte) y a 76°06'04" (longitud oeste), con altura de 975 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 24 grados centígrados.
Actualmente la vía objeto se cataloga como vía Local, de tercer orden, con sección transversal promedio de 5.00 m, longitud de 84.70 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Calle 7 entre Carreras 11 A y 12 – B/ EL PARAISO



Figura 1. Localización de Zona a Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuó dos (2) apiques con profundidades de 1.00m, donde se recuperaron muestras inalteradas en moldes CBR. Las actividades de exploración y ensayos de laboratorios para caracterización de la subrasante actual de la vía fueron realizadas y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

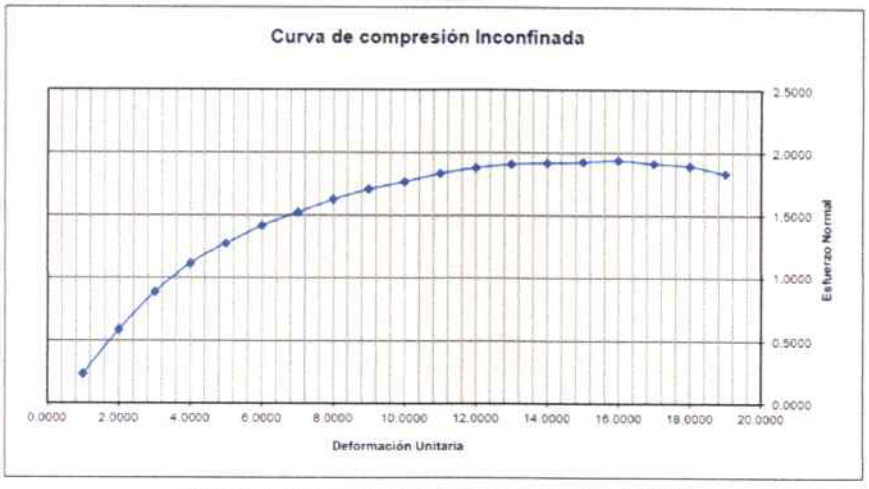
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S20 Calle 7 entre Carreras 11A y 12	0.00 0.50	0.50 1.00	Afirmado Lleno, Marrón [25YR 4/4]
S21 Calle 7 entre Carreras 11A y 12	0.00 0.40	0.40 1.00	Afirmado Lleno, Marrón [25YR 4/4]

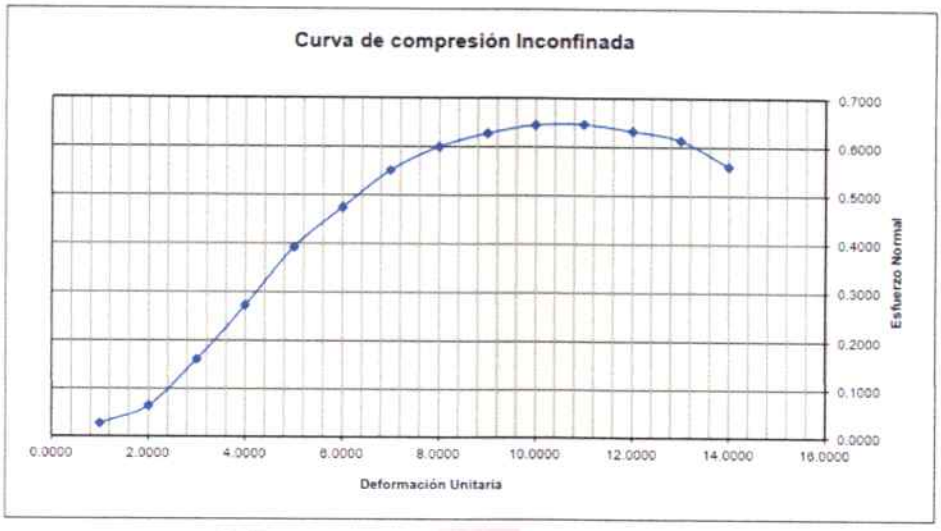
Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S20	Calle 7 entre Carreras 11A y 12	1.00	1.6462	2.111	1.877	5,81%
S21	Calle 7 entre Carreras 11A y 12	1.00	2.1526	2.052	1.724	9.08%



Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada S20
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

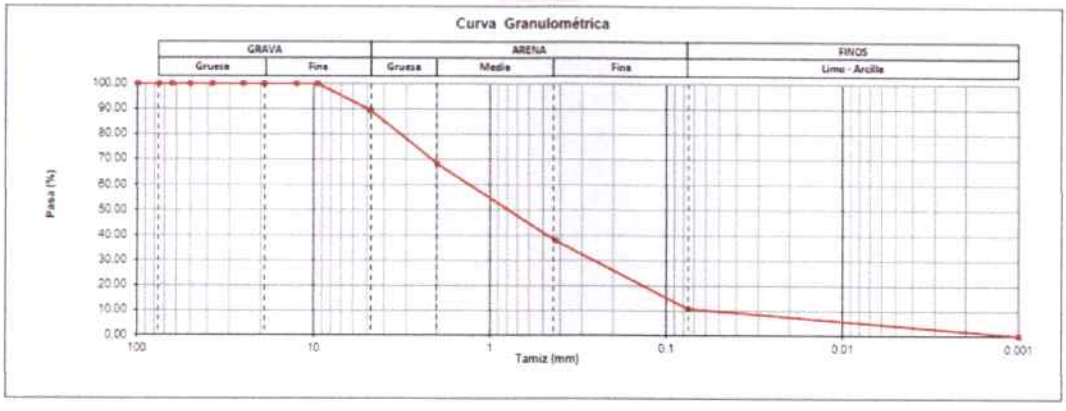
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 2. Curva de Compresión Inconfinada S21
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

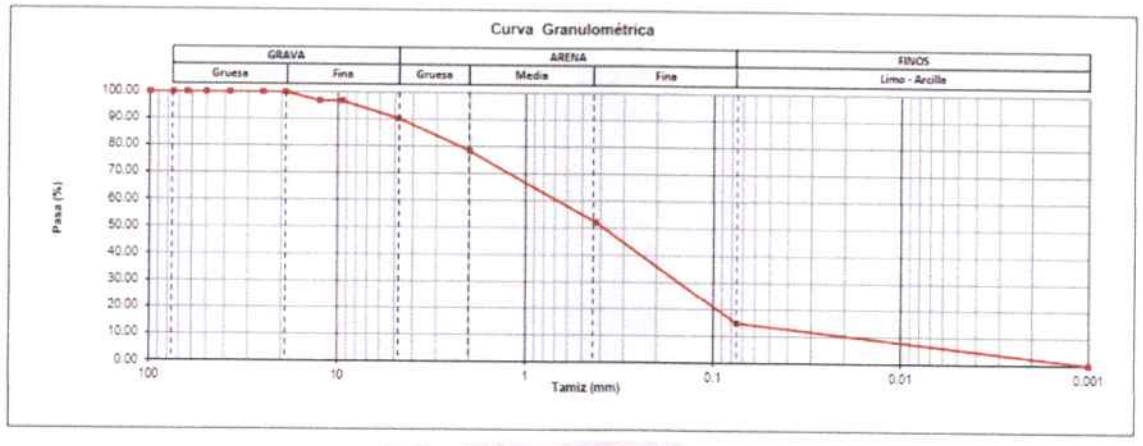
Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S20	Calle 7 entre Carreras 11A y 12	20.51	15.00	5.51	9.78	75.44	14.77	SC-SM
S21	Calle 7 entre Carreras 11A y 12	29.22	20.18	9.05	1.35	79.25	19.40	SC



Gráfica 3. Curva Granulométrica S20
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

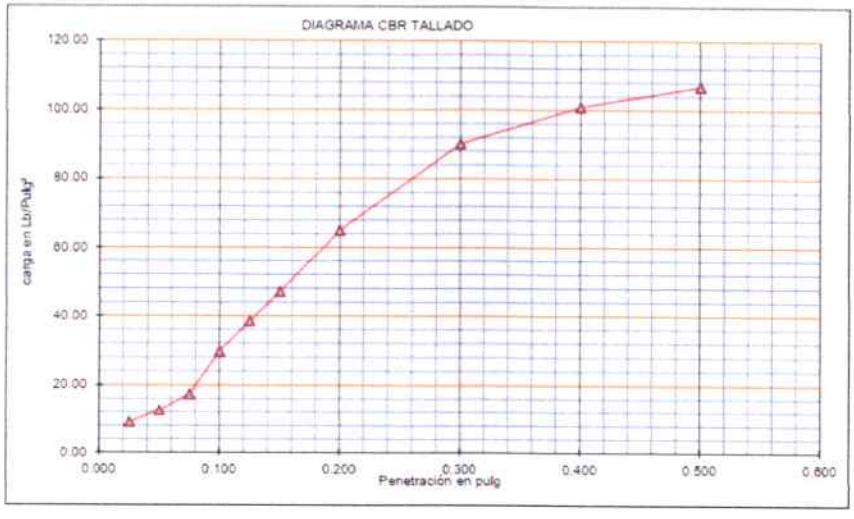
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 4. Curva Granulométrica S21
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

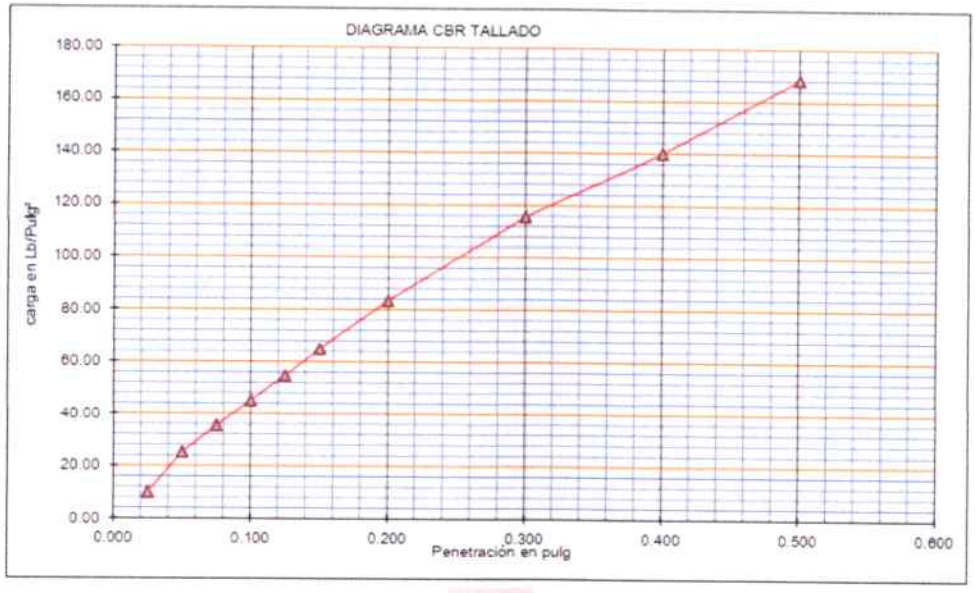
Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S20	Calle 7 entre Carreras 11A y 12	0.40	4.51%	5.56%
S21	Calle 7 entre Carreras 11A y 12	0.30	5.50%	5.18%



Gráfica 5. Diagrama CBR S20
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 6. Diagrama CBR S21
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

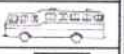
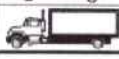
4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

4.1. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

Para definir el análisis de tránsito del tramo a intervenir por el presente proyecto, se realiza el aforo vehicular en la zona, logrando definir el número de repeticiones del eje de referencia de 8.2 Ton en el período de diseño.

4.1.1. Aforo Vehicular.

El aforo vehicular se realizó desde las 7 AM hasta las 6 PM, los días 18, 19, 20 y 21 de febrero de 2022, diferenciando los tipos de vehículos, de manera que se obtenga la cantidad de vehículos mixtos que transitan por la zona y a la vez para tener claridad en cuanto al número de vehículos comerciales (buses y camiones) que son los que generarán un mayor impacto en la vida útil del pavimento y por lo tanto serán la base para el diseño.
A continuación, se presentan los datos obtenidos en los aforos vehiculares de los tres días antes mencionados:

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUENO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	

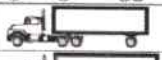
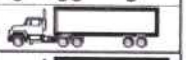
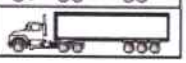
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Figura 2. Clasificación vehicular según el INVIAS.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos del INVIAS

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 18/02/22

18 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	1	0	3	0	0	0	0	0	4
7:30-8:00	1	0	8	0	0	0	0	0	9
8:00-8:30	0	0	3	0	0	0	0	0	3
8:30-9:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
9:00-9:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
9:30-10:00	3	1	8	0	0	0	0	0	12
10:00-10:30	1	0	12	0	0	0	0	0	13
10:30-11:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
11:00-11:30	0	0	7	0	0	0	0	0	7
11:30-12:00	0	0	5	0	0	0	0	0	5
12:00-12:30	0	0	16	0	0	0	0	0	16
12:30-13:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
13:00-13:30	1	0	13	0	0	0	0	0	14
13:30-14:00	0	0	10	0	0	0	0	0	10
14:00-14:30	0	0	4	0	0	0	0	0	4
14:30-15:00	2	0	9	1	0	0	0	0	12
15:00-15:30	2	0	5	0	0	0	0	0	7
15:30-16:00	2	0	8	0	0	0	0	0	10
16:00-16:30	1	0	5	0	0	0	0	0	6
16:30-17:00	1	0	10	0	0	0	0	0	11
17:00-17:30	0	0	14	0	0	0	0	0	14
17:30-18:00	1	0	5	0	0	0	0	0	6
TOTAL	20	1	181	1	0	0	0	0	203
COMPOSICION VEHICULAR	9,85%	0,49%	89,16%	0,49%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 2. Aforo vehicular 19/02/22

19 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	1	0	4	0	0	0	0	0	5
7:30-8:00	2	0	6	0	0	0	0	0	8
8:00-8:30	0	0	8	0	0	0	0	0	8
8:30-9:00	1	0	14	0	0	0	0	0	15
9:00-9:30	0	0	8	0	0	0	0	0	8
9:30-10:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
10:00-10:30	1	0	14	0	0	0	0	0	15
10:30-11:00	0	2	3	0	0	0	0	0	5
11:00-11:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
11:30-12:00	0	0	8	0	0	0	0	0	8
12:00-12:30	0	0	10	0	0	0	0	0	10
12:30-13:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
13:00-13:30	1	0	4	0	0	0	0	0	5
13:30-14:00	1	0	2	0	0	0	0	0	3
14:00-14:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
14:30-15:00	2	0	2	0	0	0	0	0	4
15:00-15:30	0	0	3	0	0	0	0	0	3
15:30-16:00	0	0	3	0	0	0	0	0	3
16:00-16:30	2	1	3	0	0	0	0	0	6
16:30-17:00	3	0	2	0	0	0	0	0	5
17:00-17:30	1	0	2	0	0	0	0	0	3
17:30-18:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
TOTAL	17	3	141	0	0	0	0	0	161
COMPOSICION VEHICULAR	10,56%	1,86%	87,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 3. Aforo Vehicular 20/02/22

20 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	0	0	2	0	0	0	0	0	2
7:30-8:00	3	0	3	0	0	0	0	0	6
8:00-8:30	2	0	8	0	0	0	0	0	10
8:30-9:00	0	0	12	0	0	0	0	0	12
9:00-9:30	0	0	5	0	0	0	0	0	5
9:30-10:00	0	0	6	0	0	0	0	0	6
10:00-10:30	0	0	10	2	0	0	0	0	12
10:30-11:00	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11:00-11:30	0	0	5	0	0	0	0	0	5
11:30-12:00	1	1	7	0	0	0	0	0	9
12:00-12:30	2	0	5	0	0	0	0	0	7
12:30-13:00	2	0	7	0	0	0	0	0	9
13:00-13:30	0	0	6	0	0	0	0	0	6
13:30-14:00	2	0	3	0	0	0	0	0	5
14:00-14:30	2	0	2	0	0	0	0	0	4
14:30-15:00	1	0	6	0	0	0	0	0	7
15:00-15:30	0	0	6	0	0	0	0	0	6
15:30-16:00	1	0	7	0	0	0	0	0	8
16:00-16:30	1	0	8	0	0	0	0	0	9
16:30-17:00	2	0	7	0	0	0	0	0	9
17:00-17:30	0	0	7	0	0	0	0	0	7
17:30-18:00	0	0	3	0	0	0	0	0	3
TOTAL	19	1	126	2	0	0	0	0	148
COMPOSICION VEHICULAR	12,84%	0,68%	85,14%	1,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 21/02/22

21 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	0	0	2	0	0	0	0	0	2
7:30-8:00	3	0	3	0	0	0	0	0	6
8:00-8:30	2	0	8	0	0	0	0	0	10
8:30-9:00	0	0	12	0	0	0	0	0	12
9:00-9:30	0	0	5	0	0	0	0	0	5
9:30-10:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
10:00-10:30	0	0	10	2	0	0	0	0	12
10:30-11:00	0	0	8	0	0	0	0	0	8
11:00-11:30	0	0	6	0	0	0	0	0	6
11:30-12:00	1	1	8	0	0	0	0	0	10
12:00-12:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
12:30-13:00	1	0	11	0	0	0	0	0	12
13:00-13:30	1	0	6	1	0	0	0	0	8
13:30-14:00	1	0	3	0	0	0	0	0	4
14:00-14:30	2	0	2	0	0	0	0	0	4
14:30-15:00	3	0	6	0	0	0	0	0	9
15:00-15:30	1	0	6	0	0	0	0	0	7
15:30-16:00	1	0	7	0	0	0	0	0	8
16:00-16:30	1	0	8	0	0	0	0	0	9
16:30-17:00	2	0	7	0	0	0	0	0	9
17:00-17:30	0	0	7	0	0	0	0	0	7
17:30-18:00	0	0	3	0	0	0	0	0	3
TOTAL	21	1	146	3	0	0	0	0	171
COMPOSICION VEHICULAR	12,28%	0,58%	85,38%	1,75%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.1.2. Ejes Equivalentes.

Para el diseño del pavimento se tomará como base la cantidad de vehículos comerciales que circulan por la zona, por lo tanto, se realiza el cálculo de un tránsito promedio diario de vehículos comerciales (TPDC) y para ello se trabajará con los 7 días de la semana, expandiendo el día hábil típico y tomando los demás días común y corriente. El cálculo del TPDC estará dado por la siguiente operación.

$$TPDC = \frac{2 + 3 + 3 + 4 * 4}{7} = 4\ vehículos\ comerciales$$

Se realiza conversión a ejes equivalentes acumulados de 80 Kilo Newtons para un año, que son los ejes estándar que maneja el método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, utilizado como factor de daño los presentados por el INVIAS.

Tabla 5. Factores de daño.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE DAÑO	
	Vacío	Cargado
Autos	-	-
Buses	-	1
C2P	0.01	1.01
C2G	0.08	2.72
C3 - C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Invias.

Se utiliza como factor direccional el valor de 1 debido al ancho del carril y a que la vía trabajará en dos sentidos. La distribución de vehículos comerciales estará basada en los porcentajes de vehículos comerciales de los aforos realizados, en la Tabla 6 se presentan los valores adoptados.

Tabla 6. Porcentajes de vehículos comerciales.

PARAMETROS DE DISEÑO		
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Bus	2	40,00%
C2P	3	60,00%
C2G	0	0,00%
C3-4	0	0,00%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

El NESE para el año actual estará dado por la siguiente expresión:

$$NESE80KNañobase = 365 * TPDC * \left[\sum_{i=1}^{k} \%Vki * FDk\right] * Fd$$

$$NESE80KNañobase = 365 * 4 * [0.40 * 1 + 0.60 * 1.01] * 1$$

El NESE hallado debe de ser proyectado al valor correspondiente del periodo de diseño del pavimento (20 años). Para la proyección se hará uso del método que propone el INVIAS en el caso en que no exista una serie histórica de tránsito; en tal método necesitaremos una tasa de crecimiento anual del tránsito que será asumida como el 3% (valor recomendado por el INVIAS) debido a la cantidad de ejes obtenidos para el año base y con respecto al potencial desarrollo de las zonas urbanas del municipio.

$$NESEacumulado = NESE80KNañobase * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

Donde

- r: Tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona la tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona (3%).
- n: años proyectados (20 años).

Se realiza mayoración del valor obtenido, con la finalidad de otorgarle confiabilidad del 90%, por lo tanto, se le aplica valor de 1.28 y la formula base planteada por el INVIAS.

$$NESEacumuladoconconfiabilidad = NESEacumulado * 10^{0.05*Zr}$$

Donde

- Zr: Factor de confiabilidad.

Se utiliza el factor de equivalencia propuesto por la AASHTO GUIDE FOR THE DESIGN OF PAVEMENTS STRUCTURES en su parte 3, capítulo 5 numeral 5.2.3 valor de 1.492 para pasar de NESEasfáltico a NESErígido

$$NESEpvtorígido = 1{,}492 * NESEacumuladoconconfiabilidad$$

Después de realizado todo el procedimiento para hallar el valor del NESE de diseño para el pavimento rígido, se encuentra un valor final de:

Tabla 7. Resultados.

VARIABLES DE DISEÑO	
TPDC	4,00
NESE80KNañobase	1469,00
NESEacumulado	40062
NESE 90	46423
NESEdiseño	69264

Fuente: Propia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.2. MÉTODO DE DISEÑO DE LA AASHTO

Se presenta como alternativa el uso de la metodología propuesta por la AASHTO para pavimentos rígidos que a su vez se basó en los resultados del AASHTO road test en Ottawa, IL, USA. El cual propone la siguiente ecuación para el diseño de los espesores de la losa de concreto de cemento Pórtland.

$$\log(W18) = Zr * So + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * log\left[\frac{S'c*Cd*\left(D^{0.075}-1.132\right)}{215.63*J*\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **69264**

b. Confiabilidad R: se considera del 90%, permitiendo que el 10% de las losas de pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad final igual a la seleccionada en el diseño.

c. Zr: Desviación total estándar correspondiente a la confiabilidad del diseño **1.28**

d. So: Desviación estándar total (overall) del proceso de diseño, la guía ASSHTO recomienda para una construcción nueva el valor 0.35.

e. ΔPSI: capacidad que tiene un pavimento para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar, este se define como el índice de serviciabilidad inicial menos la serviciabilidad final. Un valor de 5 para la serviciabilidad indica un pavimento en condiciones totalmente perfectas y un valor de 0 para una indica un pavimento totalmente destruido.

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0 = \mathbf{2.5}$$

f. Pt: Serviciabilidad inicial del pavimento: **4.5**

g. Pt: Serviciabilidad final del pavimento: **2.0**

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

h. S'c: Módulo de rotura del concreto (psi): **600 psi – 4.10 MPa**

El concreto a ser un material cerámico, posee una alta resistencia a la compresión, pero muy poca a la tracción. El concreto usado para pavimentos estará sometido a cargas que generen tracción en la parte inferior de la losa y por lo tanto se hace necesario elegir un concreto con un módulo de rotura a la flexo-tracción suficiente para soportar las cargas. Los valores usualmente usados son de 650, 600 y 550 psi. Para el presente diseño se hará uso de concreto con una resistencia a la flexo-tracción de **600 psi** teniendo en cuenta que la vía es urbana y no estará sometida a altas cargas de tráfico pesado.

i. Cd: Coeficiente de drenaje.
Para la elección del coeficiente de drenaje se debe de tener en cuenta las características hidrológicas y topográficas del municipio de la Unión – Valle.
Según los mapas de precipitación media anual del IDEAM, el municipio de la Unión-Valle tiene cerca de 1000 – 1500 mm de lluvia total anual en promedio. Por su parte, el municipio de la Unión – Valle presenta pendientes que encajan dentro de las características topográficas de terreno plano propuestas por el INVIAS y que en pocas ocasiones y en pocos sectores la pendiente puede ascender al nivel de terreno ondulado según la clasificación INVIAS.

Teniendo en cuenta la siguiente y siendo un poco conservadores, se considera la calidad del drenaje como **aceptable** en donde el agua se removerá en una semana, se toma el porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a humedades cercanas a la saturación en el rango de **1% - 5%**

Tabla 8. Coeficiente de drenaje pavimento rígido AASHTO

Calidad del drenaje	El agua libre se remueve en...
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drenará

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se define que el coeficiente de drenaje (Cd) de la estructura será de **1.0**, siendo este un valor conservador.

j. J: Coeficiente de transferencia de carga: **3.20**
El pavimento diseñado se plantea con el uso de dovelas en las juntas transversales para la transmisión de cargas, por lo cual se asigna valor entre 2.50 y 3.20.
La AASTHO recomienda un valor de 3.2

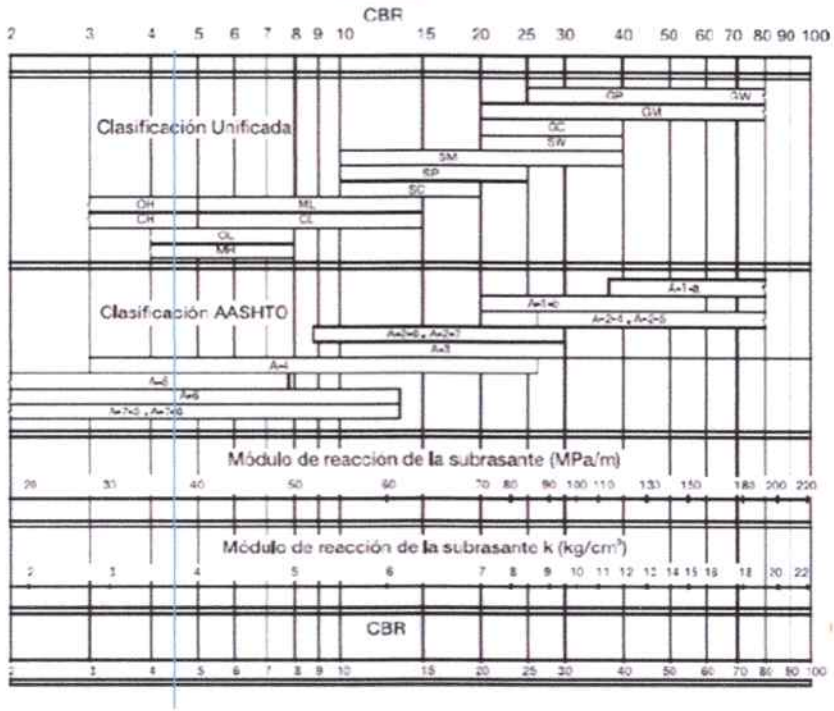
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

$$F'c = 352kg/cm2$$

$$Ec = 5500 * f'c^{\frac{1}{2}} = 17000 * 352^{\frac{1}{2}} = 318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$

$$318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2} = \mathbf{4536510.74\ psi}$$

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (4.51%) se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **36.89Mpa/m – 134.65 pci**



Gráfica 7. Módulo de reacción de la Sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Así mismo, la ASSHTO acepta las correlaciones de "K" descritas a continuación, según sea el caso:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log CBR \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR \leq 10$$

$$K = 46 + 9.08 * \log CBR^{4.34} \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR > 10$$

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 4.51 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{36.89} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

m. Factor de perdida de soporte (Ls), este parámetro indica la pérdida de apoyo potencial de la losa de concreto hidráulico, debido a la erosionabilidad de la su-base y asentamientos diferenciales de la subrasante, para el presente diseño se utilizará una sub-base de material granular sin tratar, por lo tanto, el factor de perdida de soporte (Ls) es de 2.0.

Tabla 9. Factor de pérdida de soporte.

TIPO DE BASE O SUB-BASE	FACTOR DE PERDIDA DE SOPORTE (Ls)
Bases Granulares Tratadas con Cemento (E = 7000 – 14000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Tratadas con Cemento (E = 3500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Bases Asfálticas (E = 2500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Estabilizadas con Asfalto (E = 300 – 2000 MPa)	0.0 a 1.0
Estabilización con Cal (E = 150 – 1000 MPa)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares sin Tratar (E = 100 – 300 MPa)	1.0 a 3.0
Suelos Finos y Subrasantes Naturales (E = 20 – 300 MPa)	2.0 a 3.0

Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Módulo de resiliente de la Sub-base:

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

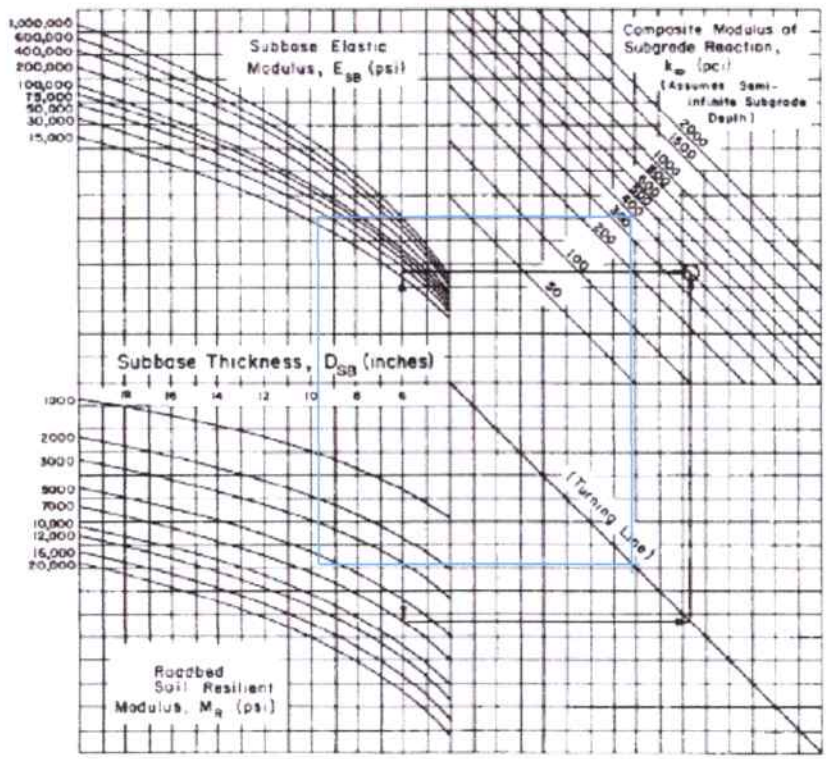
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 4.51\% = 451 \frac{kg}{cm^2} = 6415\ psi$$

n. Modulo efectivo de la subrasante K, depende de factores como el módulo de la subrasante, el módulo de la sub-base y el módulo de elasticidad de la sub-base.

A partir del CBR de la evaluación geotécnica (4.51%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **36.89Mpa/m – 134.65 pci.**

La sub-base granular tendrá 25 mm de espesor, ya que se considera es un apto para soportar las cargas del tránsito y reducir los esfuerzos producidos en la sub-rasante y contara con módulo de elasticidad de 17160 psi que es un valor usualmente utilizado en Colombia.

AASHTO propone la Ilustración 2 para estimar el módulo de reacción compuesto de la sub-rasante basándonos en el espesor de la sub-base (9.84 pulgadas aproximadamente) y su módulo de elasticidad (17160 psi) y en el módulo resiliente de la sub-rasante (6415 psi)

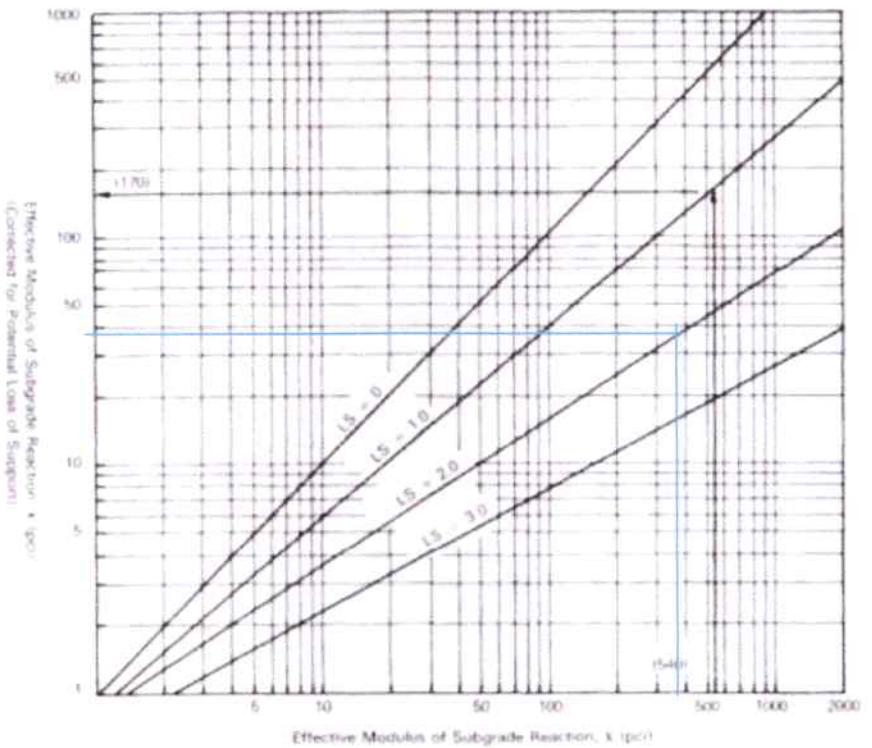


Gráfica 8. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **390 psi/in**.

El módulo de reacción conjunta se ve afectado por una potencial pérdida de soporte del suelo debido a las solicitaciones del tráfico y a factores hidrológicos y ambientales, por este motivo AASHTO propone la Ilustración 3 en donde se asumirá una pérdida de soporte (LS por sus iniciales en inglés) de 2 debido a que la sub-base granular estará conformada por materiales granulares no tratados o estabilizados.



Gráfica 9. Corrección del módulo de reacción de la fundación por la pérdida de soporte.
Fuente: Tomado de la AASHTO guide for the design of pavements structutes

Se encuentra que el módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (k) será igual a **39.0 psi/in**

o. D: Espesor del pavimento hidráulico en pulgadas

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Para definir el espesor de la capa de concreto hidráulico, se presenta el resumen de las variables que interfieren en la ecuación:

Tabla 10. Resumen de variables

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	69264	ESE
Confiabilidad del diseño (90%)	1,28	-
Desviación estándar proceso de diseño (So)	0,35	-
Degradación del PSI (ΔPSI)	2,5	-
Serviciabilidad final (Pt)	2	-
Módulo de reacción de la subrasante (k)	134,65	PCI
Módulo de rotura del concreto (S'c)	600	PSI
Coeficiente de drenaje (Cd)	1	-
Coeficiente de transferencia de carga (J)	3,2	-
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	4536510,74	PSI
Módulo de reacción compuesto (K)	39	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(69264) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{39}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 4.98" = 12.65cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 4.98", equivalentes a 12.65 cm, sin embargo, por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 160 mm. por lo cual se recomienda utilizar este espesor.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.3. METODO DE LA PORTLAN CEMENT ASSOCIATION (PCA) DE LOS ESTADOS UNIDOS

Con el objetivo de brindar mayor seguridad y calidad en el diseño de pavimentos en concreto hidráulico, se recomienda realizar la evaluación del mismo mediante dos métodos de diseños, con la finalidad de elegir el que permita mayor durabilidad y confianza en el transcurso del tiempo.

PARAMETROS DE DISEÑO

- Periodo de Diseño: **20 Años**
- Módulo de rotura del concreto: **600 PSI**
- Transmisión de Cargas: **Mediante dovelas, pasadores**
- Bermas: **NO**
- Módulo de reacción de la sub-rasante (K)

  CBR=4.51%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 4.51 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{36.89} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- Material de Sub base, correspondiente a material granular sin tratar, con espesor propuesto: 25mm o 9.84"
- Factor de Seguridad: se recomienda para calles residenciales y otras vías en las que se espera un volumen de tránsito bajo de vehículos pesados, aplicar un **FS= 1.00**
- Transito: se aplicará la condición de ejes simples, con el objeto de aplicar las combinaciones mediante tablas de cargas y repeticiones para cada eje establecido.
- Barras de Anclaje: se establece para el presente diseño la combinación de barras en acero con Fy de 420 Mpa de ½", y con el ano de carril mínimo que permite el aplicativo de 3.05





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

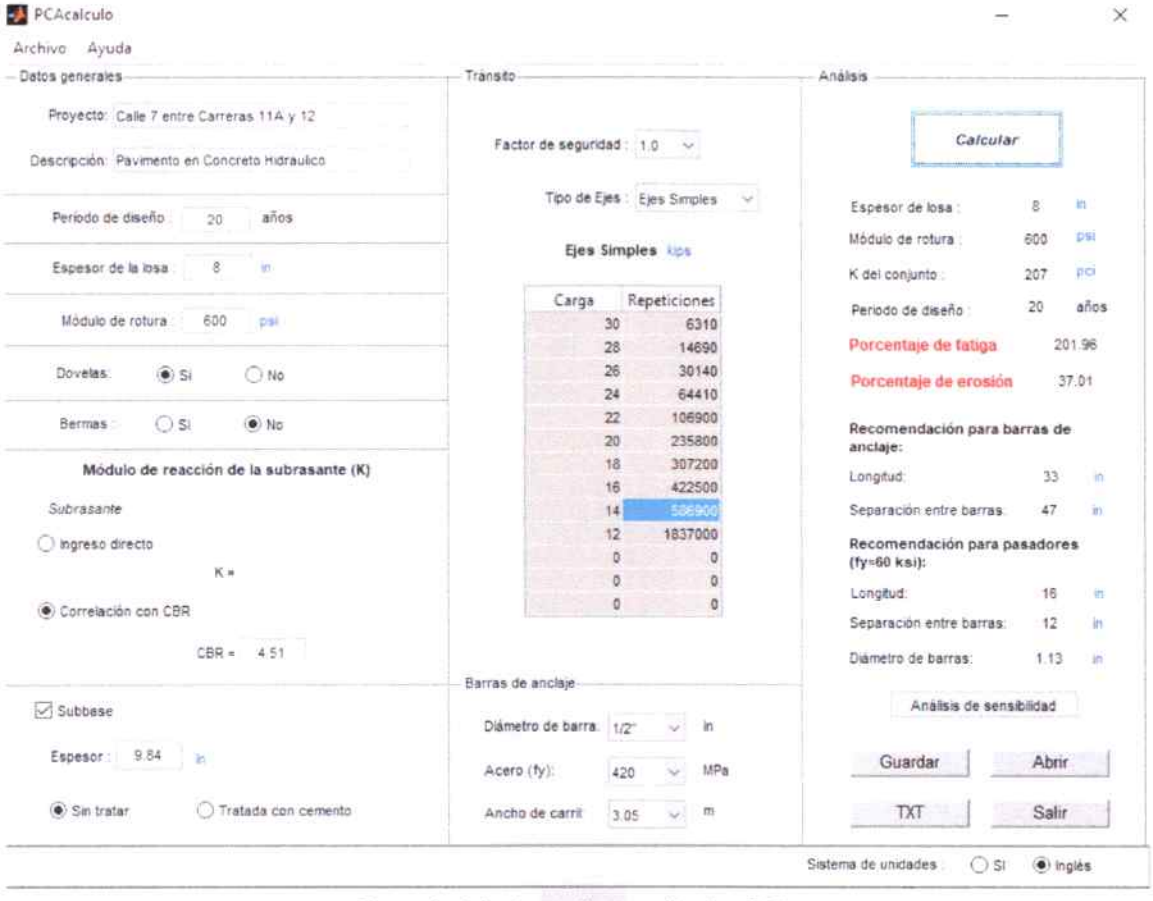


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CALLE 7 ENTRE CARRERAS 11A Y 12, BARRIO EL PARAISO

Una vez obtenidos los resultados de los diseños adelantados por los métodos de la AASHTO y la PCA, se opta por usar los obtenidos mediante el método AASHTO por ser un el más completo.

Se concluye que el espesor final del pavimento estudiado en este informe será de:

- Losa de concreto hidráulico: 160 mm de espesor.
- Sub-base granular: 250 mm de espesor.
- Geotextil T2400

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.5. TRANSMISION DE CARGAS

Para la selección del acero longitudinal y transversal, se hará uso de las recomendaciones dadas por INVIAS en el Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, utilizando las siguientes tablas y teniendo en cuenta las características del proyecto:

Tabla 11. Recomendaciones para barrar longitudinales

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		3,05 m	3,35 m	3,65 m
Acero de fy= 187,5 MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,90	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	0,50	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,50	0,50	0,45		0,95	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 fy= 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: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

Tabla 12. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga,

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
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	400
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	400
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	400

Fuente: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se concluye que el proyecto contara con las siguientes características:

- Losa de concreto hidráulico de MR 600PSI: 160 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Junta longitudinal, Varillas corrugadas de Φ ½, longitud de 85 cm y separadas cada 120 cm.
- Junta transversal, Acero liso de Φ7/8" con longitud de 0.35m y separación de 0.30m entre centros.
- El refuerzo para losas irregulares, con relación L/A > 1.25 o con sumideros que las modifiquen, se propone en acero de 5/8" cada 0,20 m en ambos sentidos.

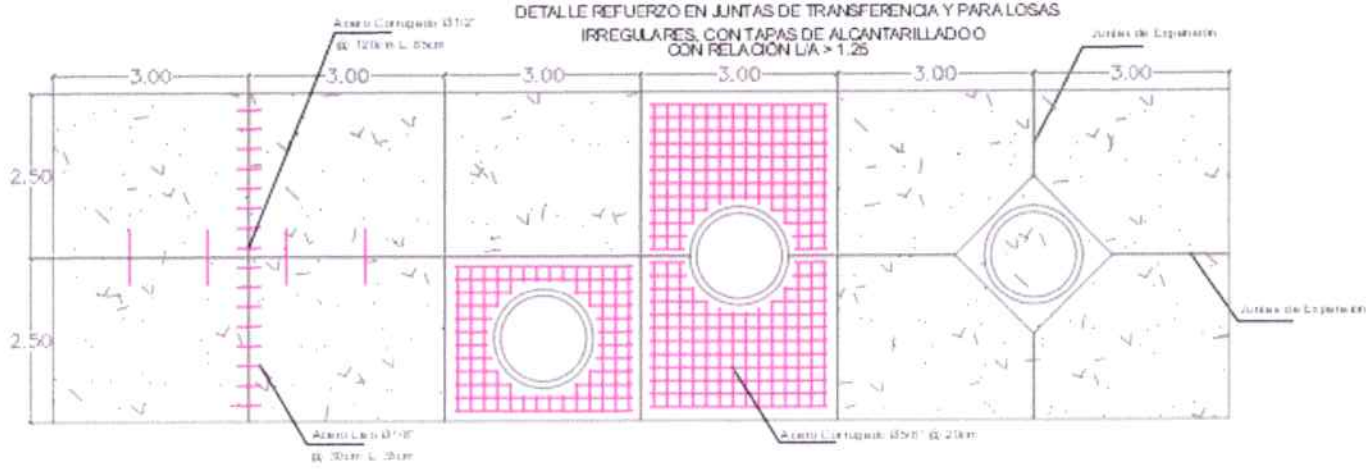


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

5. MODULACION DE LOSAS

Para la modulación del pavimento, se proponen losas de no más de 6 metros de longitud, conservando una relación entre su largo - ancho (l/a) o lado mayor – lado menor (Lma/Lme) por debajo del valor de 1.25. Lo anterior teniendo en cuenta que relaciones mayores potenciarían los fenómenos del alabeo de las losas por los gradientes térmicos que hay en su estructura, lo que generaría esfuerzos internos para los que la losa no estará diseñada y se empezará a agrietar y deteriorar.
Por lo anterior ya que se cuenta con ancho de calzada de 5 m, se realizarán carriles de 2.50 m y el largo de las losas de 3.00 m.

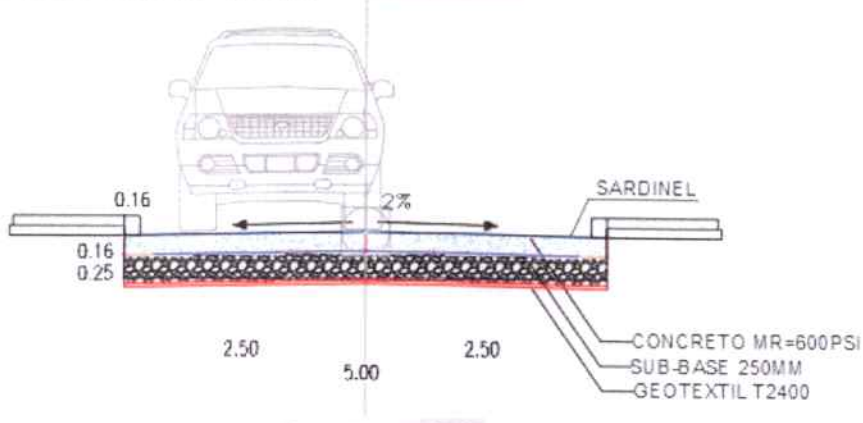


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

Se plantea la construcción de sardineles en los costados de la vía, que permitan el confinamiento de la misma y evitar la infiltración de agua que transcurre sobre la esta, con el siguiente detalle:

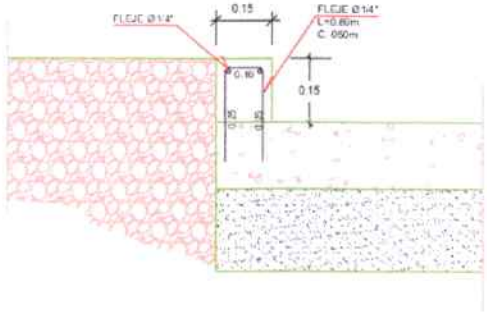


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

CONTRATO CON-001-2022

CONSULTORIA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTOS COMUNITARIOS EN LA ZONA URBANA Y RURAL EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA.

MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA
Alcalde William Fernando Palomino Zúñiga
"ME LA JUEGO POR LA UNIÓN"
2020-2023

Contratista: INGENIERIAS DE OCCIDENTE S.A.S
Supervisión: Argemiro Eduardo Tamayo.

Diseño Estructural De Pavimento En Concreto Hidráulico En La Calle 18A entre Carrera 12 y Transversal 11– Barrio Popular.



La Unión Valle, Abril de 2022.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1. INTRODUCCION.

La malla vial del municipio de La Unión Valle actualmente no brinda las mejores condiciones de transitabilidad y comodidad para los usuarios en diferentes sectores del municipio, por lo cual se pretende aumentar la capacidad, el nivel de servicio, brindar comodidad, seguridad a los usuarios y disminuir los niveles de accidentalidad, mediante la construcción de vías locales pavimentadas en concreto hidráulico.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de los terrenos y en aplicación a las diferentes normas y especificaciones vigentes, es de vital importancia, determinar las características técnicas de los suelos, realizar los diseños de las vías con especificaciones técnicas de construcción y ejecutar los proyectos de pavimentación con eficacia y eficiencia, de manera que se proporcione a los usuarios vías con calidad técnica en concordancia con los estándares de diseño en todas las especialidades de Ingeniería relacionada con el estudio.

Por lo anterior, se presentan en este informe los resultados del análisis de suelos, la determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 ton, el diseño de la estructura de pavimento, el diseño geométrico de la vía y presupuesto de ejecución de obra, para la vía de la Calle 18A entre Carreras 12 y Transversal 11, del Barrio Popular en el Municipio de La Unión - Valle del Cauca.

Se describe inicialmente el proyecto, de manera que se presente la investigación Geotécnica realizada por la empresa Geolabs S.A.S y las características del subsuelo encontrado y recomendaciones, con lo que se calcula y define la estructura de pavimento más eficaz y eficiente para la vía, de igual modo, se presenta el diseño geométrico de la vía definiendo ancho y longitud del pavimento a construir, recomendaciones constructivas y finalmente se incluye el presupuesto de obra, discriminado específicamente los materiales requeridos para dar paso al proyecto de pavimentos comunitarios en el municipio de La Unión Valle en el año 2022.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar los diferentes diseños para la pavimentación de la vía en concreto hidráulico localizada en el municipio de La Unión Valle En La Calle 18A entre Carreras 12 y Transversal 11 del barrio Popular, complementando los objetivos del PBOT, en términos de construcción, rehabilitación y mejoramiento del sistema estructurante de vías, brindando una solución técnica y socio económica eficaz, con una longitud aproximada de 81.80 m.

2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Validar los resultados del estudio de suelos realizado en el sector.
- Determinar el valor del tránsito promedio diario (TPD).
- Calcular los espesores de pavimento a partir de las diferentes especificación y normatividad técnica vigente.
- Realizar el diseño geométrico de la vía a construir, con base a la topografía entregada por la Secretaria de Obras Públicas.
- Establecer el presupuesto final de las cantidades de obra para la construcción de pavimentos en los diferentes sectores del Municipio.
- Entregar las especificaciones, características y recomendaciones técnicas constructivas para la ejecución del proyecto.
- Simplificar la información correspondiente al valor de los materiales requeridos para el proyecto.

2.2. ALCANCE.

El presente proyecto, se localiza en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, específicamente en la zona Nor-Oriental del Municipio, en el barrio Popular, con nomenclatura Calle 18ª entre Carreras 12 y transversal 11.
Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de concreto hidráulico en condiciones inadecuadas.
El PBOT del Municipio de La Unión Valle, enmarca diversas políticas de ocupación y uso del territorio, dentro de las cuales establece para el sistema estructurante de vías y transporte objetivos como:

Objetivo 1. ***Articular y consolidar la conectividad y movilidad urbana****, se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Jerarquizar y especializar la malla vial existente acorde con el ámbito de su función, en términos de vías locales, colectoras y vías arteriales.*
b. *Definir proyectos de ampliación y fortalecimiento del sistema vial local y colector en la zona urbana, a través de nuevas vías urbanas al interior de las manzanas.*
(...)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Objetivo 2. ***Mejorar y complementar las vías que permitan conformar una malla vial de interconexión de las diferentes actividades en la zona urbana,*** *se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Adecuar y complementar la malla vial urbana.*
b. *Desarrollar trabajos de mejoramiento y rehabilitación de vías concerniente a la malla vial urbana.*
c. *Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana que mejoren la habitabilidad, estructurados en el sistema vial, la recuperación de las rondas de quebradas y su articulación con los principales referentes y equipamientos urbanos. (...)*

El diseño de la estructura en concreto hidráulico tiene como principal directriz optimizar recursos para lograr establecer una obra donde exista un equilibrio entre el beneficio esperado y la inversión destinada.

2.3. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

La intervención del presente proyecto se ubica en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, localizado a 163 km de la capital del Valle del Cauca y a 396 km de la Capital de la República, Santa Fe de Bogotá, cuenta con extensión total de 126 km^2 y se localiza en el hemisferio Norte a 4°32'05" (latitud norte) y a 76°06'04" (longitud oeste), con altura de 975 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 24 grados centígrados.
Actualmente la vía objeto se cataloga como vía Local, de tercer orden, con sección transversal promedio de 5.00 m, longitud de 81.80 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Calle 18A entre Carreras 12 y Transversal 11– B/ POPULAR

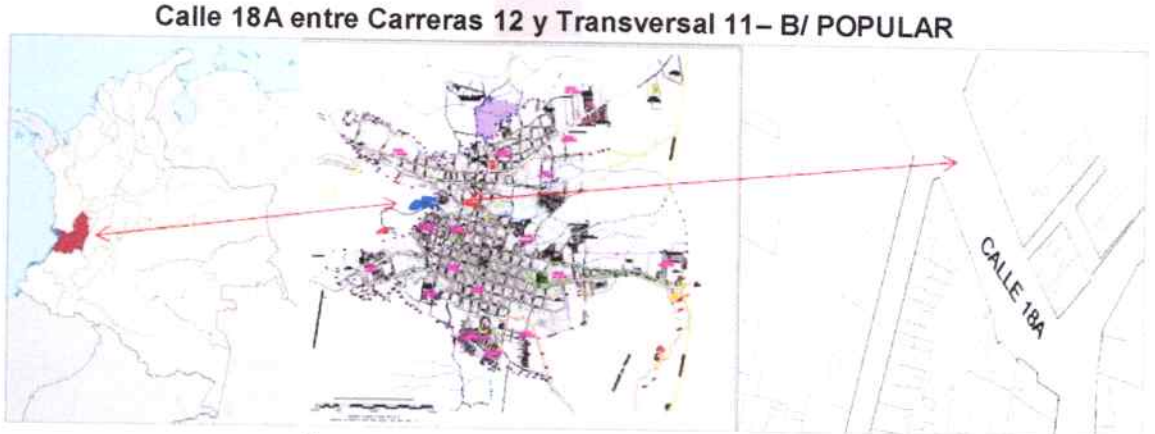


Figura 1. Localización de Zona a Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuó un (1) apique, alcanzando una profundidad de 0.6 metros bajo la superficie, donde se recuperaron muestras inalteradas en moldes CBR. Las actividades de exploración y ensayos de laboratorios para caracterización de la subrasante actual de la vía fueron realizados y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

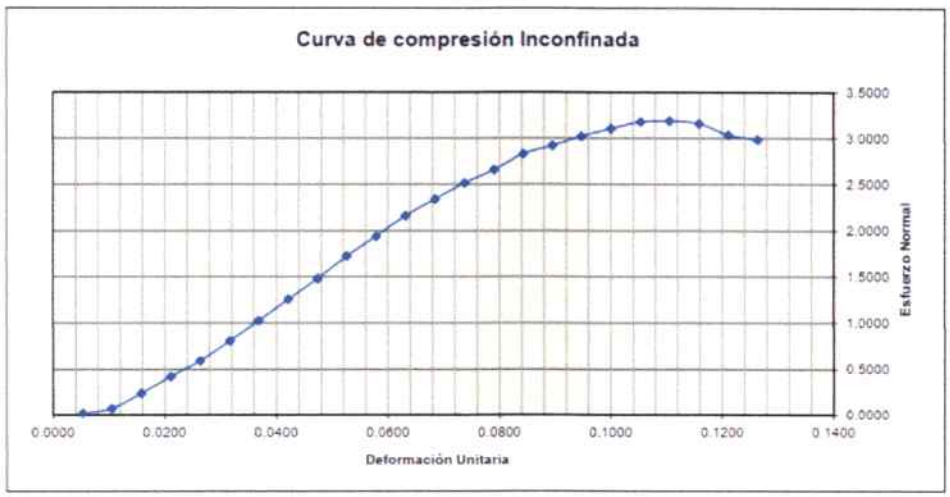
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S53 Calle 18A entre Carreras 11 y 12	0.00	0.05	Placa
	0.05	0.25	Arcillo - arenoso, [5Y 8/3]
	0.25	0.60	Arenoso, [10YR 8/2]
		0.60	Rechazo

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S53	Calle 18A entre Carreras 11 y 12	0.60	3.1896	1.927	1.631	11,06%



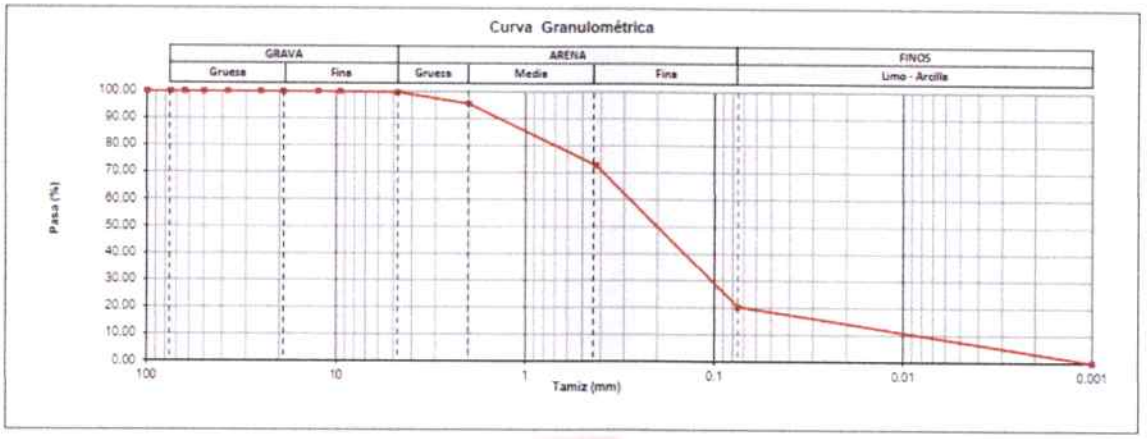
Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada

Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S53	Calle 18A entre Carreras 12 y Transversal 11	25.78	19.67	6.11	0.25	79.37	28.38	SC – SM

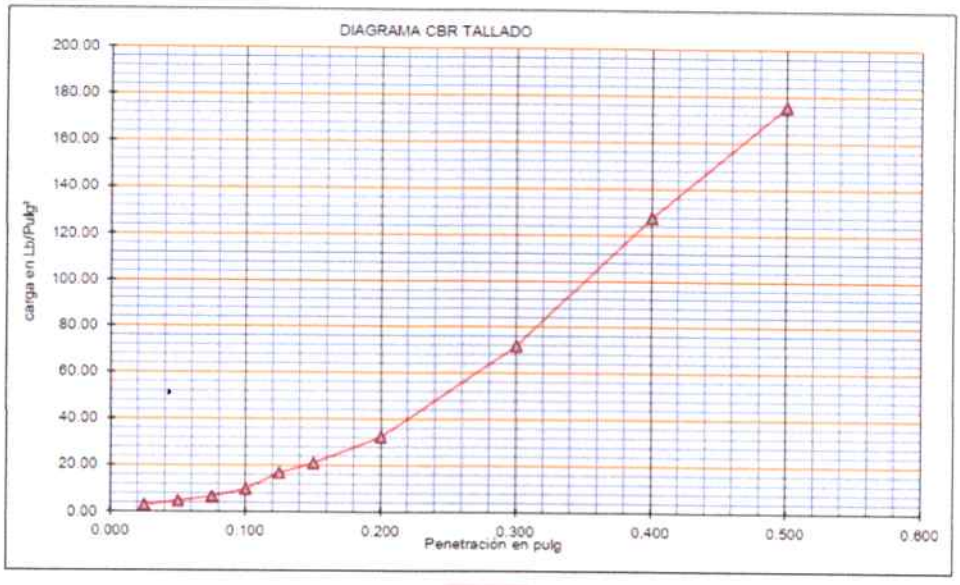


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S53	Calle 18A entre Carreras 12 y Transversal 11	0.20	0.97%	2.15%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 3. Diagrama de CBR
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

4.1. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

Para definir el análisis de tránsito del tramo a intervenir por el presente proyecto, se realiza el aforo vehicular en la zona, logrando definir el número de repeticiones del eje de referencia de 8.2 Ton en el período de diseño.

4.1.1. Aforo Vehicular.

El aforo vehicular se realizó desde las 7 AM hasta las 6 PM, los días 18, 19, 20 y 21 de febrero de 2022, diferenciando los tipos de vehículos, de manera que se obtenga la cantidad de vehículos mixtos que transitan por la zona y a la vez para tener claridad en cuanto al número de vehículos comerciales (buses y camiones) que son los que generarán un mayor impacto en la vida útil del pavimento y por lo tanto serán la base para el diseño.
A continuación, se presentan los datos obtenidos en los aforos vehiculares de los tres días antes mencionados:

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUEÑO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	

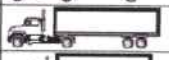
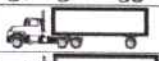
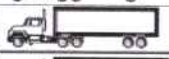
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C2	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
- C6	TRACTO-CAMION C3-S3	

Figura 2. Clasificación vehicular según el INVIAS.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos del INVIAS

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 18/02/22

18 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	5	0	32	0	1	0	0	0	38
7:30-8:00	10	0	61	0	2	0	0	0	73
8:00-8:30	8	0	54	0	1	0	0	0	63
8:30-9:00	8	0	58	1	1	0	0	0	68
9:00-9:30	12	0	34	0	1	2	0	0	49
9:30-10:00	10	1	50	1	0	0	0	0	62
10:00-10:30	6	1	30	1	0	0	0	0	38
10:30-11:00	8	1	47	2	2	0	0	0	60
11:00-11:30	4	0	48	0	1	0	0	0	53
11:30-12:00	6	0	46	1	2	0	0	0	55
12:00-12:30	8	0	120	0	1	0	0	0	129
12:30-13:00	8	0	50	0	0	0	0	0	58
13:00-13:30	11	0	54	1	0	0	0	0	66
13:30-14:00	14	0	65	0	0	0	0	0	79
14:00-14:30	11	0	66	1	0	0	0	0	78
14:30-15:00	6	0	36	0	0	0	0	0	42
15:00-15:30	6	0	55	0	0	0	0	0	61
15:30-16:00	14	0	51	2	0	0	0	0	67
16:00-16:30	11	0	57	2	2	0	0	0	72
16:30-17:00	10	0	37	1	1	0	0	0	49
17:00-17:30	10	0	65	0	0	0	0	0	75
17:30-18:00	7	0	53	1	2	0	0	0	63
TOTAL	193	3	1169	14	17	2	0	0	1398
COMPOSICION VEHICULAR	13.81%	0.21%	83.62%	1.00%	1.22%	0.14%	0.00%	0.00%	100.00%

Tabla 2. Aforo vehicular 19/02/22

19 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	6	0	42	0	0	0	0	0	48
7:30-8:00	8	0	39	0	0	0	0	0	47
8:00-8:30	10	0	23	0	1	0	0	0	34
8:30-9:00	7	0	45	0	1	0	0	0	53
9:00-9:30	14	0	9	1	2	0	0	0	26
9:30-10:00	12	0	62	1	1	1	0	0	77
10:00-10:30	9	0	29	0	1	0	0	0	39
10:30-11:00	7	0	49	0	0	0	0	0	56
11:00-11:30	10	0	53	1	0	0	0	0	64
11:30-12:00	5	0	46	1	0	1	0	0	53
12:00-12:30	9	0	98	0	1	1	0	0	109
12:30-13:00	6	0	111	0	1	0	0	0	118
13:00-13:30	13	1	98	1	0	0	0	0	113
13:30-14:00	16	1	83	1	0	0	0	0	101
14:00-14:30	15	1	58	1	1	0	0	0	76
14:30-15:00	9	0	19	0	1	0	0	0	29
15:00-15:30	8	0	59	0	1	0	0	0	68
15:30-16:00	12	0	48	0	0	1	0	0	61
16:00-16:30	16	0	38	1	0	1	0	0	56
16:30-17:00	13	0	29	0	1	0	0	0	43
17:00-17:30	17	0	58	0	1	0	0	0	76
17:30-18:00	9	0	48	1	0	0	0	0	58
TOTAL	231	3	1144	9	13	5	0	0	1405
COMPOSICION VEHICULAR	16.44%	0.21%	81.42%	0.64%	0.93%	0.36%	0.00%	0.00%	100.00%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 3. Aforo Vehicular 20/02/22

20 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	9	0	19	0	0	0	0	0	28
7:30-8:00	8	0	73	0	0	0	0	0	81
8:00-8:30	14	0	49	0	0	0	0	0	63
8:30-9:00	9	0	62	0	2	0	0	0	73
9:00-9:30	17	0	29	1	2	0	0	0	49
9:30-10:00	9	0	86	0	0	0	0	0	95
10:00-10:30	13	0	25	0	0	0	0	0	38
10:30-11:00	9	0	49	0	0	0	0	0	58
11:00-11:30	5	0	56	2	0	0	0	0	63
11:30-12:00	9	0	19	0	1	0	0	0	29
12:00-12:30	10	0	117	0	1	1	0	0	129
12:30-13:00	7	1	85	1	0	0	0	0	94
13:00-13:30	5	0	49	1	0	0	0	0	55
13:30-14:00	9	1	76	0	0	0	0	0	86
14:00-14:30	13	0	83	0	0	0	0	0	96
14:30-15:00	7	1	49	0	0	0	0	0	57
15:00-15:30	9	0	69	1	0	0	0	0	79
15:30-16:00	10	0	55	1	0	0	0	0	66
16:00-16:30	14	0	62	0	1	0	0	0	77
16:30-17:00	19	0	73	1	0	0	0	0	93
17:00-17:30	8	0	82	0	0	0	0	0	90
17:30-18:00	5	0	53	0	0	0	0	0	58
TOTAL	218	3	1320	8	7	1	0	0	1557
COMPOSICION VEHICULAR	14.00%	0.19%	84.78%	0.51%	0.45%	0.06%	0.00%	0.00%	100.00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 21/02/22

20 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	9	0	19	0	0	0	0	0	28
7:30-8:00	8	0	73	0	0	0	0	0	81
8:00-8:30	14	0	49	0	0	0	0	0	63
8:30-9:00	9	0	62	0	2	0	0	0	73
9:00-9:30	17	0	29	1	2	0	0	0	49
9:30-10:00	9	0	86	0	0	0	0	0	95
10:00-10:30	13	0	25	0	0	0	0	0	38
10:30-11:00	9	0	49	0	0	0	0	0	58
11:00-11:30	5	0	56	2	0	0	0	0	63
11:30-12:00	9	0	19	0	1	0	0	0	29
12:00-12:30	10	0	117	0	1	1	0	0	129
12:30-13:00	7	1	85	1	0	0	0	0	94
13:00-13:30	5	0	49	1	0	0	0	0	55
13:30-14:00	9	1	76	0	0	0	0	0	86
14:00-14:30	13	0	83	0	0	0	0	0	96
14:30-15:00	7	1	49	0	0	0	0	0	57
15:00-15:30	9	0	69	1	0	0	0	0	79
15:30-16:00	10	0	55	1	0	0	0	0	66
16:00-16:30	14	0	62	0	1	0	0	0	77
16:30-17:00	19	0	73	1	0	0	0	0	93
17:00-17:30	8	0	82	0	0	0	0	0	90
17:30-18:00	5	0	53	0	0	0	0	0	58
TOTAL	218	3	1320	8	7	1	0	0	1557
COMPOSICION VEHICULAR	14.00%	0.19%	84.78%	0.51%	0.45%	0.06%	0.00%	0.00%	100.00%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.1.2. Ejes Equivalentes.

Para el diseño del pavimento se tomará como base la cantidad de vehículos comerciales que circulan por la zona, por lo tanto, se realiza el cálculo de un tránsito promedio diario de vehículos comerciales (TPDC) y para ello se trabajará con los 7 días de la semana, expandiendo el día hábil típico y tomando los demás días común y corriente. El cálculo del TPDC estará dado por la siguiente operación.

$$TPDC = \frac{36 + 30 + 19 + 23 * 4}{7} = 26\ vehículos\ comerciales$$

Se realiza conversión a ejes equivalentes acumulados de 80 Kilo Newtons para un año, que son los ejes estándar que maneja el método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, utilizado como factor de daño los presentados por el INVIAS.

Tabla 5. Factores de daño.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE DAÑO	
	Vacío	Cargado
Autos	-	-
Buses	-	1
C2P	0.01	1.01
C2G	0.08	2.72
C3 - C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Invias.

Se utiliza como factor direccional el valor de 1 debido al ancho del carril y a que la vía trabajará en dos sentidos. La distribución de vehículos comerciales estará basada en los porcentajes de vehículos comerciales de los aforos realizados, en la Tabla 5 se presentan los valores adoptados.

Tabla 6. Porcentajes de vehículos comerciales.

PARAMETROS DE DISEÑO		
TIPO DE VEHICULO	**CANTIDAD**	**PORCENTAJE**
Bus	6	22.22%
C2P	9	33.33%
C2G	10	37.04%
C3-4	2	7.41%
C5	0	0.00%
>C6	0	0.00%

Fuente: Propia.

El NESE para el año actual estará dado por la siguiente expresión:

$$NESE80KNañobase = 365 * TPDC * \left[\sum_{i=1}^{k} \%Vki * FDk\right] * Fd$$

$$NESE80KNañobase = 365 * 26 * [0.22 * 1 + 0.33 * 1.01 + 0.37 * 2.72 + 0.07 * 3.72] * 1$$

El NESE hallado debe de ser proyectado al valor correspondiente del periodo de diseño del pavimento (20 años). Para la proyección se hará uso del método que propone el INVIAS en el caso en que no exista una serie histórica de tránsito; en tal método necesitaremos una tasa de crecimiento anual del tránsito que será asumida como el 3% (valor recomendado por el INVIAS) debido a la cantidad de ejes obtenidos para el año base y con respecto al potencial desarrollo de las zonas urbanas del municipio.

$$NESEacumulado = NESE80KNañobase * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

Donde

- r: Tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona la tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona (3%).
- n: años proyectados (20 años).

Se realiza mayoración del valor obtenido, con la finalidad de otorgarle confiabilidad del 90%, por lo tanto, se le aplica valor de 1.28 y la formula base planteada por el INVIAS.

$$NESEacumuladoconconfiabilidad = NESEacumulado * 10^{0.05*Zr}$$

Donde

- Zr: Factor de confiabilidad.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se utiliza el factor de equivalencia propuesto por la AASHTO GUIDE FOR THE DESIGN OF PAVEMENTS STRUCTURES en su parte 3, capítulo 5 numeral 5.2.3 valor de 1.492 para pasar de NESEasfáltico a NESErígido

$$NESEpvtorígido = 1{,}492 * NESEacumuladoconconfiabilidad$$

Después de realizado todo el procedimiento para hallar el valor del NESE de diseño para el pavimento rígido, se encuentra un valor final de:

Tabla 7. Resultados.

VARIABLES DE DISEÑO	
TPDC	26.00
NESE80KNañobase	17480.00
NESEacumulado	476705
NESE 90	552395
NESEdiseño	824174

Fuente: Propia.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.2. MÉTODO DE DISEÑO DE LA AASHTO

Se presenta como alternativa el uso de la metodología propuesta por la AASHTO para pavimentos rígidos que a su vez se basó en los resultados del AASHTO road test en Ottawa, IL, USA. El cual propone la siguiente ecuación para el diseño de los espesores de la losa de concreto de cemento Pórtland.

$$\log(W18) = Zr * So + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * log\left[\frac{S'c*Cd*\left(D^{0.075}-1.132\right)}{215.63*J*\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **824174**

b. Confiabilidad R: se considera del 90%, permitiendo que el 10% de las losas de pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad final igual a la seleccionada en el diseño.

c. Zr: Desviación total estándar correspondiente a la confiabilidad del diseño **1.28**

d. So: Desviación estándar total (overall) del proceso de diseño, la guía ASSHTO recomienda para una construcción nueva el valor 0.35.

e. ΔPSI: capacidad que tiene un pavimento para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar, este se define como el índice de serviciabilidad inicial menos la serviciabilidad final. Un valor de 5 para la serviciabilidad indica un pavimento en condiciones totalmente perfectas y un valor de 0 para una indica un pavimento totalmente destruido.

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0 = \mathbf{2.5}$$

f. Pt: Serviciabilidad inicial del pavimento: **4.5**

g. Pt: Serviciabilidad final del pavimento: **2.0**

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

h. S'c: Módulo de rotura del concreto (psi): **600 psi – 4.10 Mpa**

El concreto a ser un material cerámico, posee una alta resistencia a la compresión, pero muy poca a la tracción. El concreto usado para pavimentos estará sometido a cargas que generen tracción en la parte inferior de la losa y por lo tanto se hace necesario elegir un concreto con un módulo de rotura a la flexo-tracción suficiente para soportar las cargas. Los valores usualmente usados son de 650, 600 y 550 psi. Para el presente diseño se hará uso de concreto con una resistencia a la flexo-tracción de **600 psi** teniendo en cuenta que la vía es urbana y no estará sometida a altas cargas de tráfico pesado.

i. Cd: Coeficiente de drenaje.
Para la elección del coeficiente de drenaje se debe de tener en cuenta las características hidrológicas y topográficas del municipio de la Unión – Valle.
Según los mapas de precipitación media anual del IDEAM, el municipio de la Unión-Valle tiene cerca de 1000 – 1500 mm de lluvia total anual en promedio. Por su parte, el municipio de la Unión – Valle presenta pendientes que encajan dentro de las características topográficas de terreno plano propuestas por el INVIAS y que en pocas ocasiones y en pocos sectores la pendiente puede ascender al nivel de terreno ondulado según la clasificación INVIAS.

Teniendo en cuenta la siguiente y siendo un poco conservadores, se considera la calidad del drenaje como **aceptable** en donde el agua se removerá en una semana, se toma el porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a humedades cercanas a la saturación en el rango de **1% - 5%**

Tabla 8. Coeficiente de drenaje pavimento rígido AASHTO

Calidad del drenaje	El agua libre se remueve en...
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drenará

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento rigido está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se define que el coeficiente de drenaje (Cd) de la estructura será de **1.0**, siendo este un valor conservador.

j. J: Coeficiente de transferencia de carga: **3.20**
El pavimento diseñado se plantea con el uso de dovelas en las juntas transversales para la transmisión de cargas, por lo cual se asigna valor entre 2.50 y 3.20.
La AASTHO recomienda un valor de 3.2

k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

$$\mathrm{F'c} = 352 kg/cm2$$
$$Ec = 5500 * f'c^{\frac{1}{2}} = 17000 * 352^{\frac{1}{2}} = 318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$
$$318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2} = \mathbf{4536510.74\ psi}$$

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (2.15%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **20.00 Mpa/m – 73.00 pci.**

La ASSHTO acepta las correlaciones de "K" descritas a continuación, según sea el caso:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log CBR\ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR \leq 10$$
$$K = 46 + 9.08 * \log CBR^{4.34}\ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR > 10$$

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.15\ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{20.00}\ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

m. Factor de perdida de soporte (Ls), este parámetro indica la pérdida de apoyo potencial de la losa de concreto hidráulico, debido a la erosionabilidad de la su-base y asentamientos diferenciales de la subrasante, para el presente diseño se utilizara una sub-base de material granular sin tratar, por lo tanto el factor de perdida de soporte (Ls) es de 2.0.

Tabla 9. Factor de pérdida de soporte.

TIPO DE BASE O SUB-BASE	FACTOR DE PERDIDA DE SOPORTE (Ls)
Bases Granulares Tratadas con Cemento (E = 7000 – 14000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Tratadas con Cemento (E = 3500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Bases Asfálticas (E = 2500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Estabilizadas con Asfalto (E = 300 – 2000 MPa)	0.0 a 1.0
Estabilización con Cal (E = 150 – 1000 MPa)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares sin Tratar (E = 100 – 300 MPa)	1.0 a 3.0
Suelos Finos y Subrasantes Naturales (E = 20 – 300 MPa)	2.0 a 3.0

Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Módulo de resiliente de la Sub-base:

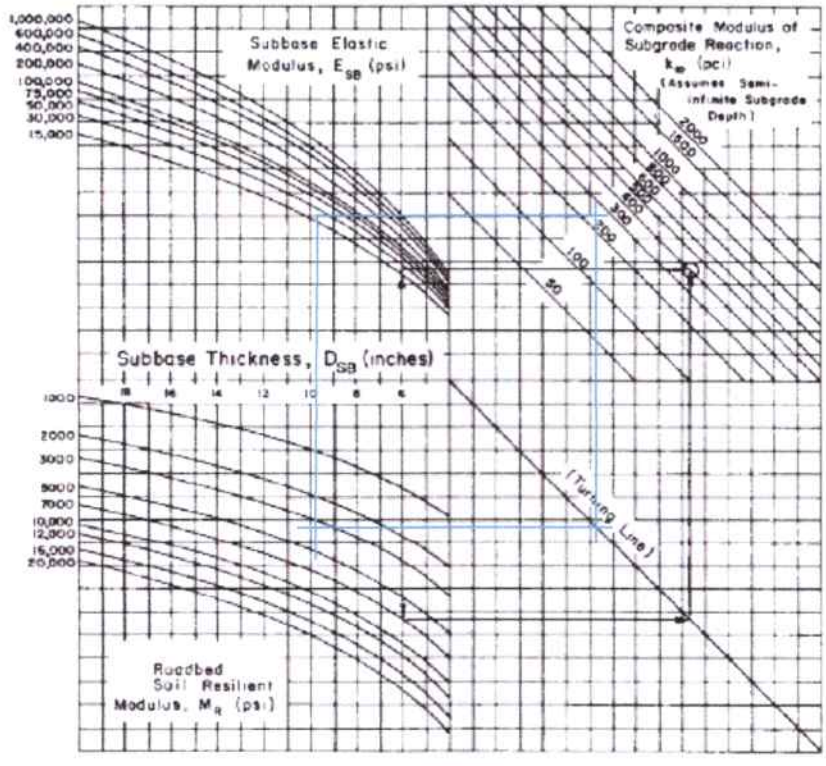
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 2.15\% = 215 \frac{kg}{cm^2} = 3058\ psi$$

n. Modulo efectivo de la subrasante K, depende de factores como el módulo de la subrasante, el módulo de la sub-base y el módulo de elasticidad de la sub-base.

A partir del CBR de la evaluación geotécnica (2.15%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **20.00 Mpa/m – 73.00 pci.**
La sub-base granular tendrá 25 mm de espesor, ya que se considera es un apto para soportar las cargas del tránsito y reducir los esfuerzos producidos en la sub-rasante y contara con módulo de elasticidad de 17160 psi que es un valor usualmente utilizado en Colombia.
AASHTO propone la Ilustración 2 para estimar el módulo de reacción compuesto de la sub-rasante basándonos en el espesor de la sub-base (9.84 pulgadas aproximadamente) y su módulo de elasticidad (17160 psi) y en el módulo resiliente de la sub-rasante (3058 psi)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

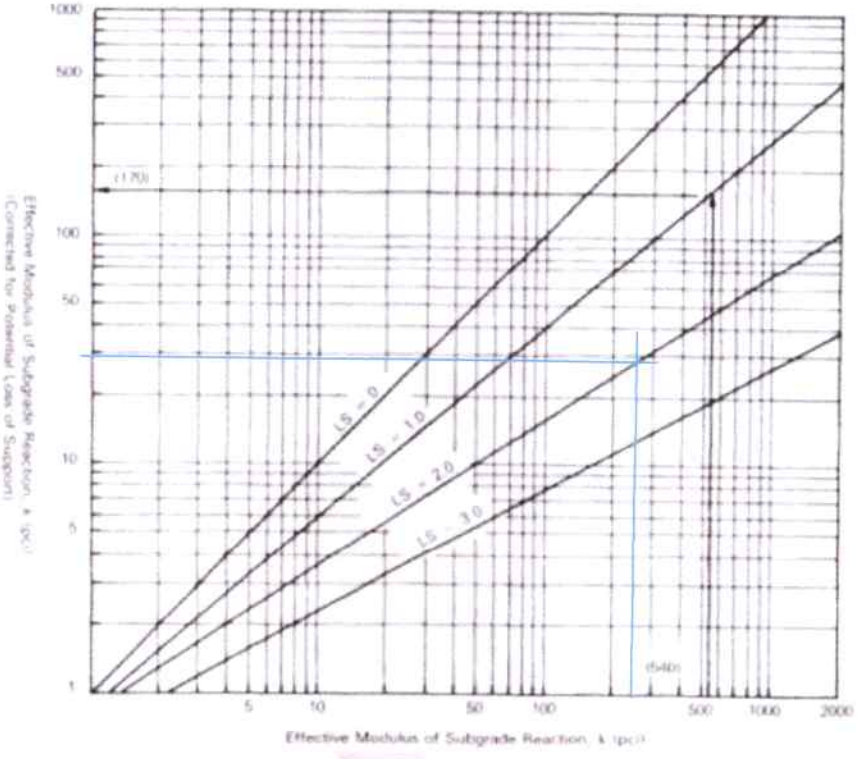


Gráfica 4. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **250 psi/in**.

El módulo de reacción conjunta se ve afectado por una potencial pérdida de soporte del suelo debido a las solicitaciones del tráfico y a factores hidrológicos y ambientales, por este motivo AASHTO propone la Ilustración 3 en donde se asumirá una pérdida de soporte (LS por sus iniciales en inglés) de 2 debido a que la sub-base granular estará conformada por materiales granulares no tratados o estabilizados.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 5. Corrección del módulo de reacción de la fundación por la pérdida de soporte.
Fuente: Tomado de la AASHTO guide for the design of pavements structutes

Se encuentra que el módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (k) será igual a **29.0 psi/in**

o. D: Espesor del pavimento hidráulico en pulgadas

Para definir el espesor de la capa de concreto hidráulico, se presenta el resumen de las variables que interfieren en la ecuación:

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 10. Resumen de variables

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	824174	ESE
Confiabilidad del diseño (90%)	1,28	-
Desviación estándar proceso de diseño (So)	0,35	-
Degradación del PSI (ΔPSI)	2,5	-
Serviciabilidad final (Pt)	2	-
Módulo de reacción de la subrasante (k)	73,00	PCI
Módulo de rotura del concreto (S'c)	600	PSI
Coeficiente de drenaje (Cd)	1	-
Coeficiente de transferencia de carga (J)	3,2	-
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	4536510,74	PSI
Módulo de reacción compuesto (K)	29	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(824174) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510.74}{29}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 7.86" =19,96cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 7.86", equivalentes a 19,96cm, sin embargo, por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 200mm.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.3. METODO DE LA PORTLAN CEMENT ASSOCIATION (PCA) DE LOS ESTADOS UNIDOS

Con el objetivo de brindar mayor seguridad y calidad en el diseño de pavimentos en concreto hidráulico, se recomienda realizar la evaluación del mismo mediante dos métodos de diseños, con la finalidad de elegir el que permita mayor durabilidad y confianza en el transcurso del tiempo.

PARAMETROS DE DISEÑO

- Periodo de Diseño: **20 Años**
- Módulo de rotura del concreto: **600 PSI**
- Transmisión de Cargas: **Mediante dovelas, pasadores**
- Bermas: **NO**
- Módulo de reacción de la sub-rasante (K)

  CBR=2.15%

  $$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.15 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{20.00} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- Material de Sub base, correspondiente a material granular sin tratar, con espesor propuesto: 25mm o 9.84"
- Factor de Seguridad: se recomienda para calles residenciales y otras vías en las que se espera un volumen de tránsito bajo de vehículos pesados, aplicar un **FS= 1.00**
- Transito: se aplicará la condición de ejes simples, con el objeto de aplicar las combinaciones mediante tablas de cargas y repeticiones para cada eje establecido.
- Barras de Anclaje: se establece para el presente diseño la combinación de barras en acero con Fy de 420 Mpa de ½", y con el ano de carril mínimo que permite el aplicativo de 3.05

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

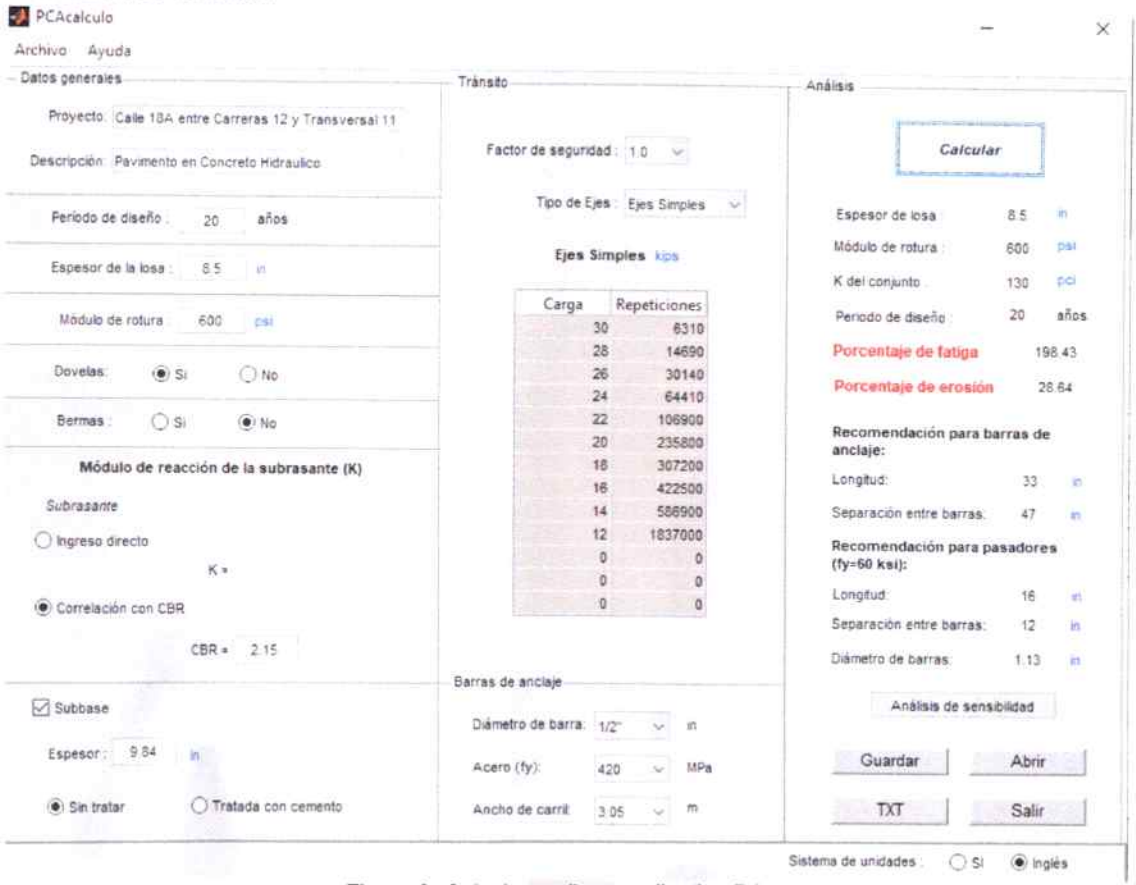


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia.

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO- CALLE 18A ENTRE CARRERAS 12 Y TRANSVERSAL 11

Una vez obtenidos los resultados de los diseños adelantados por los métodos de la AASHTO y la PCA, se opta por usar los obtenidos mediante el método AASHTO por ser un el más completo.

Se concluye que el espesor final del pavimento estudiado en este informe será de:

- Losa de concreto hidráulico: 200 mm de espesor
- Sub-base granular: 250 mm de espesor
- Se recomienda instalar geotextil tejido T2400 para mejorar la capacidad del terreno y evitar afectaciones de la estructura a instalar
- Reposición de terreno por material afirmado con espesor de 200mm por recomendación de especialista en Geotecnia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.5. TRANSMISION DE CARGAS

Para la selección del acero longitudinal y transversal, se hará uso de las recomendaciones dadas por INVIAS en el Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, utilizando las siguientes tablas y teniendo en cuenta las características del proyecto:

Tabla 11. Recomendaciones para barrar longitudinales

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		3,05 m	3,35 m	3,65 m
Acero de fy= 187,5 MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,90	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,75	0,65	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,65	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,95	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,40	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy= 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	0,70	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,10	1,10		1,20	1,20	1,20

Fuente: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

Tabla 12. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga.

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
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: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se concluye que el proyecto contara con las siguientes características:

- Losa de concreto hidráulico de MR 600PSI: 200 mm de espesor
- Sub base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Roca muerta: 200 mm de espesor
- Junta longitudinal, Varillas corrugadas de Φ ½, longitud de 85 cm y separadas cada 120 cm.
- Junta transversal, Acero liso de Φ1" con longitud de 0.35m y separación de 0.30m entre centros.
- El refuerzo para losas irregulares, con relación L/A > 1.25 o con sumideros que las modifiquen, se propone en acero de 5/8" cada 0,20 m en ambos sentidos.

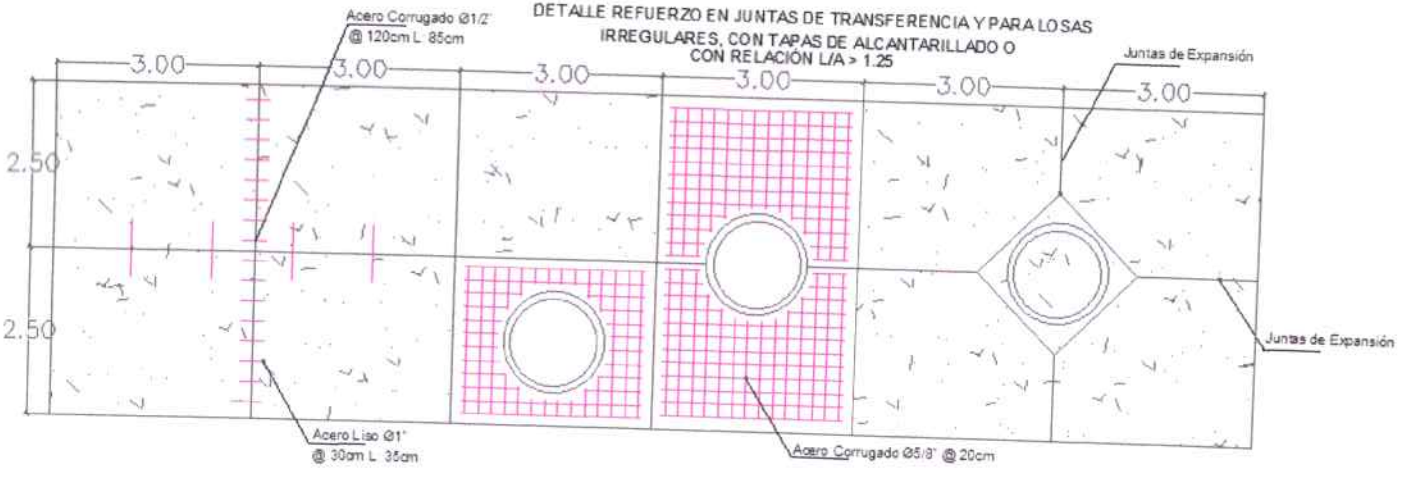


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

5. MODULACION DE LOSAS

Para la modulación del pavimento, se proponen losas de no más de 6 metros de longitud, conservando una relación entre su largo - ancho (l/a) o lado mayor – lado menor (Lma/Lme) por debajo del valor de 1.25. Lo anterior teniendo en cuenta que relaciones mayores potenciarían los fenómenos del alabeo de las losas por los gradientes térmicos que hay en su estructura, lo que generaría esfuerzos internos para los que la losa no estará diseñada y se empezará a agrietar y deteriorar.
Por lo anterior ya que se cuenta con ancho de calzada de 5.00 m, se realizarán carriles de 2.50 m y el largo de las losas de 3.00 m.

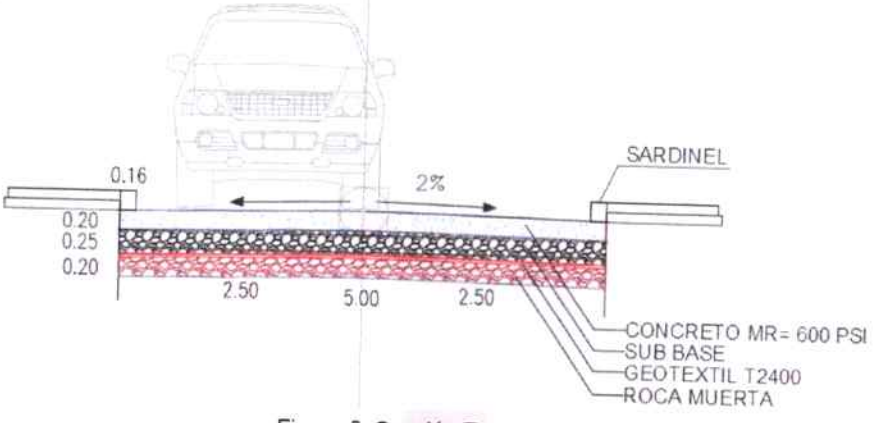


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

Se plantea la construcción de sardineles en los costados de la vía, que permitan el confinamiento de la misma y evitar la infiltración de agua que transcurre sobre la esta, con el siguiente detalle:

DETALLE SARDINEL

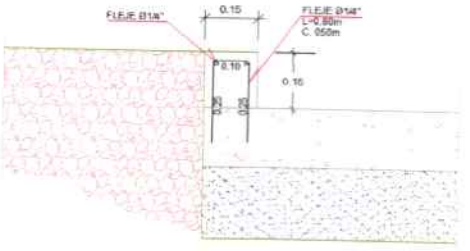


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





1204

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

CONTRATO CON-001-2022

CONSULTORIA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTOS COMUNITARIOS EN LA ZONA URBANA Y RURAL EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA.

MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA
Alcalde William Fernando Palomino Zúñiga
"ME LA JUEGO POR LA UNIÓN"
2020-2023

Contratista: INGENIERIAS DE OCCIDENTE S.A.S
Supervisión: Argemiro Eduardo Tamayo.

Diseño Estructural De Pavimento En Concreto Hidráulico En La Carrera 17 entre Calles 19 y 21– Barrió San Pedro.



La Unión Valle, abril de 2022.

INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1. INTRODUCCION.

La malla vial del municipio de La Unión Valle actualmente no brinda las mejores condiciones de transitabilidad y comodidad para los usuarios en diferentes sectores del municipio, por lo cual se pretende aumentar la capacidad, el nivel de servicio, brindar comodidad, seguridad a los usuarios y disminuir los niveles de accidentalidad, mediante la construcción de vías locales pavimentadas en concreto hidráulico.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de los terrenos y en aplicación a las diferentes normas y especificaciones vigentes, es de vital importancia, determinar las características técnicas de los suelos, realizar los diseños de las vías con especificaciones técnicas de construcción y ejecutar los proyectos de pavimentación con eficacia y eficiencia, de manera que se proporcione a los usuarios vías con calidad técnica en concordancia con los estándares de diseño en todas las especialidades de Ingeniería relacionada con el estudio.

Por lo anterior, se presentan en este informe los resultados del análisis de suelos, la determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 ton, el diseño de la estructura de pavimento, el diseño geométrico de la vía y presupuesto de ejecución de obra, para la vía de la Carrera 17 entre Calles 19 y 21, del barrio San Pedro en el Municipio de La Unión - Valle del Cauca.

Se describe inicialmente el proyecto, de manera que se presente la investigación Geotécnica realizada por la empresa Geolabs S.A.S y las características del subsuelo encontrado y recomendaciones, con lo que se calcula y define la estructura de pavimento más eficaz y eficiente para la vía, de igual modo, se presenta el diseño geométrico de la vía definiendo ancho y longitud del pavimento a construir, recomendaciones constructivas y finalmente se incluye el presupuesto de obra, discriminado específicamente los materiales requeridos para dar paso al proyecto de pavimentos comunitarios en el municipio de La Unión Valle en el año 2022.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar los diferentes diseños para la pavimentación de la vía en concreto hidráulico localizada en el municipio de La Unión Valle En La Carrera 17 entre Calles 19 y 21 del barrio San Pedro, complementando los objetivos del PBOT, en términos de construcción, rehabilitación y mejoramiento del sistema estructurante de vías, brindando una solución técnica y socio económica eficaz, con una longitud aproximada de 156.00 m.

2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Validar los resultados del estudio de suelos realizado en el sector.
- Determinar el valor del tránsito promedio diario (TPD).
- Calcular los espesores de pavimento a partir de las diferentes especificación y normatividad técnica vigente.
- Realizar el diseño geométrico de la vía a construir, con base a la topografía entregada por la secretaria de Obras Públicas.
- Establecer el valor total final de la ejecución de obras de pavimentación en el sector.
- Entregar las especificaciones, características y recomendaciones técnicas constructivas para la ejecución del proyecto.
- Simplificar la información correspondiente al valor de los materiales requeridos para el proyecto.

2.2. ALCANCE.

El presente proyecto, se localiza en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, específicamente en la zona Nor-Oriental del Municipio, en el barrio San Pedro, con nomenclatura Carrera 17 entre Calles 19 y 21

Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura en concreto hidráulico en deficientes condiciones.
El PBOT del Municipio de La Unión Valle, enmarca diversas políticas de ocupación y uso del territorio, dentro de las cuales establece para el sistema estructurante de vías y transporte objetivos como:

Objetivo 1. ***Articular y consolidar la conectividad y movilidad urbana****, se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Jerarquizar y especializar la malla vial existente acorde con el ámbito de su función, en términos de vías locales, colectoras y vías arteriales.*
b. *Definir proyectos de ampliación y fortalecimiento del sistema vial local y colector en la zona urbana, a través de nuevas vías urbanas al interior de las manzanas.*
(...)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Objetivo 2. ***Mejorar y complementar las vías que permitan conformar una malla vial de interconexión de las diferentes actividades en la zona urbana,*** *se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Adecuar y complementar la malla vial urbana.*
b. *Desarrollar trabajos de mejoramiento y rehabilitación de vías concerniente a la malla vial urbana.*
c. *Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana que mejoren la habitabilidad, estructurados en el sistema vial, la recuperación de las rondas de quebradas y su articulación con los principales referentes y equipamientos urbanos. (…)*

El diseño de la estructura en concreto hidráulico tiene como principal directriz optimizar recursos para lograr establecer una obra donde exista un equilibrio entre el beneficio esperado y la inversión destinada.

2.3. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

La intervención del presente proyecto se ubica en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, localizado a 163 km de la capital del Valle del Cauca y a 396 km de la Capital de la República, Santa Fe de Bogotá, cuenta con extensión total de 126 km^2 y se localiza en el hemisferio Norte a 4°32'05'' (latitud norte) y a 76°06'04'' (longitud oeste), con altura de 975 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 24 grados centígrados.
Actualmente la vía objeto se cataloga como vía Local, de tercer orden, con sección transversal promedio de 5.00 m, longitud de 156.20 m, con superficie de rodadura concreto hidráulico en deficientes condiciones.

Carrera 17 entre Calles 19 y 21– B/ SAN PEDRO



Figura 1. Localización de Zona a Intervenir.
Fuente: Mapa 58 – PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuó un (1) apique, alcanzando una profundidad de 1.00 metros bajo la superficie, donde se recuperaron muestras inalteradas en moldes CBR. Las actividades de exploración y ensayos de laboratorios para caracterización de la sub rasante actual de la vía fueron realizados y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

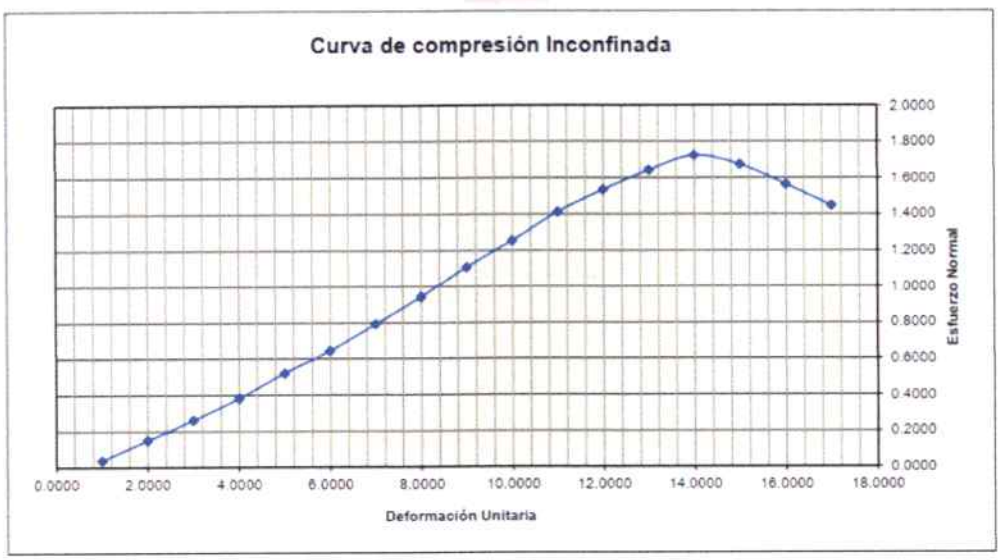
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S34 Carrera 17 entre Calles 19 y 21	0.00 0.10	0.10 1.00	Placa Arenoso, Amarillo [25YR 7/4]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S34	Carrera 17 entre Calles 19 y 21	1.00	1.7228	2.011	1.658	7,42%

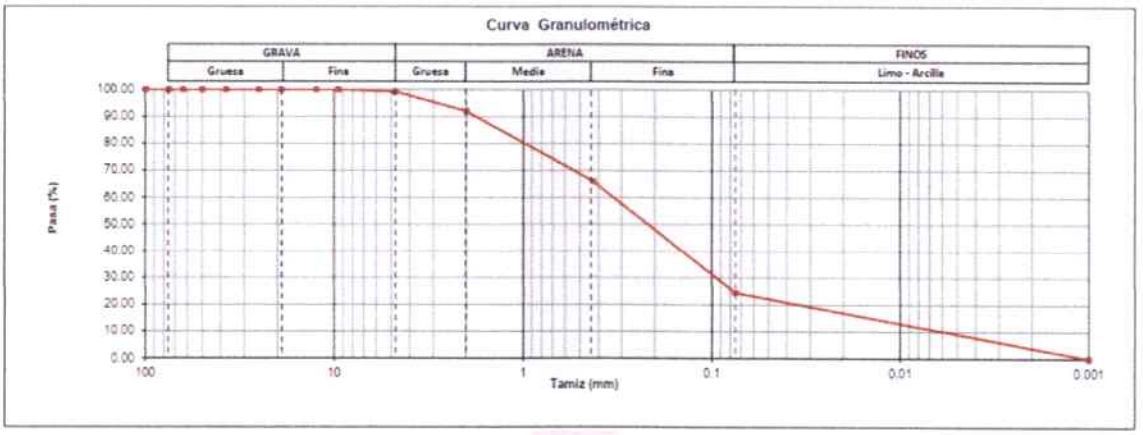


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S34	Carrera 17 entre Calles 19 y 21	28.35	20.82	7.54	0.75	74.84	24.41	SC

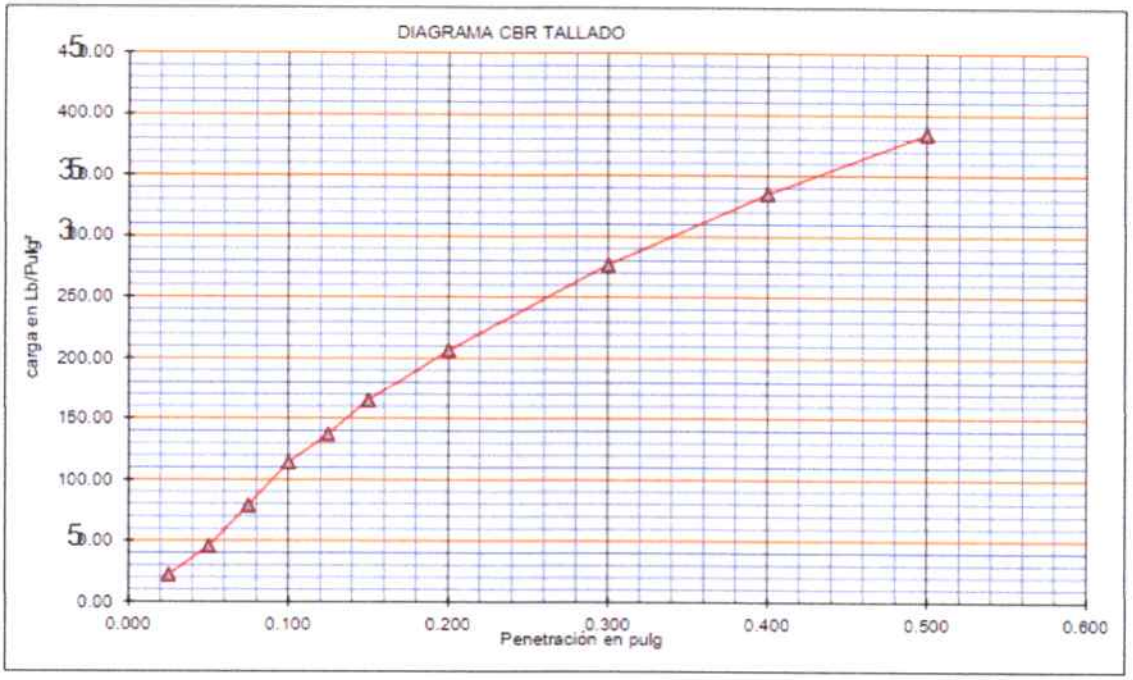


Gráfica 2. Curva granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S34	Carrera 17 entre Calles 19 y 21	0.15	11.40%	13.75%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 3. Diagrama de CBR
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

4.1. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

Para definir el análisis de tránsito del tramo a intervenir por el presente proyecto, se realiza el aforo vehicular en la zona, logrando definir el número de repeticiones del eje de referencia de 8.2 Ton en el período de diseño.

4.1.1. Aforo Vehicular.

El aforo vehicular se realizó desde las 7 AM hasta las 6 PM, los días 18,19,20 y 21 de febrero de 2022, diferenciando los tipos de vehículos, de manera que se obtenga la cantidad de vehículos mixtos que transitan por la zona y a la vez para tener claridad en cuanto al número de vehículos comerciales (buses y camiones) que son los que generarán un mayor impacto en la vida útil del pavimento y por lo tanto serán la base para el diseño.
A continuación, se presentan los datos obtenidos en los aforos vehiculares de los tres días antes mencionados:

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUENO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	

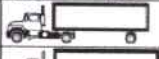
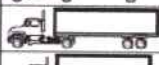
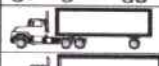
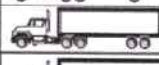
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C2	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
- C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Figura 2. Clasificación vehicular según el INVIAS.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos del INVIAS

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 18/02/22

18 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	4	2	65	1	0	0	0	0	72
7:30-8:00	1	0	66	3	0	0	0	0	70
8:00-8:30	7	0	85	0	0	0	0	0	92
8:30-9:00	9	1	50	0	0	2	0	0	62
9:00-9:30	5	0	69	0	2	0	0	0	76
9:30-10:00	8	1	59	0	0	0	0	0	68
10:00-10:30	10	0	65	0	0	0	0	0	75
10:30-11:00	9	0	60	2	0	0	0	0	71
11:00-11:30	9	2	61	0	0	0	0	0	72
11:30-12:00	0	0	55	2	0	0	0	0	57
12:00-12:30	4	1	51	1	0	0	0	0	57
12:30-13:00	3	0	32	0	0	0	0	0	35
13:00-13:30	3	0	50	0	0	0	0	0	53
13:30-14:00	8	0	31	0	0	0	0	0	39
14:00-14:30	11	0	44	2	0	0	0	0	57
14:30-15:00	5	0	57	1	0	0	0	0	63
15:00-15:30	7	0	64	0	0	0	0	0	71
15:30-16:00	3	0	80	0	0	0	0	0	83
16:00-16:30	6	0	63	0	0	0	0	0	69
16:30-17:00	7	0	68	0	0	0	0	0	75
17:00-17:30	3	0	83	0	0	0	0	0	86
17:30-18:00	4	1	97	0	0	0	0	0	102
TOTAL	126	8	1355	12	2	2	0	0	1505
COMPOSICION VEHICULAR	8,37%	0,53%	90,03%	0,80%	0,13%	0,13%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 2. Aforo vehicular 19/02/22

19 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	8	1	69	1	0	0	0	0	79
7:30-8:00	2	1	67	1	0	0	0	0	71
8:00-8:30	4	1	56	1	0	0	0	0	62
8:30-9:00	5	1	48	0	0	0	0	0	54
9:00-9:30	3	0	49	0	0	0	0	0	52
9:30-10:00	9	0	59	0	0	0	0	0	68
10:00-10:30	14	0	56	2	0	0	0	0	72
10:30-11:00	7	2	49	2	0	0	0	0	60
11:00-11:30	7	2	65	1	0	1	0	0	76
11:30-12:00	2	1	69	1	0	0	0	0	73
12:00-12:30	8	0	56	0	0	0	0	0	64
12:30-13:00	5	0	39	0	0	0	0	0	44
13:00-13:30	6	0	55	1	0	0	0	0	62
13:30-14:00	3	0	39	1	0	0	0	0	43
14:00-14:30	8	0	48	0	0	0	0	0	56
14:30-15:00	9	2	38	0	0	0	0	0	49
15:00-15:30	3	0	47	1	0	0	0	0	51
15:30-16:00	2	0	87	1	0	0	0	0	90
16:00-16:30	2	0	95	0	0	0	0	0	97
16:30-17:00	1	0	38	0	0	0	0	0	39
17:00-17:30	3	1	48	0	0	0	0	0	52
17:30-18:00	4	1	78	0	0	0	0	0	83
TOTAL	115	13	1255	13	0	1	0	0	1397
COMPOSICION VEHICULAR	8,23%	0,93%	89,84%	0,93%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	100,00%



INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca



INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 3. Aforo Vehicular 20/02/22

20 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	5	3	72	0	0	0	0	0	80
7:30-8:00	3	1	83	1	0	0	0	0	88
8:00-8:30	9	1	59	1	0	0	0	0	70
8:30-9:00	2	2	74	1	0	0	0	0	79
9:00-9:30	3	0	82	0	0	0	0	0	85
9:30-10:00	7	0	65	0	0	0	0	0	72
10:00-10:30	12	0	72	0	0	0	0	0	84
10:30-11:00	7	0	78	1	0	0	0	0	86
11:00-11:30	8	1	69	1	0	1	0	0	80
11:30-12:00	2	1	65	1	0	0	0	0	69
12:00-12:30	7	1	58	0	0	0	0	0	66
12:30-13:00	2	0	54	0	0	0	0	0	56
13:00-13:30	2	0	49	0	1	1	0	0	53
13:30-14:00	15	0	44	1	0	0	0	0	60
14:00-14:30	19	0	41	1	0	0	0	0	61
14:30-15:00	5	0	59	2	0	0	0	0	66
15:00-15:30	7	0	69	1	0	0	0	0	77
15:30-16:00	3	0	96	0	0	0	0	0	99
16:00-16:30	6	1	92	0	0	0	0	0	99
16:30-17:00	7	1	63	0	0	0	0	0	71
17:00-17:30	3	0	69	0	0	0	0	0	72
17:30-18:00	4	0	89	0	0	0	0	0	93
TOTAL	138	12	1502	11	1	2	0	0	1666
COMPOSICION VEHICULAR	8,28%	0,72%	90,16%	0,66%	0,06%	0,12%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 21/02/22

21 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	13	3	95	0	0	0	0	0	111
7:30-8:00	2	1	87	1	0	0	0	0	91
8:00-8:30	4	1	45	1	0	0	0	0	51
8:30-9:00	15	2	32	1	0	0	0	0	50
9:00-9:30	14	0	30	0	0	0	0	0	44
9:30-10:00	6	0	56	0	0	0	0	0	62
10:00-10:30	3	0	96	0	0	0	0	0	99
10:30-11:00	2	0	60	1	0	0	0	0	63
11:00-11:30	9	1	87	1	0	1	0	0	99
11:30-12:00	14	0	96	1	0	0	0	0	111
12:00-12:30	4	0	98	0	0	0	0	0	102
12:30-13:00	15	1	53	0	0	0	0	0	69
13:00-13:30	14	1	38	0	1	1	0	0	55
13:30-14:00	7	2	79	1	0	0	0	0	89
14:00-14:30	15	1	71	1	0	0	0	0	88
14:30-15:00	4	0	83	2	0	0	0	0	89
15:00-15:30	9	0	56	1	0	0	0	0	66
15:30-16:00	3	0	95	0	0	0	0	0	98
16:00-16:30	9	1	39	0	0	0	0	0	49
16:30-17:00	13	1	48	0	0	0	0	0	62
17:00-17:30	10	0	70	0	0	0	0	0	80
17:30-18:00	13	0	24	0	0	0	0	0	37
TOTAL	198	15	1438	11	1	2	0	0	1665
COMPOSICION VEHICULAR	11,89%	0,90%	86,37%	0,66%	0,06%	0,12%	0,00%	0,00%	100,00%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.1.2. Ejes Equivalentes.

Para el diseño del pavimento se tomará como base la cantidad de vehículos comerciales que circulan por la zona, por lo tanto, se realiza el cálculo de un tránsito promedio diario de vehículos comerciales (TPDC) y para ello se trabajará con los 7 días de la semana, expandiendo el día hábil típico y tomando los demás días común y corriente. El cálculo del TPDC estará dado por la siguiente operación.

$$TPDC = \frac{24 + 27 + 26 + 29 * 4}{7} = 28\ vehículos\ comerciales$$

Se realiza conversión a ejes equivalentes acumulados de 80 Kilo Newtons para un año, que son los ejes estándar que maneja el método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, utilizado como factor de daño los presentados por el INVIAS.

Tabla 5. Factores de daño.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE DAÑO	
	Vacío	Cargado
Autos	-	-
Buses	-	1
C2P	0.01	1.01
C2G	0.08	2.72
C3 - C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Invias.

Se utiliza como factor direccional el valor de 1 debido al ancho del carril y a que la vía trabajará en dos sentidos. La distribución de vehículos comerciales estará basada en los porcentajes de vehículos comerciales de los aforos realizados, en la Tabla 6 se presentan los valores adoptados.

Tabla 6. Porcentajes de vehículos comerciales.

PARAMETROS DE DISEÑO		
TIPO DE VEHICULO	**CANTIDAD**	**PORCENTAJE**
Bus	14	48,28%
C2P	12	41,38%
C2G	1	3,45%
C3-4	2	6,90%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

El NESE para el año actual estará dado por la siguiente expresión:

$$NESE80KNañobase = 365 * TPDC * \left[\sum_{i=1}^{k} \%Vki * FDk\right] * Fd$$

$$NESE80KNañobase = 365 * 28 * [0.4828 * 1 + 0.4138 * 1.01 + 0.0345 * 2.72 + 0.069 * 3.72] * 1$$

El NESE hallado debe de ser proyectado al valor correspondiente del periodo de diseño del pavimento (20 años). Para la proyección se hará uso del método que propone el INVIAS en el caso en que no exista una serie histórica de tránsito; en tal método necesitaremos una tasa de crecimiento anual del tránsito que será asumida como el 3% (valor recomendado por el INVIAS) debido a la cantidad de ejes obtenidos para el año base y con respecto al potencial desarrollo de las zonas urbanas del municipio.

$$NESEacumulado = NESE80KNañobase * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

Donde

- r: Tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona la tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona (3%).
- n: años proyectados (20 años).

Se realiza mayoración del valor obtenido, con la finalidad de otorgarle confiabilidad del 90%, por lo tanto, se le aplica valor de 1.28 y la formula base planteada por el INVIAS.

$$NESEacumuladoconconfiabilidad = NESEacumulado * 10^{0.05*Zr}$$

Donde

- Zr: Factor de confiabilidad.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se utiliza el factor de equivalencia propuesto por la AASHTO GUIDE FOR THE DESIGN OF PAVEMENTS STRUCTURES en su parte 3, capítulo 5 numeral 5.2.3 valor de 1.492 para pasar de NESEasfáltico a NESErígido

$$NESEpvtorígido = 1{,}492 * NESEacumuladoconconfiabilidad$$

Después de realizado todo el procedimiento para hallar el valor del NESE de diseño para el pavimento rígido, se encuentra un valor final de:

Tabla 7. Resultados.

VARIABLES DE DISEÑO	
TPDC	28,00
NESE80KNañobase	12786,00
NESEacumulado	348693
NESE 90	404058
NESEdiseño	602855

Fuente: Propia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.2. MÉTODO DE DISEÑO DE LA AASHTO

Se presenta como alternativa el uso de la metodología propuesta por la AASHTO para pavimentos rigidos que a su vez se basó en los resultados del AASHTO road test en Ottawa, IL, USA. El cual propone la siguiente ecuación para el diseño de los espesores de la losa de concreto de cemento Pórtland.

$$\log(W18) = Zr * So + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * log\left[\frac{S'c*Cd*(D^{0.075}-1.132)}{215.63*J*\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **602855**

b. Confiabilidad R: se considera del 90%, permitiendo que el 10% de las losas de pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad final igual a la seleccionada en el diseño.

c. Zr: Desviación total estándar correspondiente a la confiabilidad del diseño **1.28**

d. So: Desviación estándar total (overall) del proceso de diseño, la guía ASSHTO recomienda para una construcción nueva el valor 0.35.

e. ΔPSI: capacidad que tiene un pavimento para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar, este se define como el índice de serviciabilidad inicial menos la serviciabilidad final. Un valor de 5 para la serviciabilidad indica un pavimento en condiciones totalmente perfectas y un valor de 0 para una indica un pavimento totalmente destruido.

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0 = \mathbf{2.5}$$

f. Pt: Serviciabilidad inicial del pavimento: **4.5**

g. Pt: Serviciabilidad final del pavimento: **2.0**

h. S'c: Módulo de rotura del concreto (psi): **600 psi – 4.10 MPa**

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

El concreto a ser un material cerámico, posee una alta resistencia a la compresión, pero muy poca a la tracción. El concreto usado para pavimentos estará sometido a cargas que generen tracción en la parte inferior de la losa y por lo tanto se hace necesario elegir un concreto con un módulo de rotura a la flexo-tracción suficiente para soportar las cargas. Los valores usualmente usados son de 650, 600 y 550 psi. Para el presente diseño se hará uso de concreto con una resistencia a la flexo-tracción de **600 psi** teniendo en cuenta que la vía es urbana y no estará sometida a altas cargas de tráfico pesado.

i. Cd: Coeficiente de drenaje.
Para la elección del coeficiente de drenaje se debe de tener en cuenta las características hidrológicas y topográficas del municipio de la Unión – Valle.
Según los mapas de precipitación media anual del IDEAM, el municipio de la Unión-Valle tiene cerca de 1000 – 1500 mm de lluvia total anual en promedio. Por su parte, el municipio de la Unión – Valle presenta pendientes que encajan dentro de las características topográficas de terreno plano propuestas por el INVIAS y que en pocas ocasiones y en pocos sectores la pendiente puede ascender al nivel de terreno ondulado según la clasificación INVIAS.

Teniendo en cuenta la siguiente y siendo un poco conservadores, se considera la calidad del drenaje como **aceptable** en donde el agua se removerá en una semana, se toma el porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a humedades cercanas a la saturación en el rango de **1% - 5%**

Tabla 8. Coeficiente de drenaje pavimento rígido AASHTO

Calidad del drenaje	El agua libre se remueve en...
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drenará

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se define que el coeficiente de drenaje (Cd) de la estructura será de **1.0**, siendo este un valor conservador.

j. J: Coeficiente de transferencia de carga: **3.20**
El pavimento diseñado se plantea con el uso de dovelas en las juntas transversales para la transmisión de cargas, por lo cual se asigna valor entre 2.50 y 3.20.
La AASTHO recomienda un valor de 3.2

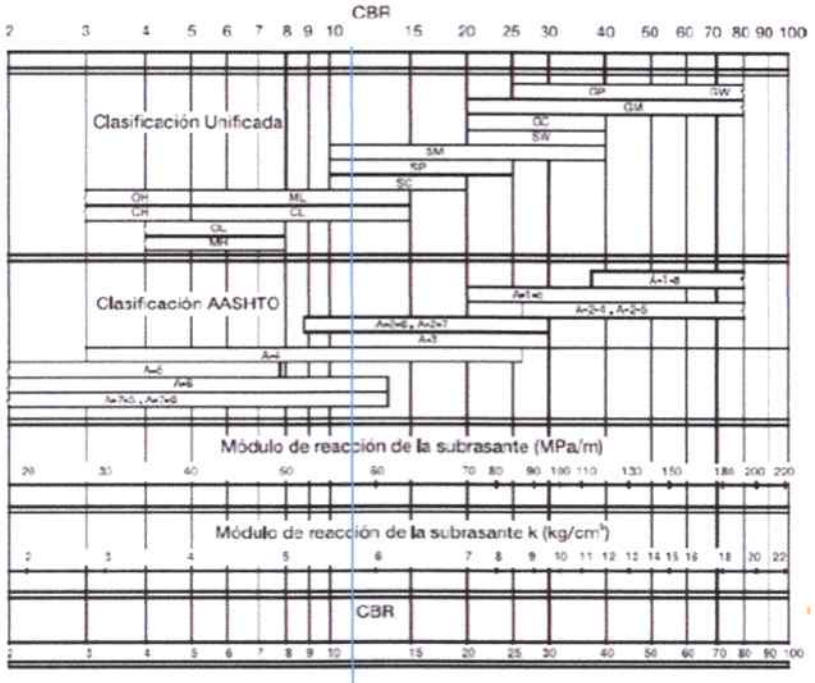
Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510,74 psi**

$$F'c = 352kg/cm2$$

$$Ec = 5500 * f'c^{\frac{1}{2}} = 17000 * 352^{\frac{1}{2}} = 318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$

$$318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2} = \mathbf{4536510.74\ psi}$$

k. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (11.40%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **57.55Mpa/m – 210.06 pci**



Gráfica 4. Módulo de reacción de la Sub-rasante.
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Así mismo, la ASSHTO acepta las correlaciones de "K" descritas a continuación, según sea el caso:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log CBR \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR \leq 10$$

$$K = 46 + 9.08 * \log CBR^{4.34} \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR > 10$$

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 46 + 9.08 * \log 11.40^{4.34} = \mathbf{57.55} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

I. Factor de perdida de soporte (Ls), este parámetro indica la pérdida de apoyo potencial de la losa de concreto hidráulico, debido a la erosionabilidad de la su-base y asentamientos diferenciales de la subrasante, para el presente diseño se utilizará una sub-base de material granular sin tratar, por lo tanto, el factor de perdida de soporte (Ls) es de 2.0.

Tabla 9. Factor de pérdida de soporte.

TIPO DE BASE O SUB-BASE	FACTOR DE PERDIDA DE SOPORTE (Ls)
Bases Granulares Tratadas con Cemento (E = 7000 – 14000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Tratadas con Cemento (E = 3500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Bases Asfálticas (E = 2500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Estabilizadas con Asfalto (E = 300 – 2000 MPa)	0.0 a 1.0
Estabilización con Cal (E = 150 – 1000 MPa)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares sin Tratar (E = 100 – 300 MPa)	1.0 a 3.0
Suelos Finos y Subrasantes Naturales (E = 20 – 300 MPa)	2.0 a 3.0

Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Módulo de resiliente de la Sub-base:

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 11.40\% = 1140 \frac{kg}{cm^2} = 16214psi$$

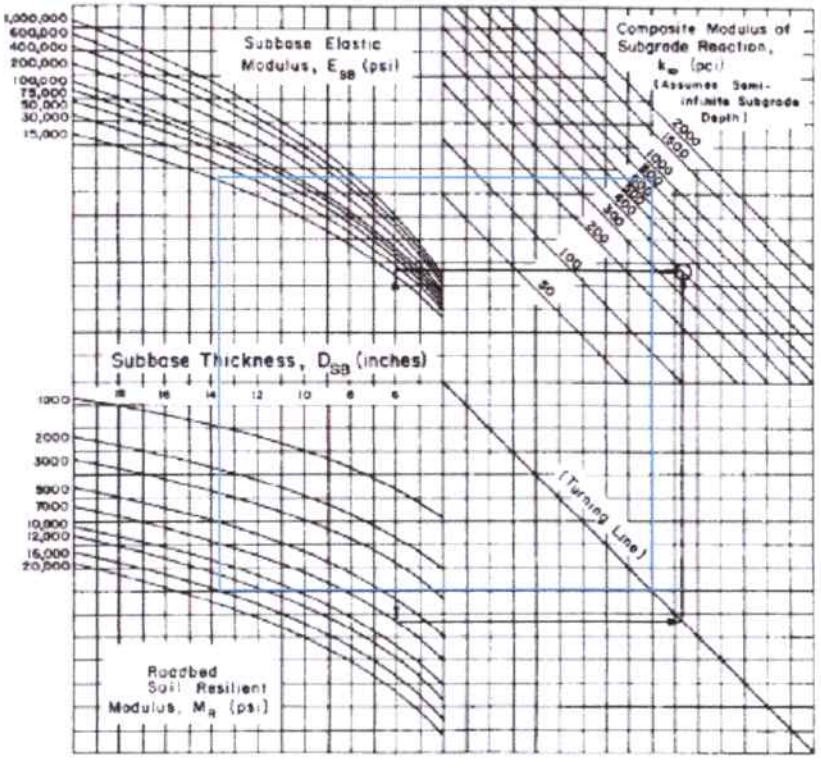
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

m. Modulo efectivo de la subrasante K, depende de factores como el módulo de la subrasante, el módulo de la sub-base y el módulo de elasticidad de la sub-base.

A partir del CBR de la evaluación geotécnica (11.40%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **57.55Mpa/m – 210.06 pci**

La sub-base granular tendrá 25 mm (9.84") de espesor, ya que se considera es un apto para soportar las cargas del tránsito y reducir los esfuerzos producidos en la sub-rasante y contara con módulo de elasticidad de 17160 psi que es un valor usualmente utilizado en Colombia.

AASHTO propone la Ilustración 2 para estimar el módulo de reacción compuesto de la sub-rasante basándonos en el espesor de la sub-base (9.84 pulgadas aproximadamente) y su módulo de elasticidad (17160 psi) y en el módulo resiliente de la sub-rasante (16214psi)

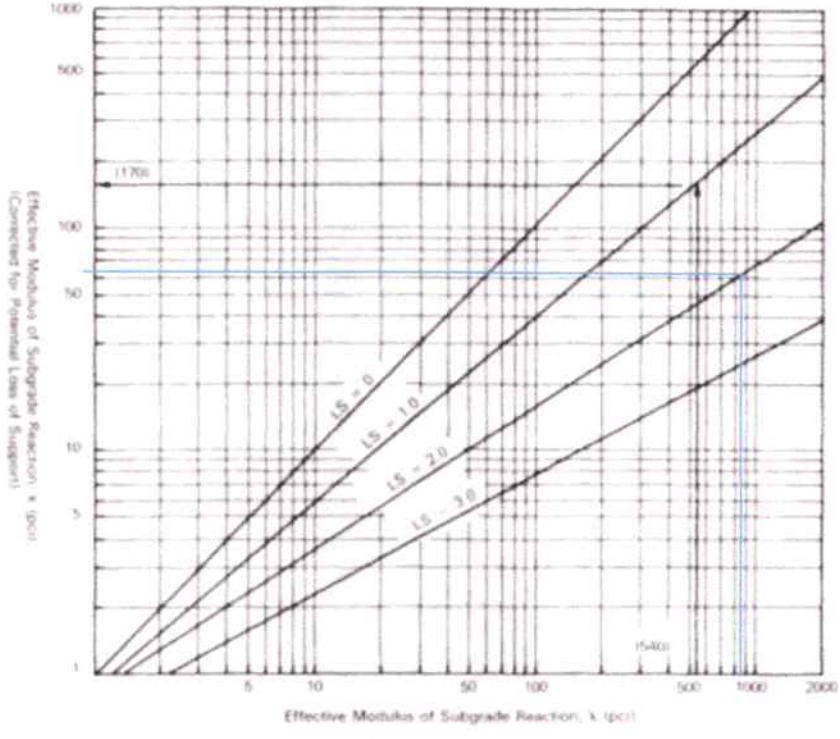


Gráfica 5. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 250 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **880 psi/in**.

El módulo de reacción conjunta se ve afectado por una potencial pérdida de soporte del suelo debido a las solicitaciones del tráfico y a factores hidrológicos y ambientales, por este motivo AASHTO propone la Ilustración 3 en donde se asumirá una pérdida de soporte (LS por sus iniciales en inglés) de 2 debido a que la sub-base granular estará conformada por materiales granulares no tratados o estabilizados.



Grafica 3. Corrección del módulo de reacción de la fundación por la pérdida de soporte.
Fuente: Tomado de la AASHTO guide for the design of pavements structutes

Se encuentra que el módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (k) será igual a **62.0 psi/in**

n. D: Espesor del pavimento hidráulico en pulgadas

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Para definir el espesor de la capa de concreto hidráulico, se presenta el resumen de las variables que interfieren en la ecuación:

Tabla 10. Resumen de variables

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	602855	ESE
Confiabilidad del diseño (90%)	1,28	-
Desviación estándar proceso de diseño (So)	0,35	-
Degradación del PSI (ΔPSI)	2,5	-
Serviciabilidad final (Pt)	2	-
Módulo de reacción de la subrasante (k)	210,02	PCI
Módulo de rotura del concreto (S'c)	600	PSI
Coeficiente de drenaje (Cd)	1	-
Coeficiente de transferencia de carga (J)	3,2	-
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	4536510,74	PSI
Módulo de reacción compuesto (K)	62	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(602855) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{62}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 6.91" =17.55cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.91", equivalentes a 17.55 cm, sin embargo, por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 180 mm. por lo cual se recomienda utilizar este espesor.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.3. METODO DE LA PORTLAN CEMENT ASSOCIATION (PCA) DE LOS ESTADOS UNIDOS

Con el objetivo de brindar mayor seguridad y calidad en el diseño de pavimentos en concreto hidráulico, se recomienda realizar la evaluación del mismo mediante dos métodos de diseños, con la finalidad de elegir el que permita mayor durabilidad y confianza en el transcurso del tiempo.

PARAMETROS DE DISEÑO

- Periodo de Diseño: **20 Años**
- Módulo de rotura del concreto: **600 PSI**
- Transmisión de Cargas: **Mediante dovelas, pasadores**
- Bermas: **NO**
- Módulo de reacción de la sub-rasante (K)

  CBR=11.40%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.97 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{57.55} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- Material de Sub base, correspondiente a material granular sin tratar, con espesor propuesto: 250mm o 9.84"
- Factor de Seguridad: se recomienda para calles residenciales y otras vías en las que se espera un volumen de tránsito bajo de vehículos pesados, aplicar un **FS= 1.00**
- Transito: se aplicará la condición de ejes simples, con el objeto de aplicar las combinaciones mediante tablas de cargas y repeticiones para cada eje establecido.
- Barras de Anclaje: se establece para el presente diseño la combinación de barras en acero con Fy de 420 Mpa de ½", y con el ano de carril mínimo que permite el aplicativo de 3.05

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

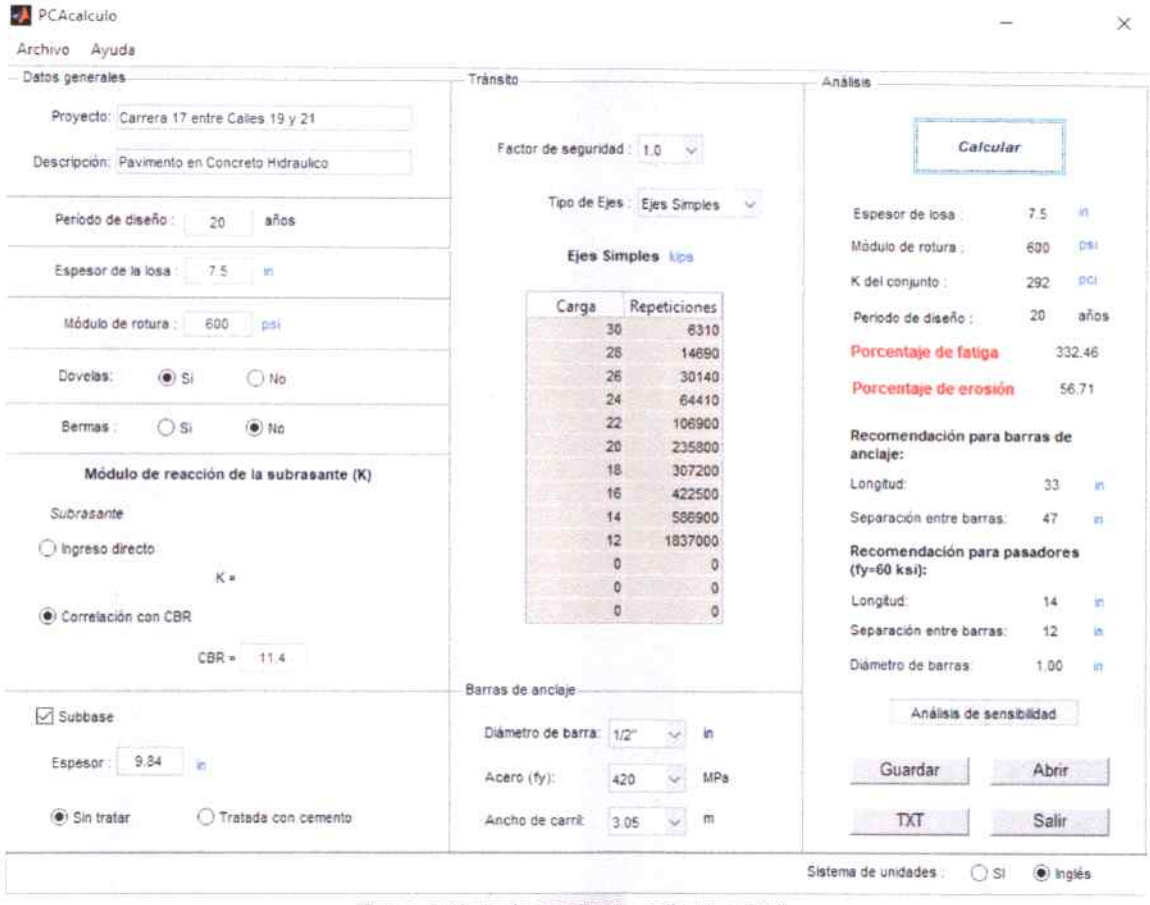


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO –CARRERA 17 ENTRE CALLES 19 Y 21 BARRIO SAN PEDRO

Se concluye que el espesor final del pavimento estudiado en este informe será de:

- Losa de concreto hidráulico: 180 mm de espesor.
- Sub-base granular: 250 mm de espesor.
- Se recomienda instalar Geotextil T2400 para mejorar la capacidad del terreno y evitar afectaciones de la estructura a instalar.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.5. TRANSMISION DE CARGAS

Para la selección del acero longitudinal y transversal, se hará uso de las recomendaciones dadas por INVIAS en el Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, utilizando las siguientes tablas y teniendo en cuenta las características del proyecto:

Tabla 11. Recomendaciones para barrar longitudinales

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		3,05 m	3,35 m	3,65 m
Acero de fy= 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		0,95	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 fy= 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: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

Tabla 12. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga,

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
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: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se concluye que el proyecto contara con las siguientes características:

- Losa de concreto hidráulico de MR 600PSI: 180 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Junta longitudinal, Varillas corrugadas de Φ ½, longitud de 85 cm y separadas cada 120 cm.
- Junta transversal, Acero liso de Φ7/8" con longitud de 0.35m y separación de 0.30m entre centros.
- El refuerzo para losas irregulares, con relación L/A > 1.25 o con sumideros que las modifiquen, se propone en acero de 5/8" cada 0,20 m en ambos sentidos.

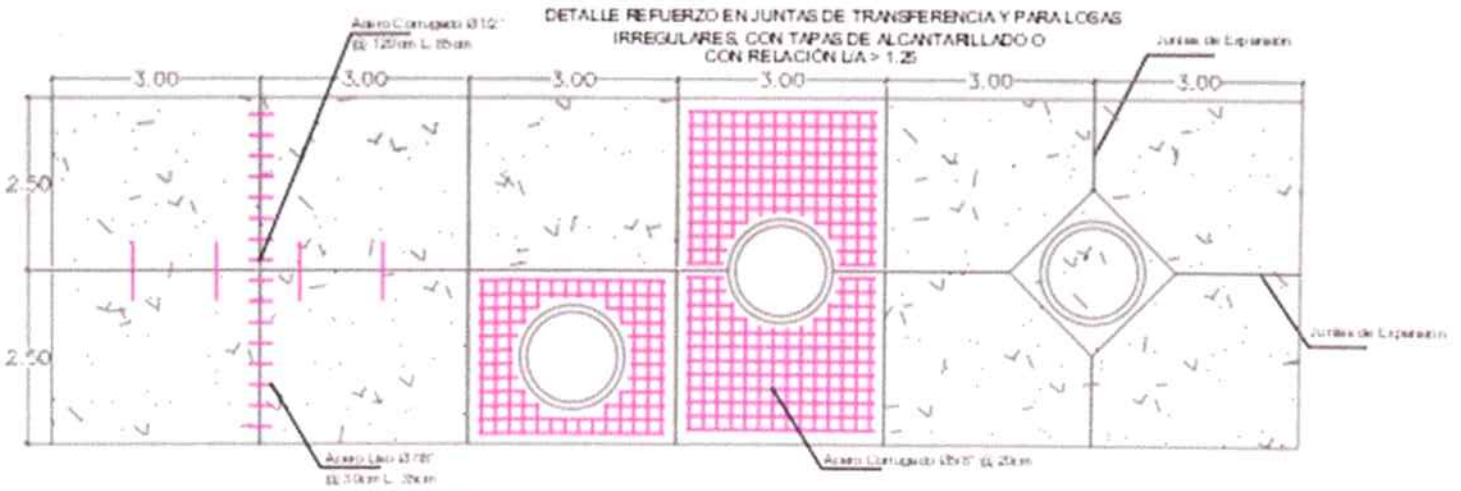


Figura 5. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

5. MODULACION DE LOSAS

Para la modulación del pavimento, se proponen losas de no más de 6 metros de longitud, conservando una relación entre su largo - ancho (l/a) o lado mayor – lado menor (Lma/Lme) por debajo del valor de 1.25. Lo anterior teniendo en cuenta que relaciones mayores potenciarían los fenómenos del alabeo de las losas por los gradientes térmicos que hay en su estructura, lo que generaría esfuerzos internos para los que la losa no estará diseñada y se empezará a agrietar y deteriorar.
Por lo anterior ya que se cuenta con ancho de calzada de 5.0 m, se realizarán carriles de 2.50 m y el largo de las losas de 3.0 m.

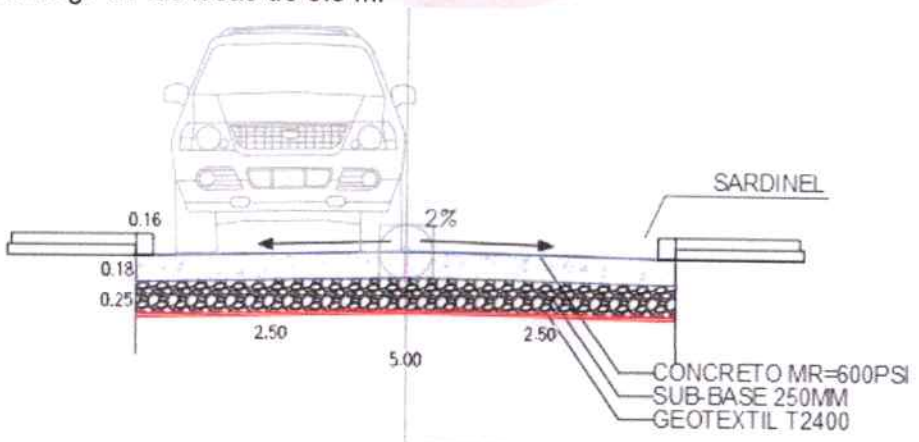


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

Se plantea la construcción de sardineles en los costados de la vía, que permitan el confinamiento de la misma y evitar la infiltración de agua que transcurre sobre la esta, con el siguiente detalle:

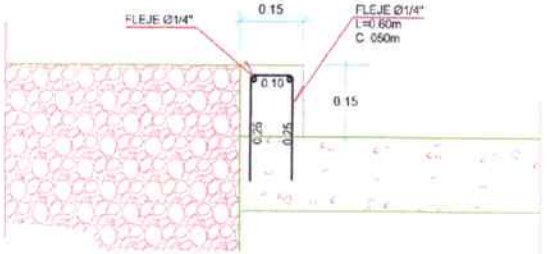


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia

1229

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

ANEXOS





INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca